

LAPORAN PENELITIAN LANJUT

BIDANG KELEMBAGAAN DAN PENGEMBANGAN SISTEM



**PEMANFAATAN TEKNIK PENGENALAN HURUF BERBASIS JARINGAN
SYARAF TIRUAN DALAM PENGOLAHAN LEMBAR JAWABAN UJIAN**

**Oleh:
Tengku Eduard A. Sinar
Dwi Astuti Aprijani
Unggul Utan Sufandi
Kani
Agustia Widyani**

**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS TERBUKA
2010**

PENGESAHAN USULAN PENELITIAN LPPM-UT

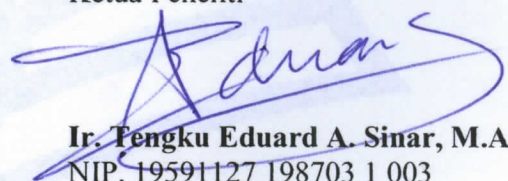
1. a. Judul Penelitian : Pemanfaatan Teknik Pengenalan Huruf Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan dalam Pengolahan Lembar Jawaban Ujian
b. Bidang Penelitian : Kelembagaan dan Pengembangan Sistem
c. Kategori Penelitian : Penelitian Lanjut
2. Ketua Peneliti
a. Nama Lengkap : Ir. Tengku Eduard A. Sinar, M.A.
b. NIP : 19591127 198703 1 003
c. Pangkat dan Golongan : Penata (Gol. III/c)
d. Jabatan Fungsional : Lektor
e. Fakultas/Jurusan : FMIPA/Matematika
3. Anggota Peneliti
a. Jumlah Anggota : 4 orang
b. Nama Anggota/Unit Kerja : Dra. Dwi Astuti Aprijani, M.Kom/Puskom Unggul Utan Sufandi, S.Kom, M.Si/Puskom Kani, S.Kom/Puskom Agustia Widiyani/Puskom
4. a. Periode Penelitian : 2010
b. Lama Penelitian : 8 bulan
5. Biaya Penelitian : Rp. 30.000.000,- (*Tigapuluh Juta Rupiah*)
6. Sumber Biaya : LPPM-UT

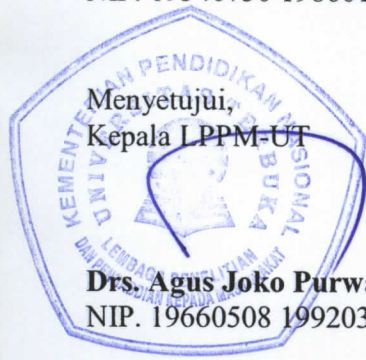
Pondok Cabe, 30 Desember 2010

Mengetahui,
Dekan FMIPA

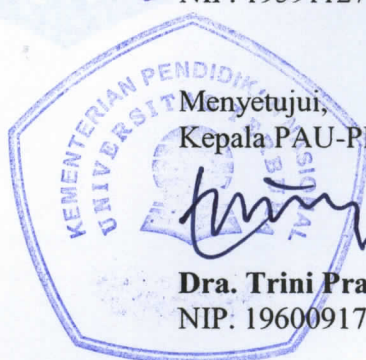
Ketua Peneliti


Dr. Nuraini Soleiman, M.Ed.
NIP. 19540730 198601 2 001


Ir. Tengku Eduard A. Sinar, M.A.
NIP. 19591127 198703 1 003


Menyetujui,
Kepala LPPM-UT

Drs. Agus Joko Purwanto, M.Si.
NIP. 19660508 199203 1 003


Menyetujui,
Kepala PAU-PPI-LPPM-UT

Dra. Trini Prastati, M.Pd.
NIP. 19600917 198601 2 001

PEMANFAATAN TEKNIK PENGENALAN HURUF BERBASIS JARINGAN SYARAF TIRUAN DALAM PENGOLAHAN LEMBAR JAWABAN UJIAN

Abstrak

Salah satu komponen yang digunakan untuk mengevaluasi hasil belajar mahasiswa Universitas Terbuka (UT) adalah Ujian Akhir Semester (UAS) dengan jenis soal pilihan ganda. Jawaban dari soal-soal pilihan ganda harus dituliskan pada lembaran khusus yang disebut dengan LJU (Lembar Jawaban Ujian). LJU ini digunakan dengan cara menghitamkan salah satu bulatan dari empat atau lima pilihan jawaban yang tersedia.

Berdasarkan data yang diperoleh dari Pusat Pengujian UT, selama ini banyak sekali kasus kesalahan menghitamkan bulatan pada LJU. Pada masa registrasi 2009.2, terdapat 32.277 kasus untuk pendas dan 6878 kasus untuk non pendas. Hal ini dapat dipahami karena sebagian besar mahasiswa UT bukan *fresh graduated* dan berusia di atas 30 tahun (75,95%), sehingga tidak terbiasa dalam menggunakan LJU. Kesalahan menghitamkan bulatan pada LJU ini dapat berdampak besar, yaitu tidak terprosesnya nilai UAS mahasiswa yang bersangkutan padahal nilai UAS ini menentukan lulus tidaknya mahasiswa dalam suatu matakuliah.

Masalah lain yang dihadapi mahasiswa adalah adanya kekhawatiran pada diri mahasiswa bahwa adanya keraguan dalam melakukan penghitaman bulatan yang menyebabkan kesalahan pembacaan jawaban oleh peralatan scanner yang dimiliki oleh UT.

Salah satu alternatif solusi untuk mengurangi kesalahan menghitamkan bulatan pada LJU adalah dengan menggunakan teknologi *digital printing*. Dalam *digital printing*, identitas peserta ujian akan tercantum secara lengkap di Naskah Ujian dan di LJU (NIM, Nama, Tempat Lahir, Tanggal Lahir, Masa Ujian, Kode MK, Nama MK, Kode UPBJJ, Nama UPBJJ, Kode Tempat Ujian, Nama Tempat Ujian, Hari Ujian, Ruang Ujian, Kursi), sehingga peserta ujian hanya menghitamkan jawaban saja.

Meskipun demikian kesalahan dan keraguan dalam menghitamkan bulatan kemungkinan akan tetap terjadi, sehingga penelitian ini bertujuan mengembangkan model sistem pengenalan huruf tulisan tangan pada LJU dan menciptakan LJU yang sederhana. Peserta ujian tidak perlu menghitamkan bulatan, cukup menuliskan satu huruf kapital dari empat atau lima pilihan jawaban dengan menggunakan semua jenis alat tulis berbagai warna, tidak harus pensil 2B.

Sampel tulisan tangan yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari 200 orang yang berbeda dengan kriteria usia di atas 30 tahun, masing-masing menuliskan huruf kapital A, B, C, dan D sebanyak 10 kali dalam form isian, sehingga diperoleh 8000 karakter huruf. Hasil uji coba menggunakan jaringan syaraf tiruan (*artificial neural networks*) menunjukkan akurasi 92.15 % menggunakan data training, sedangkan akurasi menggunakan data testing 89.05 %.

Kata kunci: *jaringan syaraf tiruan, lembar jawaban ujian, pengenalan huruf*

DAFTAR ISI

| | |
|---|-----|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PENGESAHAN | ii |
| ABSTRAK | iii |
| DAFTAR ISI | iv |
| DAFTAR TABEL | vi |
| DAFTAR GAMBAR | vii |
| BAB 1. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2. Perumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3. Tujuan Penelitian..... | 2 |
| 1.4. Manfaat Penelitian..... | 3 |
| BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA | 4 |
| 2.1. Jaringan Syaraf Tiruan..... | 4 |
| 2.2. Inisiasi Bobot Awal Secara Random..... | 5 |
| BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN | 7 |
| 3.1. Tahapan Penelitian..... | 7 |
| 3.1.1. Pengembangan Sistem Pengenalan Huruf..... | 7 |
| 3.1.2. Pengembangan Lembar Jawaban Ujian dan Sistem Pengolahannya..... | 10 |
| 3.2. Implementasi Sistem..... | 11 |
| 3.2.1. Sistem Komputer..... | 11 |
| 3.2.2. Perangkat Lunak Pemrograman..... | 11 |
| 3.3. Waktu dan Tempat Penelitian..... | 12 |
| BAB 4. HASIL DAN IMPLEMENTASI SISTEM | 13 |
| 4.1. Formulir Isian | 13 |
| 4.2. Pengumpulan Data..... | 13 |
| 4.3. Pengembangan Sistem Pengenalan Huruf..... | 13 |
| 4.3.1. Praproses | 13 |
| 4.3.2. Ekstraksi Ciri..... | 17 |

| | |
|--|-----------|
| 4.3.3. Pengembangan Model Jaringan Syaraf Tiruan | 22 |
| 4.3.4. Ujicoba Model Jaringan Syaraf Tiruan | 27 |
| 4.4. Pengembangan Lembar Jawaban Ujian dan Sistem | |
| Pengolahannya..... | 29 |
| 4.4.1. Pengembangan Lembar Jawaban Ujian..... | 29 |
| 4.4.2. Pengembangan Sistem Scanning..... | 30 |
| 4.4.3. Pengembangan Sistem Cropping | 31 |
| 4.4.4. Ujicoba Sistem | 43 |
| BAB 5. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI..... | 46 |
| 5.1. Kesimpulan | 46 |
| 5.2. Rekomendasi..... | 46 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 47 |
| LAMPIRAN | 48 |

DAFTAR TABEL

| No. Tabel | | Halaman |
|-----------|---|---------|
| Tabel 1 | Tahapan Penelitian, Luaran, dan Indikator Capaian..... | 11 |
| Tabel 2 | Hasil Pelatihan Menggunakan Data Training dan Data Testing..... | 11 |

DAFTAR GAMBAR

| No. | Gambar | Halaman |
|-----------|--|---------|
| Gambar 1 | Diagram Alir Pengembangan Model Sistem | 7 |
| Gambar 2 | Formulir Isian | 14 |
| Gambar 3 | Contoh Gambar Hasil Scanning | 15 |
| Gambar 4 | Contoh Gambar Hasil Segmentasi | 17 |
| Gambar 5 | Grafik kinerja model JST dengan jumlah epoh 3000 | 26 |
| Gambar 6 | Grafik kinerja model JST dengan jumlah epoh 100000 | 27 |
| Gambar 7 | Disain LJU Baru | 29 |
| Gambar 8 | Langkah Awal Cropping LJU | 31 |
| Gambar 9 | Tahapan Cropping Barcode | 34 |
| Gambar 10 | Barcode LJU | 34 |
| Gambar 11 | Tahapan Cropping Jawaban 10 Kedua | 35 |
| Gambar 12 | Tampilan Aplikasi Sistem Scanning | 43 |
| Gambar 13 | Tampilan Aplikasi Sistem Cropping | 44 |
| Gambar 14 | Contoh Image Hasil Cropping | 45 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Salah satu komponen yang digunakan untuk mengevaluasi hasil belajar mahasiswa Universitas Terbuka (UT) adalah Ujian Akhir Semester (UAS). Soal-soal yang digunakan dalam UAS untuk sebagian besar matakuliah di UT (90%) adalah soal pilihan ganda. Jawaban dari soal-soal pilihan ganda harus dituliskan pada lembaran khusus yang disebut dengan LJU (Lembar Jawaban Ujian). Cara menuliskan jawaban pada LJU ini adalah dengan menghitamkan salah satu bulatan dari empat atau lima pilihan jawaban yang tersedia.

Berdasarkan data yang diperoleh dari Pusat Pengujian UT, selama ini banyak sekali kasus kesalahan menghitamkan bulatan pada LJU. Pada masa registrasi 2009.2, terdapat 32.277 kasus untuk pendas dan 6878 kasus untuk non pendas (Data Pusat Pengujian UT). Hal ini dapat dipahami karena sebagian besar mahasiswa UT bukan *fresh graduated* dan berusia di atas 30 tahun (75,95%), sehingga tidak terbiasa dalam menggunakan LJU. Kesalahan menghitamkan bulatan pada LJU ini dapat berdampak besar, yaitu tidak terprosesnya nilai UAS mahasiswa yang bersangkutan padahal nilai UAS ini menentukan lulus tidaknya mahasiswa dalam suatu matakuliah.

Masalah lain yang dihadapi mahasiswa adalah adanya kekhawatiran pada diri mahasiswa bahwa adanya keraguan dalam melakukan penghitaman bulatan yang menyebabkan kesalahan pembacaan jawaban oleh peralatan scanner yang dimiliki oleh UT.

Salah satu alternatif solusi untuk menghindari kesalahan menghitamkan bulatan pada LJU adalah dengan menggunakan teknologi *digital printing*. Dalam *digital printing*, identitas peserta ujian akan tercantum secara lengkap di Naskah Ujian dan di LJU (NIM, Nama, Tempat Lahir, Tanggal Lahir, Masa Ujian, Kode MK, Nama MK, Kode UPBJJ, Nama UPBJJ, Kode Tempat Ujian, Nama Tempat Ujian, Hari Ujian, Ruang Ujian, Kursi), sehingga peserta ujian hanya menuliskan jawaban saja.

Berkaitan dengan penggunaan teknologi *digital printing* tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan model sistem pengenalan huruf tulisan tangan pada LJU dan menciptakan LJU yang sederhana dan alamiah. Peserta ujian tidak perlu menghitamkan bulatan, cukup menuliskan satu huruf kapital dari empat atau lima pilihan jawaban dengan menggunakan semua jenis alat tulis berbagai warna, tidak harus pensil 2B.

Dengan demikian, lebar kertas LJU dapat diperkecil, yang pada akhirnya berdampak pada penghematan kertas. Selain itu berdampak pada kemudahan dalam pemrosesan LJU (pemeriksaan, pengolahan, dan pengumuman hasil ujian).

Ilmu untuk mengenali karakter tulisan tangan ini disebut *handwriting recognition*. *Handwriting recognition* merupakan salah satu bidang dalam ilmu komputer yang dapat membantu proses pengolahan data. Tahap-tahap dalam pengenalan karakter tulisan tangan terdiri atas prapengolahan, ekstraksi ciri, dan klasifikasi. Tahap klasifikasi menggunakan jaringan syaraf tiruan (*artificial neural networks*), yaitu *multilayer perceptrons*.

Prinsip kerja jaringan syaraf tiruan menggunakan prinsip dari otak manusia yang terdiri dari neuron sebagai pemrosesan input untuk menghasilkan output berdasarkan bobot yang ada.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan mengacu pada TOR (*Term of Reference*) Penelitian 2010, dimana ruang lingkup bidang penelitian kelembagaan dan pengembangan sistem UT harus berorientasi pada sistem penyelenggaraan ujian, maka penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model Lembar Jawaban Ujian (LJU). Dengan demikian, masalah penelitiannya adalah bagaimana mengembangkan model LJU yang sesuai dengan karakteristik mahasiswa UT, secara khusus dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. bagaimana membuat LJU yang mudah cara pengisiannya?
2. bagaimana cara mengenali huruf tulisan tangan pada LJU untuk proses pengolahan LJU?

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan:

- Membuat model LJU yang mudah cara pengisiannya, sehingga tidak menyulitkan peserta ujian.
- Mengembangkan suatu sistem yang dapat digunakan untuk mengenali huruf kapital tulisan tangan.

1.4. Manfaat Penelitian

1.4.1. Bagi Ilmu Pengetahuan

Model sistem pengenalan huruf yang dihasilkan dapat digunakan untuk mengenali huruf kapital tulisan tangan yang terdapat pada LJU oleh sekolah, institusi pendidikan maupun lembaga-lembaga lain yang memanfaatkan ujian pilihan ganda untuk melakukan seleksi dan evaluasi.

1.4.2. Bagi Universitas Terbuka

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan model LJU yang sesuai dengan karakteristik mahasiswa UT, mudah dalam pemrosesan (pemeriksaan, pengolahan, dan pengumuman) hasil ujian, dan hemat kertas.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan Syaraf Tiruan atau *Artificial Neural Network* merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba untuk menstimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia tersebut. Istilah buatan digunakan karena jaringan saraf ini diimplementasikan dengan menggunakan program komputer yang mampu menyelesaikan sejumlah proses perhitungan selama proses pembelajaran. Jaringan Syaraf Tiruan (JST) akan melakukan pembelajaran untuk membentuk suatu model referensi, kemudian JST yang telah melakukan pembelajaran tersebut dapat digunakan untuk pencocokan pola (Kusumadewi 2004).

JST adalah sebuah sistem pemrosesan informasi yang mempunyai karakteristik kinerja tertentu seperti jaringan syaraf biologi. Karakteristik dari JST adalah: (1) Pemrosesan informasi terjadi pada banyak elemen sederhana yang disebut neuron. (2) Sinyal dilewatkan antar neuron melalui jalur koneksi. (3) Setiap koneksi mempunyai bobot. (4) Setiap neuron mempunyai fungsi aktivasi dan biasanya non-linier.

Terdapat tiga entitas yang merupakan karakteristik dari sebuah JST yaitu: (1) Topologi jaringan/interkoneksi dari unit-unit neuron, (2) Karakteristik dari masing-masing unit atau syaraf tiruan, (3) Strategi pembelajaran dan pengujian. Keunggulan dari JST adalah kemampuan klasifikasi terhadap data yang belum diberikan pada saat pembelajaran sebelumnya (Han dan Kamber 2001).

Dalam klasifikasi atau pengenalan pola, JST merupakan salah satu teknik yang paling handal. *Multi-layer Perceptron* (MLP) propagasi balik dengan pembelajaran terawasi merupakan salah satu jenis JST yang mampu memberikan unjuk kerja yang bagus. Menurut Kantardzic (2003), MLP mempunyai 3 karakteristik, yaitu: (1) Model dari setiap neuron biasanya mengandung fungsi aktivasi nonlinier, misalnya sigmoid atau hiperbolik. (2) Jaringan mengandung satu atau lebih lapisan tersembunyi yang bukan merupakan bagian dari lapisan input ataupun lapisan output. (3) Jaringan mempunyai koneksi dari satu lapisan ke lapisan lainnya.

Menurut Han dan Kamber (2001), arsitektur JST yang digunakan untuk pencocokan pola adalah MLP propagasi balik. Walaupun JST propagasi balik membutuhkan waktu yang lama untuk pembelajaran tetapi bila pembelajaran telah selesai dilakukan, JST akan dapat mengenali suatu pola dengan cepat. Propagasi balik

merupakan algoritma pembelajaran terawasi dan biasanya digunakan oleh *perceptron* dengan banyak lapisan untuk mengubah bobot yang terhubung dengan neuron-neuron yang ada pada lapisan tersembunyinya (Duda *et.al.*, 2000; Kusumadewi, 2004). Algoritma propagasi balik menggunakan error output untuk mengubah nilai bobot-bobotnya dalam perambatan mundur (*backward*). Untuk mendapatkan error ini, tahap perambatan maju (*forward propagation*) harus dikerjakan terlebih dahulu.

Kusumoputro (2000) mengembangkan sistem pengenalan huruf tulisan tangan yang terdiri atas sub-sistem prapengolahan, sub-sistem ekstraksi ciri dan sub-sistem klasifikasi. Proses penghalusan dan penipisan data pada sub-sistem pra-pengolahan dilakukan dengan menggunakan algoritma klasik. Pada sub-sistem ekstraksi ciri digunakan logika fuzzy untuk mendapatkan representasi huruf dari bentuk tulisan tangan, sedangkan pada sub-sistem klasifikasi digunakan JST propagasi balik. Pada data yang dilatihkan, sistem mempunyai akurasi pengenalan sampai dengan 97.69%, sementara pada data yang tidak dilatihkan akurasi pengenalan yang dicapai adalah 84.6 %.

Nugraha (2003) menyimpulkan bahwa metode pengenalan huruf dan angka tulisan tangan yang dibuat dapat diimplementasikan dengan baik terhadap suatu jaringan syaraf tiruan tertentu dan telah dianalisa dengan menggunakan program aplikasi CharCognitron.

JST propagasi balik untuk mengenali karakter tulisan tangan terbukti sangat baik menurut Salameh (2004), namun JST propagasi balik masih bisa dipercepat konvergensi proses trainingnya dengan menggunakan JST optical propagasi balik.

Menurut Faaborg (2002), JST mampu mengenali berbagai karakter, tanpa menghiraukan ukuran, arah, dan posisi karakter. Sistem JST yang digunakan pada penelitian ini pernah digunakan pada tahun 1996 untuk mengenali 500 karakter China dengan ketelitian 90%.

Kim (2004) mempresentasikan tiga set fitur, yang terdiri dari beberapa vector fitur untuk merepresentasikan input angka secara efektif. Dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan MLP, set fitur yang diusulkan merepresentasikan secara efektif variasi pola kemiringan, ukuran, ketebalan, dan lain-lain, serta menghasilkan ketelitian sampai 97.85%.

2.2. Inisiasi Bobot Awal Secara Random

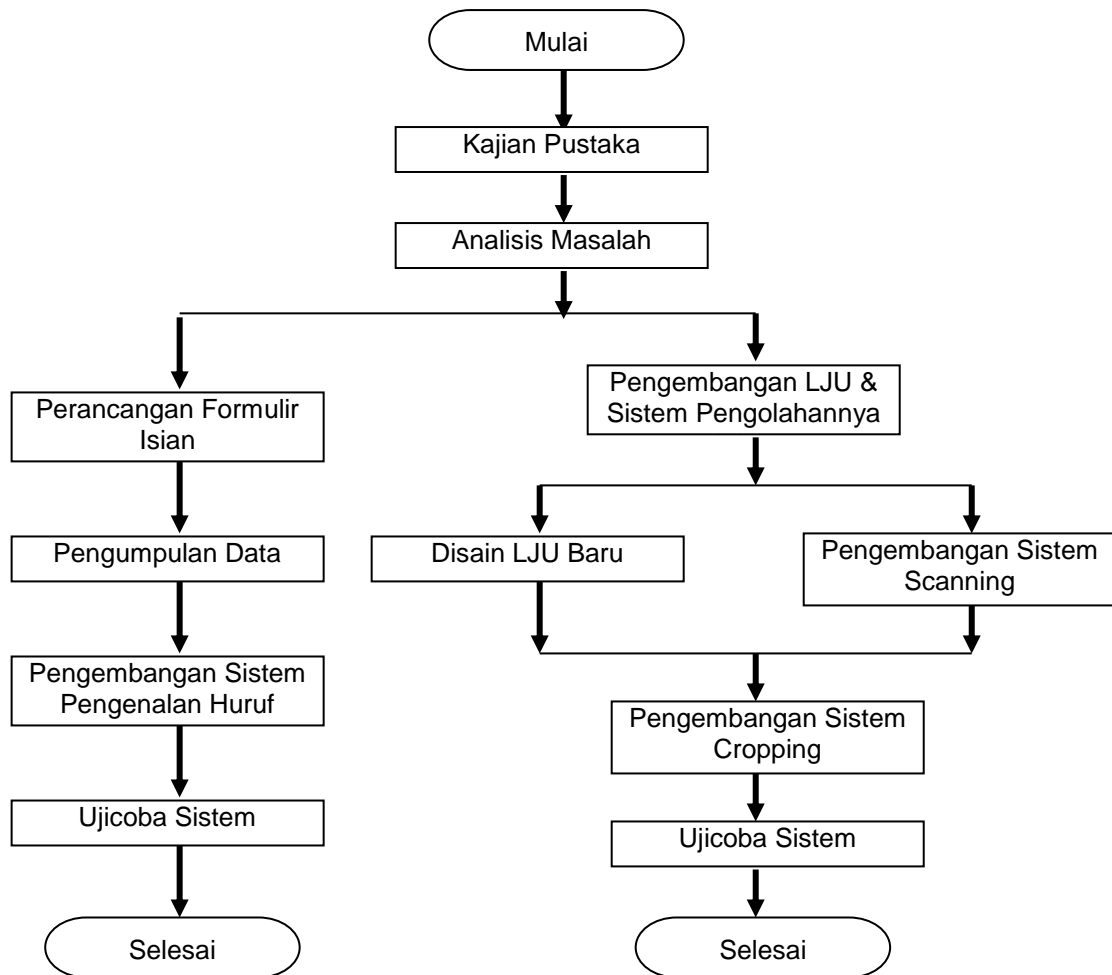
Pemilihan bobot awal sangat mempengaruhi JST dalam mencapai minimum global (atau lokal) terhadap nilai error, serta cepat tidaknya proses pembelajaran menuju

kekonvergenan. Pada beberapa penelitian bobot awal ini diinisiasi secara random dengan nilai antara -0.5 sampai dengan 0.5 atau interval yang lain.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Tahapan Penelitian

Tahap-tahap yang akan dilakukan dalam penelitian ini secara garis besar dapat dilihat pada Gambar 1. Setelah melakukan kajian pustaka dan analisis masalah, ada dua kegiatan yang harus dilakukan secara paralel, yaitu pengembangan sistem pengenalan huruf dan pengembangan LJU dan sistem pengolahannya.



Gambar 1. Diagram alir pengembangan model sistem

3.1.1. Pengembangan Sistem Pengenalan Huruf

Tahapan dalam pengembangan sistem pengenalan huruf adalah

- **Perancangan Formulir Isian.** Formulir ini digunakan untuk mendapatkan sampel tulisan tangan. Rancangan formulir disesuaikan dengan Lembar Jawaban Ujian (LJU) yang telah ada.

- **Pengumpulan Data.** Koleksi data yang dipergunakan dalam penelitian ini merupakan kumpulan sampel tulisan tangan dari 250 orang yang berusia di atas 30 tahun. Sampel tulisan tangan ini diperoleh melalui penyebaran formulir isian (format terlampir). Setiap orang menuliskan huruf kapital A sampai Z dan angka 0 sampai 9, masing-masing sebanyak 10 kali pada formulir tersebut. Pengambilan sampel dilakukan dengan variasi tempat, pencahayaan, dan situasi, dengan harapan diperoleh lebih banyak variasi bentuk huruf dan angka, serta untuk memfasilitasi kondisi lapangan (tempat ujian) yang sesungguhnya. Alat tulis yang digunakan tidak hanya pensil 2B, namun dapat digunakan alat tulis yang lain, seperti bolpoin, spidol, dan lain-lain dengan berbagai warna. Dari penyebaran formulir isian, diharapkan jumlah sampel yang diperoleh adalah 90.000 karakter.

- **Pengembangan Sistem Pengenalan Huruf.** Terdiri dari beberapa tahap, yaitu
 - **Praproses**

Suatu *image* (citra) huruf atau angka (selanjutnya akan disebut sampel) yang akan diidentifikasi menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST), harus melalui tahapan-tahapan tertentu terlebih dahulu sehingga dapat menjadi input yang baik bagi JST. Input yang dapat diterima dengan baik oleh JST adalah berupa kumpulan data numerik. Dengan demikian maka permasalahan pertama adalah mengkonversi suatu citra digital menjadi kumpulan data numerik yang representatif dan konsisten. Sebagai contoh, jika terdapat 4 pilihan warna yaitu hitam, biru, hijau dan coklat, maka 4 warna tersebut dapat dikonversi ke dalam 4 *bit numerical binary variable* yaitu hitam bernilai 1000, biru bernilai 0100, hijau bernilai 0010, dan coklat bernilai 0001.

Setiap sampel yang akan diamati dan dianalisa oleh JST harus direpresentasikan secara baik ke dalam bentuk data numerik. Untuk itu diperlukan suatu metode yang dapat mengekstraksi data ciri dari setiap sampel tadi secara konsisten.

Data numerik yang dihasilkan harus benar-benar dapat mewakili karakteristik atau ciri-ciri dari sampel yang diamati, sehingga diharapkan dari sekumpulan data dengan target yang sama akan dihasilkan suatu generalisasi atau pencirian secara umum terhadap suatu target yang sejenis.

Setiap sampel yang akan diamati harus dibatasi oleh suatu struktur dimensi dan homogenisasi pixel yang sederhana, sehingga diharapkan dapat mempermudah proses analisa terhadap konsep ini. Setiap sampel adalah satu citra digital yang

nilai warna dari piksel-pikselya terhomogenisasi menjadi dua representasi warna, yaitu warna aktif (hitam) dan warna nonaktif (selain hitam). Selain itu dimensi dari setiap sampel dibatasi sebesar area yang disediakan pada program aplikasi, tetapi tidak akan mengurangi fleksibilitas dan skalabilitas yang diharapkan.

- **Ekstraksi Ciri**

Untuk mendapatkan data yang akurat dan konsisten dari setiap sampel, digunakan suatu metode yang diperkenalkan oleh Frey (1991). Setiap karakter image di-scan, untuk mendapat 16 atribut numerik. Atribut-atribut ini menyatakan distribusi piksel. Setiap atribut kemudian dibuat skala secara linear dalam rentang 0 sampai 15.

Atribut-atribut pen-skala-an adalah:

1. Posisi horizontal, menghitung piksel dari sisi kiri *image* sampai ke kotak terkecil yang memuat *image* tersebut
2. Posisi vertikal, menghitung piksel dari bawah ke kotak terkecil tersebut
3. Lebar dari kotak (dalam piksel)
4. Tinggi dari kotak (dalam piksel)
5. Jumlah total piksel "on" untuk *image* yang dimaksud
6. Jumlah piksel "on" di bagian atas *image* yang dimaksud
7. Jumlah piksel "on" di bagian bawah *image* yang dimaksud
8. Jumlah piksel "on" di bagian kiri *image* yang dimaksud
9. Jumlah piksel "on" di bagian kanan *image* yang dimaksud
10. Posisi horizontal dari semua piksel "on" terhadap pusat kotak dan dibagi dengan lebar kotak. Atribut ini mempunyai nilai negatif jika *image*-nya "leftheavy", sebagai contoh huruf L
11. Posisi vertikal dari semua piksel "on" terhadap pusat kotak dan dibagi dengan tinggi kotak
12. Nilai rata-rata kuadrat dari jarak piksel horizontal yang diukur di point 10. Atribut ini akan mempunyai nilai yang lebih tinggi untuk *image* yang pikselya terpisah lebih luas dalam arah horizontal, sebagai contoh huruf W atau M
13. Nilai rata-rata kuadrat dari jarak piksel vertikal yang diukur di point 11

14. Perkalian rata-rata dari jarak horizontal dan vertikal untuk setiap piksel "on" yang diukur di point 10 dan 11. Atribut ini bernilai positif untuk garis diagonal yang melintas dari kiri bawah ke kanan atas, dan bernilai negatif untuk garis diagonal dari kiri atas ke kanan bawah
15. Nilai rata-rata dari jarak horizontal kuadrat kali jarak vertikal dari setiap piksel "on". Ini mengukur korelasi variansi horizontal dengan posisi vertical
16. Nilai rata-rata dari jarak vertikal kuadrat kali jarak horizontal dari setiap piksel "on". Ini mengukur korelasi dari variansi vertikal dengan posisi horizontal
17. Jumlah rata-rata edges (suatu piksel "on" di sebelah kiri piksel "on" atau batas *image*) ketika dilakukan scanning dari kiri ke kanan dalam posisi tegak (*vertical*). Pengukuran ini untuk membedakan huruf seperti W atau M dan huruf I atau L
18. Jumlah dari edges dalam posisi vertical seperti yang diukur di point 17. Fitur ini akan bernilai lebih tinggi jika ada lebih banyak edges yang berada di bagian atas kotak, seperti pada huruf "Y"
19. Jumlah mean rata-rata dari edges (suatu piksel "on" yang terletak di atas piksel "off" atau piksel batas *image*) ketika dilakukan scanning dari bawah ke atas dalam posisi horizontal di dalam kotak
20. Jumlah edges dalam posisi horizontal yang diukur dalam point 15
21. Jumlah piksel "on" di center *image*
22. Jumlah piksel "on" di masing-masing 16 area (*image* di bagi menjadi 16 area)

- **Pengembangan Model Jaringan Syaraf Tiruan**

Setelah melalui tahapan normalisasi, data numerik yang diperoleh akan menjadi data input pada JST. Dengan demikian jumlah area yang ada pada setiap sampel akan sesuai dengan jumlah neuron input JST yang akan digunakan.

3.1.2. Pengembangan LJU dan Sistem Pengolahannya

Tahap pertama dalam kegiatan ini adalah pengembangan LJU dengan format baru. Disain LJU baru ini dikembangkan berdasarkan LJU yang digunakan di UT, dengan pertimbangan LJU tersebut sudah ideal dari segi disain dan keterbacaan. Secara paralel juga dikembangkan model sistem scanning LJU. Sistem ini merupakan aplikasi

untuk mengendalikan mesin scan agar dapat melakukan scan pada LJU sehingga diperoleh digital image dari LJU tersebut.

Tahap kedua adalah pengembangan model sistem cropping untuk mendapatkan individual image dari LJU hasil scan. Aplikasi ini memotong atau mengambil gambar digital hasil scan sehingga didapatkan 1 image barcode (1 barcode berisi identitas mahasiswa: masa, NIM, kode MTK, kode naskah) dan 60 image jawaban.

Secara garis besar, tahapan penelitian, hasil, dan indikator yang diharapkan dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Tahapan Penelitian, Luaran, dan Indikator Capaian

| Nama Kegiatan | Tahap Kegiatan | Luaran | Indikator Capaian |
|---|---|---------------------------|--|
| Pengenalan Huruf | a. Pengumpulan Data b. Praproses c. Ekstraksi Ciri d. Pengembangan Model | Model Pengenalan Karakter | Model sistem pengenalan karakter yang siap diujicobakan dalam suatu sistem |
| Pengembangan LJU & Sistem Pengolahannya | a. Pengembangan LJU | a. LJU Format Baru | LJK format baru, yang siap diujicobakan dalam suatu system |
| | b. Pengembangan Sistem Scanning | b. Model Sistem Scanning | Model sistem pengolahan LJU yang siap diaplikasikan dalam suatu sistem |
| | c. Pengembangan Sistem Cropping | c. Model Sistem Cropping | |

3.2. Implementasi Sistem

3.2.1. Sistem Komputer

Seluruh aktivitas yang dilakukan dalam penelitian ini dilaksanakan pada dua buah notebook server dan client. Spesifikasi server adalah Core 2 Duo T7200, 2GB DDR2, 120GB HDD, DVD±RW, 56K Modem, GbE NIC, WiFi, Bluetooth, Fingerprint, VGA Intel GMA950 224MB (shared), 13.3" XGA, Win Vista Business. Spesifikasi client adalah Core 2 Duo T7200, 2GB DDR2, 120GB HDD, DVD±RW, 56K Modem, GbE NIC, WiFi, Bluetooth, VGA ATI Radeon X1400 256MB, 15.4" WXGA, Win XP Pro.

3.2.2. Perangkat Lunak Pemrograman.

Perangkat lunak pemrograman yang digunakan adalah PowerBuilder Enterprise 10.5 for Windows x86 dan MATLAB® yang dilengkapi dengan Statistics Toolbox, Neural Network Toolbox, Wavelet Toolbox, Image Processing Toolbox, Image Acquisition Toolbox, Excel Link, Database Toolbox.

3.3. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan mulai April 2010 hingga November 2010 bertempat di Universitas Terbuka, Pondok Cabe.

BAB IV

HASIL DAN IMPLEMENTASI SISTEM

4.1. Formulir Isian

Formulir isian yang dihasilkan dirancang sesuai dengan ukuran Lembar Jawaban Ujian (LJU) yang ada, terdiri dari 10×10 kotak sebagai tempat untuk menuliskan angka 0 sampai 9, dan 10×26 kotak sebagai tempat untuk menuliskan huruf A sampai Z, masing-masing sebanyak 10 kali. Formulir isian ini dapat dilihat pada gambar 2.

4.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data sampel tulisan tangan dilakukan dengan menggunakan formulir isian. Pengumpulan data sampel tulisan tangan dilakukan oleh tim peneliti dengan menyebarkan formulir isian kepada 250 orang di sekitar Pamulang. Pemilihan orang dilakukan secara acak, dengan kriteria usia 30 tahun ke atas sesuai dengan karakteristik mahasiswa UT, dan pengisian formulir dilakukan pada saat itu juga dengan kondisi seadanya. Penentuan kriteria ini diharapkan dapat mewakili karakteristik mahasiswa UT dengan keterbatasan kondisi di lapangan. Formulir yang telah diisi dan dapat diproses lebih lanjut berjumlah 200 lembar. Sisanya tidak dapat diproses karena warna tinta yang digunakan terlalu terang (atau mungkin cara menuliskannya tidak ditekan), sehingga hasil tulisannya terlalu tipis (tidak jelas).

4.3. Pengembangan Sistem Pengenalan Huruf

4.3.1. Praproses

Agar data sampel tulisan tangan yang diperoleh dapat digunakan untuk pembelajaran dan pengujian model sistem pengenalan huruf, maka sebelumnya dilakukan praproses. Hal-hal yang dilakukan dalam praproses ini adalah:





1. Scanning. Semua formulir isian discan dan disimpan dalam format gambar (.jpg), terdapat 200 file gambar. Contoh hasil scanning dapat dilihat pada gambar 3.
2. Segmentasi. Segmentasi dilakukan untuk mengambil karakter huruf dalam gambar formulir isian hasil scanning. Langkah-langkah yang dilakukan dalam segmentasi adalah sebagai berikut:

FORM PENGAMBILAN DATA TULISAN TANGAN

Isian angka:

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

Isian tanda-tangan:

| | |
|---|---|
|  |  |
|  |  |

Isian huruf:

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T | U | V | W | X | Y | Z |
| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T | U | V | W | X | Y | Z |
| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T | U | V | W | X | Y | Z |
| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T | U | V | W | X | Y | Z |
| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T | U | V | W | X | Y | Z |
| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T | U | V | W | X | Y | Z |
| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T | U | V | W | X | Y | Z |
| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T | U | V | W | X | Y | Z |
| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T | U | V | W | X | Y | Z |
| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T | U | V | W | X | Y | Z |

Gambar 3. Contoh Gambar Hasil Scanning

2. Segmentasi. Segmentasi dilakukan untuk mengambil karakter huruf dalam gambar formulir isian hasil scanning. Langkah-langkah yang dilakukan dalam segmentasi adalah sebagai berikut:

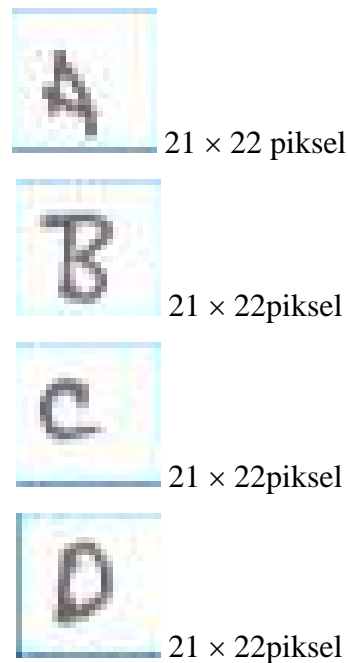
1. memberi nomor pada semua file gambar sebagai identitas
2. membaca file gambar
3. merubah warna gambar tulisan tangan pada formulir isian menjadi warna abu-abu (hal ini dilakukan karena responden boleh menggunakan alat tulis berbagai warna)
4. merubah warna abu-abu menjadi warna hitam putih
5. menentukan margin atas dan margin kiri untuk mengambil gambar-gambar huruf
6. menentukan tinggi huruf dan lebar huruf untuk mengambil gambar masing-masing huruf
7. merubah dari nomor huruf ke huruf (contoh 65 menjadi 'A')
8. memberi nama file gambar sesuai huruf (contoh 'Sample_1_A_3.jpg')
9. menyimpan gambar hasil crop sesuai nama

Semua langkah di atas diterjemahkan dalam suatu program sebagai berikut:

```
clear all; clc;  
hold on;  
for iSample = 1:235
```

```
        iLeft = iLeft + 26;  
    end  
    iLeft = iLeftnya;  
    iTop = iTop + 24;  
end  
end
```

Dari proses segmentasi terhadap 200 file gambar ini, diperoleh 4 (huruf) \times 10 (sample per huruf) \times 200 (formulir isian) = 8000 karakter huruf. Contoh hasil segmentasi dapat dilihat pada gambar 4 berikut ini:



Gambar 4. Contoh Gambar Hasil Segmentasi

Setelah dilakukan proses segmentasi terhadap semua huruf, kemudian dilakukan proses ekstraksi ciri.

4.3.2. Ekstraksi Ciri

Metode ekstraksi ciri yang digunakan dalam penelitian ini merupakan modifikasi dari metode Frey (1991). Atribut-atribut yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Lebar dari kotak (dalam piksel).
2. Tinggi dari kotak (dalam piksel).
3. Jumlah total piksel "on" untuk *image* yang dimaksud.
4. Jumlah piksel "on" di bagian atas *image* yang dimaksud.
5. Jumlah piksel "on" di bagian bawah *image* yang dimaksud.
6. Jumlah piksel "on" di bagian kiri *image* yang dimaksud.
7. Jumlah piksel "on" di bagian kanan *image* yang dimaksud.
8. Posisi horizontal dari semua piksel "on" terhadap pusat kotak dan dibagi dengan lebar kotak. Atribut ini mempunyai nilai negatif jika *image*-nya "leftheavy", sebagai contoh huruf L.
9. Posisi vertikal dari semua piksel "on" terhadap pusat kotak dan dibagi dengan tinggi kotak.
10. Jumlah piksel "on" di center image.
11. Jumlah piksel "on" di masing-masing 16 area (image di bagi menjadi 16 area).

Untuk mendapatkan atribut-atribut tersebut di atas, dikembangkan program sebagai berikut:

```
clear all;
```

```
iFeat = [];
```

```
for cntHuruf = 1:4
```

```

        %Koordinat untuk crop
        if iPosT == 0
            iPosT = iPosH;
        end
        if iPosB == 0
            iPosB = iPosH;
        else
            if iPosB < iPosH
                iPosB = iPosH;
            end
        end
        end
        if
            end
            end
            end
            end
            end

        iBwCrop = [];
        iBwCrop = iBw(iPosT:iPosB,iPosL:iPosR);
        [iH, iW] = size(iBwCrop);

        %imwrite(iBwCrop,'test.jpg','jpg');

        iVer = round(iH/2);
        iHor = round(iW/2);
        iLeftHeavy = 0;
        iTopHeavy = 0;
        iTopPix = 0;
        iBottPix = 0;
        iLeftPix = 0;
        iRightPix = 0;
        for iPosH = 1:iH

            else

```

```
% rightheavy
```

```
    end  
  end  
end  
end
```

```
    end  
  end  
end
```

```
    end  
  end  
end
```

```
iPixSum = 0;  
iPix11 = 0;  
iPix12 = 0;  
iPix13 = 0;  
iPix14 = 0;  
iPix21 = 0;  
iPix22 = 0;  
iPix23 = 0;  
iPix24 = 0;  
iPix31 = 0;  
iPix32 = 0;  
iPix33 = 0;  
iPix34 = 0;  
iPix41 = 0;
```

```
iPix42 = 0;  
iPix43 = 0;  
iPix44 = 0;
```

```
iVer = round(iH/4);  
iHor = round(iW/4);  
iVerH1 = iVer*1;  
iVerH2 = iVer*2;  
iVerH3 = iVer*3;  
iHorW1 = iHor*1;  
iHorW2 = iHor*2;  
iHorW3 = iHor*3;
```

```
        end  
    end  
end  
else  
    if iPosH <= iVerH2  
        if iPosW <= iHorW1  
            iPix21 = iPix21 + 1;  
        else  
            if iPosW <= iHorW2  
                iPix22 = iPix22 + 1;  
            else  
                if iPosW <= iHorW3  
                    iPix23 = iPix23 + 1;  
                else  
                    iPix24 = iPix24 + 1;  
                end  
            end  
        end  
    end  
end  
else  
    if iPosH <= iVerH3  
        if iPosW <= iHorW1  
            iPix31 = iPix31 + 1;  
        else
```

```
if iPosW <= iHorW2
    iPix32 = iPix32 + 1;
else
    if iPosW <= iHorW3
        iPix33 = iPix33 + 1;
    else
        iPix34 = iPix34 + 1;
    end
end
end
end
```

```
end
end
end
end
end
end
end
end
end
```

```
end
end
```

4.3.3. Pengembangan Model Jaringan Syaraf Tiruan

Setelah melalui tahapan normalisasi, data numerik yang diperoleh dari proses ekstraksi ciri menjadi data input pada Jaringan Syaraf Tiruan (JST). Dengan demikian jumlah area yang ada pada setiap sampel akan sesuai dengan jumlah neuron input JST yang akan digunakan. Programnya adalah sebagai berikut:

```
clc; clear all; close all;  
cd 'E:\puskom\Research\project-research-ut-2010\ocr-2010\prototype'  
matfilename = 'LJUTrain.mat';
```

Model JST ini menggunakan manipulasi matriks/vektor dalam iterasinya. Perangkat lunak yang cocok dipakai adalah Matlab, dalam penelitian ini adalah Matlab versi 6.0. Proses pelatihan dalam Matlab menggunakan perintah 'train' dengan menentukan jumlah epoch dan error yang dikehendaki. Iterasi akan dihentikan jika salah satunya tercapai. Matlab akan menampilkan MSE (rata-rata kuadrat kesalahan) pada epoch kelipatan 25. Hasil runningnya membutuhkan waktu 75 detik seperti berikut ini:

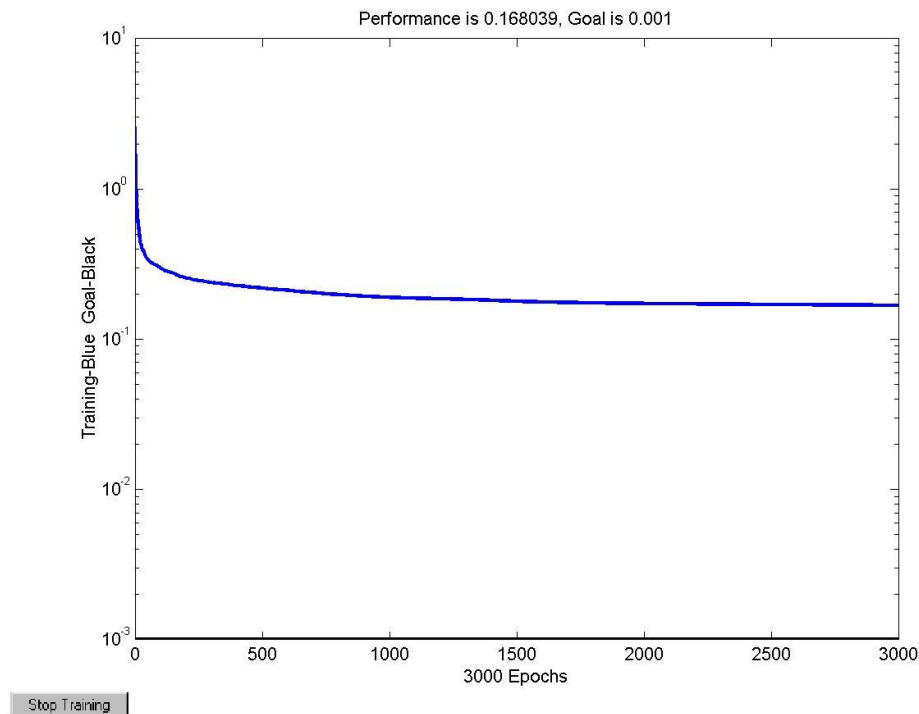
```
TRAINRP, Epoch 0/3000, MSE 2.5861/0.001, Gradient 5.79152/1e-006  
TRAINRP, Epoch 25/3000, MSE 0.41397/0.001, Gradient 0.136911/1e-006  
TRAINRP, Epoch 50/3000, MSE 0.339505/0.001, Gradient 0.151733/1e-006  
TRAINRP, Epoch 75/3000, MSE 0.314116/0.001, Gradient 0.0668665/1e-006
```

TRAINRP, Epoch 100/3000, MSE 0.297128/0.001, Gradient 0.0882409/1e-006
TRAINRP, Epoch 125/3000, MSE 0.28367/0.001, Gradient 0.038778/1e-006
TRAINRP, Epoch 150/3000, MSE 0.274516/0.001, Gradient 0.0398645/1e-006
TRAINRP, Epoch 175/3000, MSE 0.262122/0.001, Gradient 0.0423695/1e-006
TRAINRP, Epoch 200/3000, MSE 0.255792/0.001, Gradient 0.0248219/1e-006
TRAINRP, Epoch 225/3000, MSE 0.250012/0.001, Gradient 0.0243204/1e-006
TRAINRP, Epoch 250/3000, MSE 0.245807/0.001, Gradient 0.0277123/1e-006
TRAINRP, Epoch 275/3000, MSE 0.24188/0.001, Gradient 0.0395406/1e-006
TRAINRP, Epoch 300/3000, MSE 0.238583/0.001, Gradient 0.0176062/1e-006
TRAINRP, Epoch 325/3000, MSE 0.235764/0.001, Gradient 0.0482107/1e-006
TRAINRP, Epoch 350/3000, MSE 0.233118/0.001, Gradient 0.0177046/1e-006
TRAINRP, Epoch 375/3000, MSE 0.230272/0.001, Gradient 0.0166223/1e-006
TRAINRP, Epoch 400/3000, MSE 0.22727/0.001, Gradient 0.0156427/1e-006
TRAINRP, Epoch 425/3000, MSE 0.225574/0.001, Gradient 0.0292767/1e-006
TRAINRP, Epoch 450/3000, MSE 0.222477/0.001, Gradient 0.0156729/1e-006
TRAINRP, Epoch 475/3000, MSE 0.22074/0.001, Gradient 0.0161664/1e-006
TRAINRP, Epoch 500/3000, MSE 0.219056/0.001, Gradient 0.0146059/1e-006
TRAINRP, Epoch 525/3000, MSE 0.216334/0.001, Gradient 0.01617/1e-006
TRAINRP, Epoch 550/3000, MSE 0.214551/0.001, Gradient 0.0154758/1e-006
TRAINRP, Epoch 575/3000, MSE 0.213274/0.001, Gradient 0.0130797/1e-006
TRAINRP, Epoch 600/3000, MSE 0.211839/0.001, Gradient 0.0117935/1e-006
TRAINRP, Epoch 625/3000, MSE 0.209348/0.001, Gradient 0.0131422/1e-006
TRAINRP, Epoch 650/3000, MSE 0.206996/0.001, Gradient 0.0118164/1e-006
TRAINRP, Epoch 675/3000, MSE 0.205543/0.001, Gradient 0.0102759/1e-006
TRAINRP, Epoch 700/3000, MSE 0.204223/0.001, Gradient 0.0118433/1e-006
TRAINRP, Epoch 725/3000, MSE 0.202434/0.001, Gradient 0.0163929/1e-006
TRAINRP, Epoch 750/3000, MSE 0.200536/0.001, Gradient 0.0163144/1e-006
TRAINRP, Epoch 775/3000, MSE 0.199302/0.001, Gradient 0.00974467/1e-006
TRAINRP, Epoch 800/3000, MSE 0.198057/0.001, Gradient 0.0127988/1e-006
TRAINRP, Epoch 825/3000, MSE 0.197025/0.001, Gradient 0.0107782/1e-006
TRAINRP, Epoch 850/3000, MSE 0.195626/0.001, Gradient 0.0206189/1e-006
TRAINRP, Epoch 875/3000, MSE 0.19437/0.001, Gradient 0.0135796/1e-006
TRAINRP, Epoch 900/3000, MSE 0.193243/0.001, Gradient 0.0112149/1e-006
TRAINRP, Epoch 925/3000, MSE 0.192337/0.001, Gradient 0.0106826/1e-006
TRAINRP, Epoch 950/3000, MSE 0.191475/0.001, Gradient 0.00841584/1e-006
TRAINRP, Epoch 975/3000, MSE 0.190477/0.001, Gradient 0.00830106/1e-006
TRAINRP, Epoch 1000/3000, MSE 0.189685/0.001, Gradient 0.0101308/1e-006
TRAINRP, Epoch 1025/3000, MSE 0.189056/0.001, Gradient 0.012853/1e-006
TRAINRP, Epoch 1050/3000, MSE 0.188496/0.001, Gradient 0.00658957/1e-006
TRAINRP, Epoch 1075/3000, MSE 0.188017/0.001, Gradient 0.00924479/1e-006
TRAINRP, Epoch 1100/3000, MSE 0.187476/0.001, Gradient 0.0080041/1e-006
TRAINRP, Epoch 1125/3000, MSE 0.187085/0.001, Gradient 0.0066013/1e-006
TRAINRP, Epoch 1150/3000, MSE 0.186562/0.001, Gradient 0.00896075/1e-006
TRAINRP, Epoch 1175/3000, MSE 0.186162/0.001, Gradient 0.00801974/1e-006
TRAINRP, Epoch 1200/3000, MSE 0.185732/0.001, Gradient 0.00815301/1e-006
TRAINRP, Epoch 1225/3000, MSE 0.185356/0.001, Gradient 0.00686066/1e-006
TRAINRP, Epoch 1250/3000, MSE 0.184814/0.001, Gradient 0.00696466/1e-006
TRAINRP, Epoch 1275/3000, MSE 0.184281/0.001, Gradient 0.00669768/1e-006
TRAINRP, Epoch 1300/3000, MSE 0.183749/0.001, Gradient 0.00814832/1e-006
TRAINRP, Epoch 1325/3000, MSE 0.18323/0.001, Gradient 0.00715007/1e-006
TRAINRP, Epoch 1350/3000, MSE 0.182655/0.001, Gradient 0.0086943/1e-006

TRAINRP, Epoch 1375/3000, MSE 0.181931/0.001, Gradient 0.0119926/1e-006
TRAINRP, Epoch 1400/3000, MSE 0.181491/0.001, Gradient 0.00928112/1e-006
TRAINRP, Epoch 1425/3000, MSE 0.180632/0.001, Gradient 0.00924174/1e-006
TRAINRP, Epoch 1450/3000, MSE 0.179977/0.001, Gradient 0.00980083/1e-006
TRAINRP, Epoch 1475/3000, MSE 0.179444/0.001, Gradient 0.00795606/1e-006
TRAINRP, Epoch 1500/3000, MSE 0.178822/0.001, Gradient 0.00914625/1e-006
TRAINRP, Epoch 1525/3000, MSE 0.178214/0.001, Gradient 0.00762892/1e-006
TRAINRP, Epoch 1550/3000, MSE 0.177768/0.001, Gradient 0.00675155/1e-006
TRAINRP, Epoch 1575/3000, MSE 0.177271/0.001, Gradient 0.00857776/1e-006
TRAINRP, Epoch 1600/3000, MSE 0.176792/0.001, Gradient 0.00621385/1e-006
TRAINRP, Epoch 1625/3000, MSE 0.176461/0.001, Gradient 0.00578403/1e-006
TRAINRP, Epoch 1650/3000, MSE 0.176169/0.001, Gradient 0.00587432/1e-006
TRAINRP, Epoch 1675/3000, MSE 0.175832/0.001, Gradient 0.00581813/1e-006
TRAINRP, Epoch 1700/3000, MSE 0.175539/0.001, Gradient 0.00765598/1e-006
TRAINRP, Epoch 1725/3000, MSE 0.175208/0.001, Gradient 0.00662451/1e-006
TRAINRP, Epoch 1750/3000, MSE 0.174868/0.001, Gradient 0.00470529/1e-006
TRAINRP, Epoch 1775/3000, MSE 0.174632/0.001, Gradient 0.00492588/1e-006
TRAINRP, Epoch 1800/3000, MSE 0.174323/0.001, Gradient 0.00487294/1e-006
TRAINRP, Epoch 1825/3000, MSE 0.174019/0.001, Gradient 0.00499123/1e-006
TRAINRP, Epoch 1850/3000, MSE 0.173806/0.001, Gradient 0.00548706/1e-006
TRAINRP, Epoch 1875/3000, MSE 0.173569/0.001, Gradient 0.00557617/1e-006
TRAINRP, Epoch 1900/3000, MSE 0.173383/0.001, Gradient 0.00459415/1e-006
TRAINRP, Epoch 1925/3000, MSE 0.173209/0.001, Gradient 0.00389295/1e-006
TRAINRP, Epoch 1950/3000, MSE 0.173041/0.001, Gradient 0.00366559/1e-006
TRAINRP, Epoch 1975/3000, MSE 0.172897/0.001, Gradient 0.00677304/1e-006
TRAINRP, Epoch 2000/3000, MSE 0.172745/0.001, Gradient 0.00465156/1e-006
TRAINRP, Epoch 2025/3000, MSE 0.172607/0.001, Gradient 0.00376524/1e-006
TRAINRP, Epoch 2050/3000, MSE 0.172436/0.001, Gradient 0.00639659/1e-006
TRAINRP, Epoch 2075/3000, MSE 0.172305/0.001, Gradient 0.00471191/1e-006
TRAINRP, Epoch 2100/3000, MSE 0.172218/0.001, Gradient 0.0035818/1e-006
TRAINRP, Epoch 2125/3000, MSE 0.17211/0.001, Gradient 0.00397111/1e-006
TRAINRP, Epoch 2150/3000, MSE 0.171969/0.001, Gradient 0.00501848/1e-006
TRAINRP, Epoch 2175/3000, MSE 0.171836/0.001, Gradient 0.00397001/1e-006
TRAINRP, Epoch 2200/3000, MSE 0.17168/0.001, Gradient 0.00413231/1e-006
TRAINRP, Epoch 2225/3000, MSE 0.171547/0.001, Gradient 0.0032494/1e-006
TRAINRP, Epoch 2250/3000, MSE 0.171398/0.001, Gradient 0.00355238/1e-006
TRAINRP, Epoch 2275/3000, MSE 0.171306/0.001, Gradient 0.00386115/1e-006
TRAINRP, Epoch 2300/3000, MSE 0.171181/0.001, Gradient 0.00547585/1e-006
TRAINRP, Epoch 2325/3000, MSE 0.171072/0.001, Gradient 0.00377724/1e-006
TRAINRP, Epoch 2350/3000, MSE 0.170952/0.001, Gradient 0.00365717/1e-006
TRAINRP, Epoch 2375/3000, MSE 0.17079/0.001, Gradient 0.004027/1e-006
TRAINRP, Epoch 2400/3000, MSE 0.170687/0.001, Gradient 0.00341028/1e-006
TRAINRP, Epoch 2425/3000, MSE 0.170543/0.001, Gradient 0.00445932/1e-006
TRAINRP, Epoch 2450/3000, MSE 0.170442/0.001, Gradient 0.00542073/1e-006
TRAINRP, Epoch 2475/3000, MSE 0.170321/0.001, Gradient 0.00307083/1e-006
TRAINRP, Epoch 2500/3000, MSE 0.170214/0.001, Gradient 0.00294718/1e-006
TRAINRP, Epoch 2525/3000, MSE 0.170097/0.001, Gradient 0.00397515/1e-006
TRAINRP, Epoch 2550/3000, MSE 0.170012/0.001, Gradient 0.00337648/1e-006
TRAINRP, Epoch 2575/3000, MSE 0.169897/0.001, Gradient 0.00442488/1e-006
TRAINRP, Epoch 2600/3000, MSE 0.169793/0.001, Gradient 0.00300597/1e-006
TRAINRP, Epoch 2625/3000, MSE 0.169682/0.001, Gradient 0.00303244/1e-006

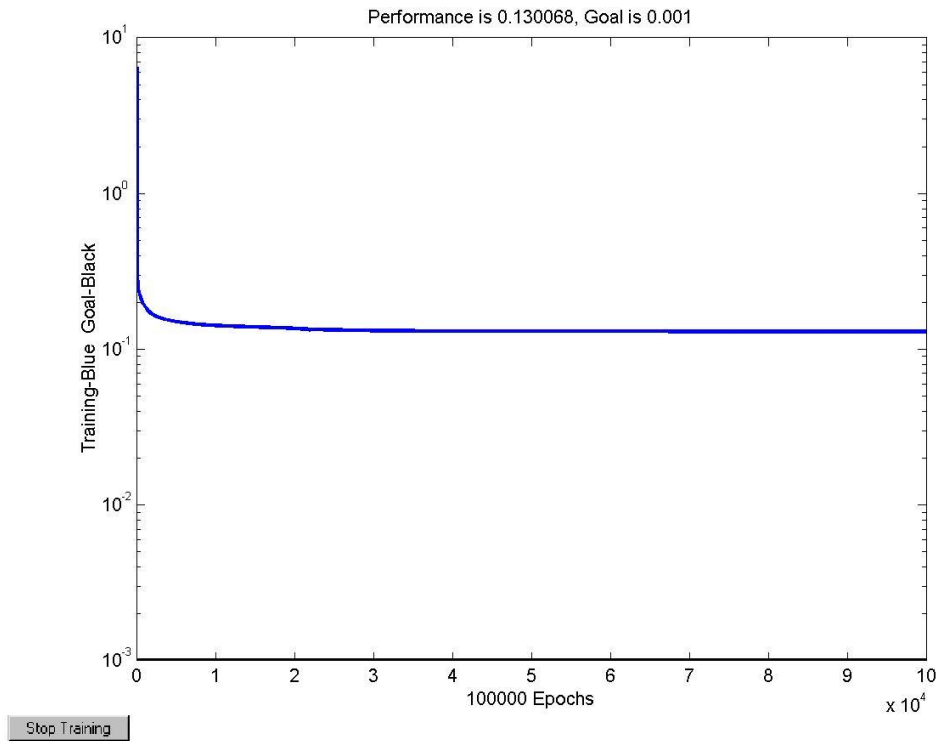
TRAINRP, Epoch 2650/3000, MSE 0.169559/0.001, Gradient 0.00315541/1e-006
 TRAINRP, Epoch 2675/3000, MSE 0.16946/0.001, Gradient 0.00278763/1e-006
 TRAINRP, Epoch 2700/3000, MSE 0.16936/0.001, Gradient 0.00297533/1e-006
 TRAINRP, Epoch 2725/3000, MSE 0.169237/0.001, Gradient 0.00340712/1e-006
 TRAINRP, Epoch 2750/3000, MSE 0.169155/0.001, Gradient 0.00282717/1e-006
 TRAINRP, Epoch 2775/3000, MSE 0.169066/0.001, Gradient 0.00281029/1e-006
 TRAINRP, Epoch 2800/3000, MSE 0.168954/0.001, Gradient 0.00280126/1e-006
 TRAINRP, Epoch 2825/3000, MSE 0.168832/0.001, Gradient 0.00354603/1e-006
 TRAINRP, Epoch 2850/3000, MSE 0.168711/0.001, Gradient 0.0032404/1e-006
 TRAINRP, Epoch 2875/3000, MSE 0.168579/0.001, Gradient 0.00379188/1e-006
 TRAINRP, Epoch 2900/3000, MSE 0.168455/0.001, Gradient 0.00260976/1e-006
 TRAINRP, Epoch 2925/3000, MSE 0.168366/0.001, Gradient 0.00241367/1e-006
 TRAINRP, Epoch 2950/3000, MSE 0.168271/0.001, Gradient 0.00341337/1e-006
 TRAINRP, Epoch 2975/3000, MSE 0.168155/0.001, Gradient 0.00274917/1e-006
 TRAINRP, Epoch 3000/3000, MSE 0.168039/0.001, Gradient 0.00281494/1e-006
 TRAINRP, Maximum epoch reached, performance goal was not met.

Dalam kasus ini, pelatihan (*training*) dihentikan pada epoch ke-3000, meskipun unjuk kerja yang diinginkan ($MSE = 0.001$) belum tercapai. Pada umumnya pelatihan menggunakan *backpropagation* tidak menghasilkan $MSE = 0$, apalagi jika data pelatihannya banyak, sehingga MSE yang cukup kecil (misalnya 0.0001), sudah memuaskan. Pada epoch ke-3000 ini, $MSE = 0.168039$. Grafik perubahan error dapat dilihat pada gambar 5. Tampak bahwa MSE menurun, ini berarti jaringan mengenali pola.



Gambar 5. Grafik kinerja model JST dengan jumlah epoch 3000

Pelatihan kedua dilakukan dengan jumlah epoch 100000, hasil runningnya dapat dilihat pada lampiran 1, sedangkan grafik kinerja model JST seperti berikut:



Gambar 6. Grafik kinerja model JST dengan jumlah epoch 100000

4.3.4. Ujicoba Model Jaringan Syaraf Tiruan

Jumlah sampel data training untuk masing-masing huruf (A, B, C, dan D) adalah 1500, sehingga jumlah total sampel data training 6000. Sedangkan untuk data testing, jumlah sampel untuk masing-masing huruf adalah 500, sehingga jumlah total data testing 2000. Berikut adalah tabel hasil pelatihan menggunakan data training dan data testing.

Tabel 2. Hasil Pelatihan Menggunakan Data Training dan Data Testing

| Using Data Training | | | | | | | |
|---------------------|---------------|------|------|------|------|-----------------|----------|
| | Jumlah Sampel | A | B | C | D | Jumlah Dikenali | Akurasi |
| A | 1500 | 1324 | 71 | 2 | 103 | 1500 | 88.26667 |
| B | 1500 | 62 | 1344 | 5 | 89 | 1500 | 89.6 |
| C | 1500 | 2 | 16 | 1451 | 31 | 1500 | 96.73333 |
| D | 1500 | 25 | 40 | 25 | 1410 | 1500 | 94 |
| | 6000 | | | | | | 92.15 |
| Using Data Testing | | | | | | | |
| | Jumlah Sampel | A | B | C | D | Jumlah Dikenali | Akurasi |
| A | 500 | 447 | 23 | 7 | 23 | 500 | 89.4 |
| B | 500 | 33 | 437 | 3 | 27 | 500 | 87.4 |
| C | 500 | 1 | 16 | 458 | 25 | 500 | 91.6 |
| D | 500 | 7 | 36 | 18 | 439 | 500 | 87.8 |
| | 2000 | | | | | | 89.05 |

Dari tabel dapat dilihat bahwa pada saat menggunakan data training, 1500 sampel huruf A dikenali sebagai huruf A sebanyak 1324, dikenali sebagai huruf B sebanyak 71, dikenali sebagai huruf C sebanyak 2, dikenali sebagai huruf D sebanyak 103. Akurasi yang dicapai untuk mengenali huruf A adalah 88.26667 %. Sedangkan akurasi yang dicapai untuk mengenali huruf B, C, dan D, masing-masing adalah 89.6 %, 96.73333 %, dan 94 %. Secara umum, akurasi yang dicapai oleh model pada saat diujikan dengan **data training** mencapai **92.15 %**.

Pada saat menggunakan data testing, dari 500 sampel huruf A dikenali sebagai huruf A sebanyak 447, dikenali sebagai huruf B sebanyak 23, dikenali sebagai huruf C sebanyak 7, dikenali sebagai huruf D sebanyak 23. Akurasi yang dicapai untuk mengenali huruf A adalah 89.4 %. Sedangkan akurasi yang dicapai untuk mengenali huruf B, C, dan D, masing-masing adalah 87.4 %, 91.6 %, dan 87.8 %. Secara umum, akurasi yang dicapai oleh model pada saat diujikan dengan **data testing** mencapai **89.05 %**.

4.4. Pengembangan LJU dan Sistem Pengolahannya

4.4.1. Pengembangan Lembar Jawaban Ujian

Hasil dari pengembangan Lembar Jawaban Ujian (LJU) dalam penelitian ini dapat dilihat dalam gambar 7.

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS TERBUKA
LEMBAR JAWABAN UJIAN**

1

2

3

Tanda Tangan

Mahasiswa Pegawai Ujian

Nama Je las

| | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 11 | 21 | 31 | 41 | 51 |
| 2 | 12 | 22 | 32 | 42 | 52 |
| 3 | 13 | 23 | 33 | 43 | 53 |
| 4 | 14 | 24 | 34 | 44 | 54 |
| 5 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 |
| 6 | 16 | 26 | 36 | 46 | 56 |
| 7 | 17 | 27 | 37 | 47 | 57 |
| 8 | 18 | 28 | 38 | 48 | 58 |
| 9 | 19 | 29 | 39 | 49 | 59 |
| 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |

Gambar 7. Disain LJU Baru

4.4.2. Pengembangan Sistem Scanning

Scanning dalam penelitian ini adalah proses membuat sebuah *hard copy* LJU menjadi suatu image. Prosesnya sangat sederhana, hanya memerlukan sebuah alat scan (*scanner*) yang *flatbad*, sehingga dapat melakukan scanning satu per satu atau per halaman. Adapun langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Siapkan LJU pada flatbad tray.
2. Klik tombol SCAN pada aplikasi.

Program untuk scanning sebagai berikut:

```
unit U_Scanning;  
  
interface  
  
uses  
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls,  
  Forms,  
  Dialogs, StdCtrls, DelphiTwain, ExtCtrls;
```

```

SourceIndex: Integer;
Source: TTWainSource;
begin
DelphiTwain1.LibraryLoaded := TRUE;
DelphiTwain1.SourceManagerLoaded := TRUE;
SourceIndex := DelphiTwain1.SelectSource();
if (SourceIndex <> -1) then
begin
Source := DelphiTwain1.Source[SourceIndex];
Source.Loaded := TRUE;
Source.Enabled := TRUE;
end {if (SourceIndex <> -1)}
end;
end.

```

4.4.3. Pengembangan Sistem Cropping

Setelah diperoleh image LJU hasil scanning, kemudian dilakukan cropping image pada bagian tertentu dengan bantuan beberapa bagian kotak navigasi yang ada pada LJU. Bagian-bagian LJU yang dicrop adalah barcode dan butir jawaban mulai dari nomor 1 sampai nomor 60.

Cropping dilakukan dengan cara berkesinambungan, yaitu dengan cara mengenali warna kotak navigasi yang ada pada LJU pada bagian kiri atas dengan ukuran piksel dengan koordinat x dan y .



Gambar 8. Langkah Awal Cropping LJU

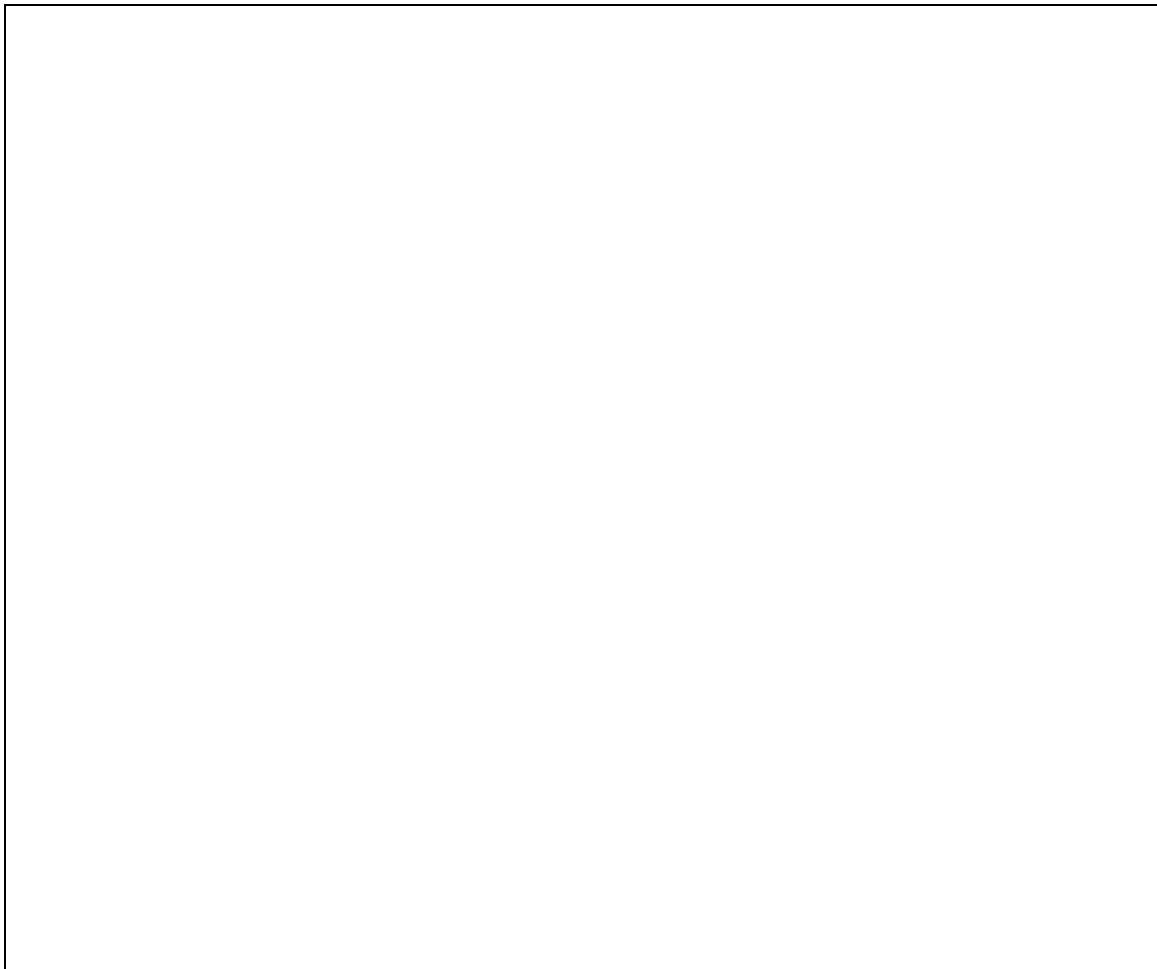
Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pencarian atau menemukan kotak hitam pertama atas kiri dimulai dari piksel koordinat $(x=0, y=0)$ dan kemudian menyimpan pada koordinat variabel (x, y) .
2. Arah ke bawah, melakukan pencarian ke kotak berikutnya (ke arah bawah, kedua dari atas), dan juga menyimpan ke koordinat (x, y) .

3. Arah samping kanan, melakukan pencarian warna hitam untuk kotak barcode (kiri atas) dan kemudian koordinat (x, y) dikurang dengan satu ($x1=x+1, y1=y+1$), berguna untuk menemukan titik yang berwarna putih untuk masing-masing koordinat.
4. Arah samping kanan, melakukan pencarian warna hitam garis kotak barcode sebelah kanan dan kemudian menyimpan nilai koordinat x dengan mengurangi satu piksel $x2=x-1$
5. Arah bawah, menemukan garis kotak barcode bagian bawah kemudian mengurang dengan satu piksel $y2=y-1$.



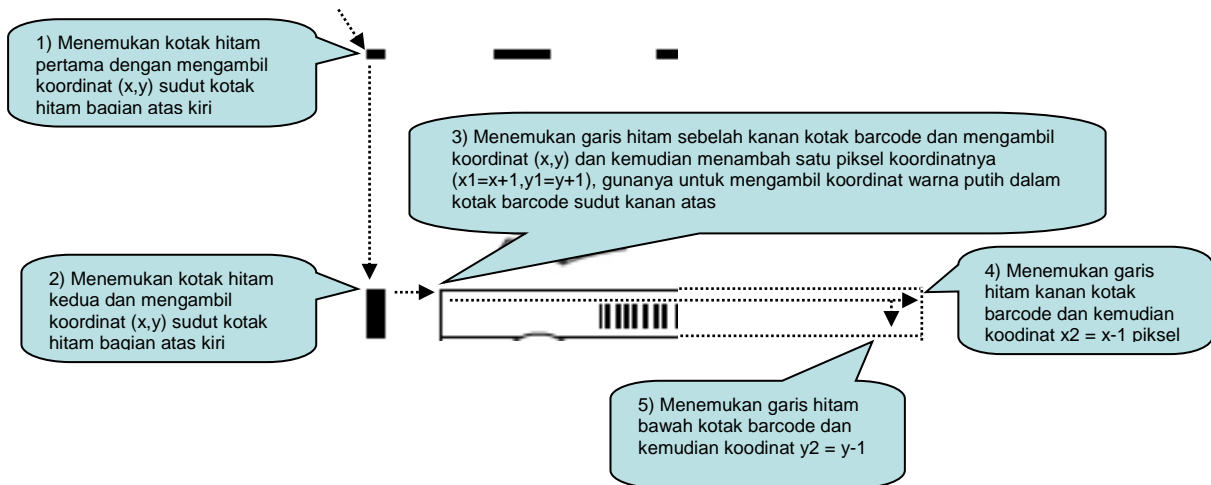
Kemudian dilakukan cropping untuk bagian barcode, dengan kode program sebagai berikut :



```
else if (IntToHex( C, 8 ) = '00000000')and (node = 1)then
  Begin
    goto bawah1;
  end;

  end;
bawah1 :
edit2.Text := 'x='+inttostr(x)+' , y='+inttostr(y);
```

```
image2.Picture.SaveToFile('data.bmp');
```

Gambar 9. Tahapan Cropping Barcode



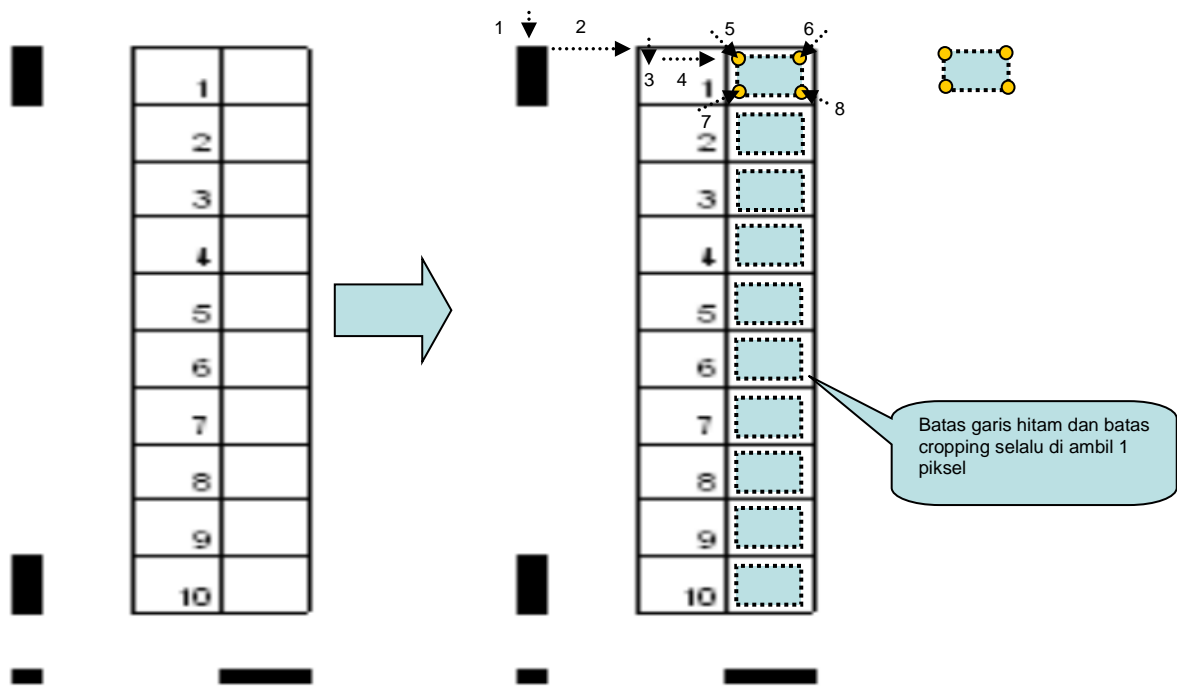
Gambar 10. Barcode LJU

Prinsip cropping pada bagian jawaban hampir sama dengan cropping untuk bagian barcode. Adapun langkah-langkah untuk “Cropping Jawaban 10 Pertama” adalah sebagai berikut:

1. Arah bawah = $y+n$, temukan kotak hitam ketiga dari atas koordinat (x, y)
2. Arah kanan = $x+n$, temukan warna hitam untuk kotak jawaban nomor 1 koordinat ($x+1, y+1$)
3. Arah bawah = $y+n$, pastikan posisi koordinat ($x+1, y+1$) adalah warna putih, jika tidak y selalu ditambah satu sampai menemukan warna putih
4. Arah kanan = $x+n$, temukan warna hitam pembatas nomor jawaban dan jawaban itu sendiri
5. Kemudian koordinat ($x1 = x+1, y1=y$).
6. Arah kanan = $x+n$, temukan warna hitam akhir dari jawaban 10 pertama, koordinat ($x2=x-1$).

7. Arah bawah = $y+n$, temukan garis batas hitam antara jawaban nomor 1 dan jawaban nomor 2, dengan pergerakan koordinat ($y2=y1+n$)
8. Kemudian lakukan cropping dari koordinat komposisi ($x1,y1$ dan $x2,y2$)
9. Arah bawah = $y2+1$ terdeteksi adalah warna hitam, terus bergerak ke bawah sampai menemukan warna putih, temukan selisih jumlah piksel ($ys=y-y2$), nilai ys selalu menjadi patokan selisih piksel dengan nomor-nomor yang saling berdekatan, misalkan nomor 2 dan nomor 3.
10. Untuk cropping nomor berikutnya ulangi langkah 5 setelah nilai $x1=x1+ys$ dan $y1=y1+ys$.

Catatan: nilai x (xj) dan y (yj) dari langkah 5 selalu disimpan pada variable untuk digunakan nilai $x1$, dan $y1$ untuk 10 jawaban berikutnya dan berikutnya.



Gambar 11. Tahapan Cropping Jawaban 10 Kedua

Langkah-langkah untuk “Cropping Jawaban 10 Kedua”:

1. Deteksi warna kotak hitam paling kiri bawah dengan koordinat awal adalah ($x=0$ dan $y=image.height$).

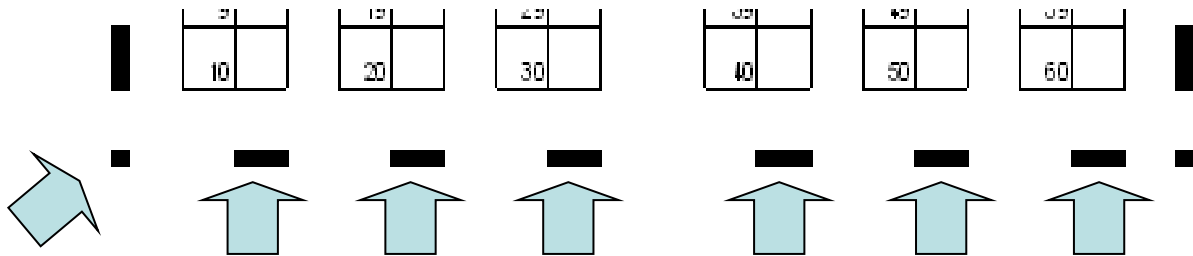
2. Kemudian temukan kotak pertama (10 Jawaban Pertama)
3. Kemudian temukan kotak kedua (10 Jawaban Kedua)
4. $x=x+1$ dan $y=yj$ dalam hal ini nilai x untuk Jawaban Kedua sudah ditemukan dan sudah pada posisi warna putih, begitu juga dengan nilai y .
5. Pada point ini tinggal mengulangi langkah nomor 5 pada "Cropping Jawaban 10 Pertama".

Catatan : Nilai x untuk kotak kedua selalu disimpan di variable.

Langkah-langkah untuk "Cropping Jawaban 10 Ketiga":

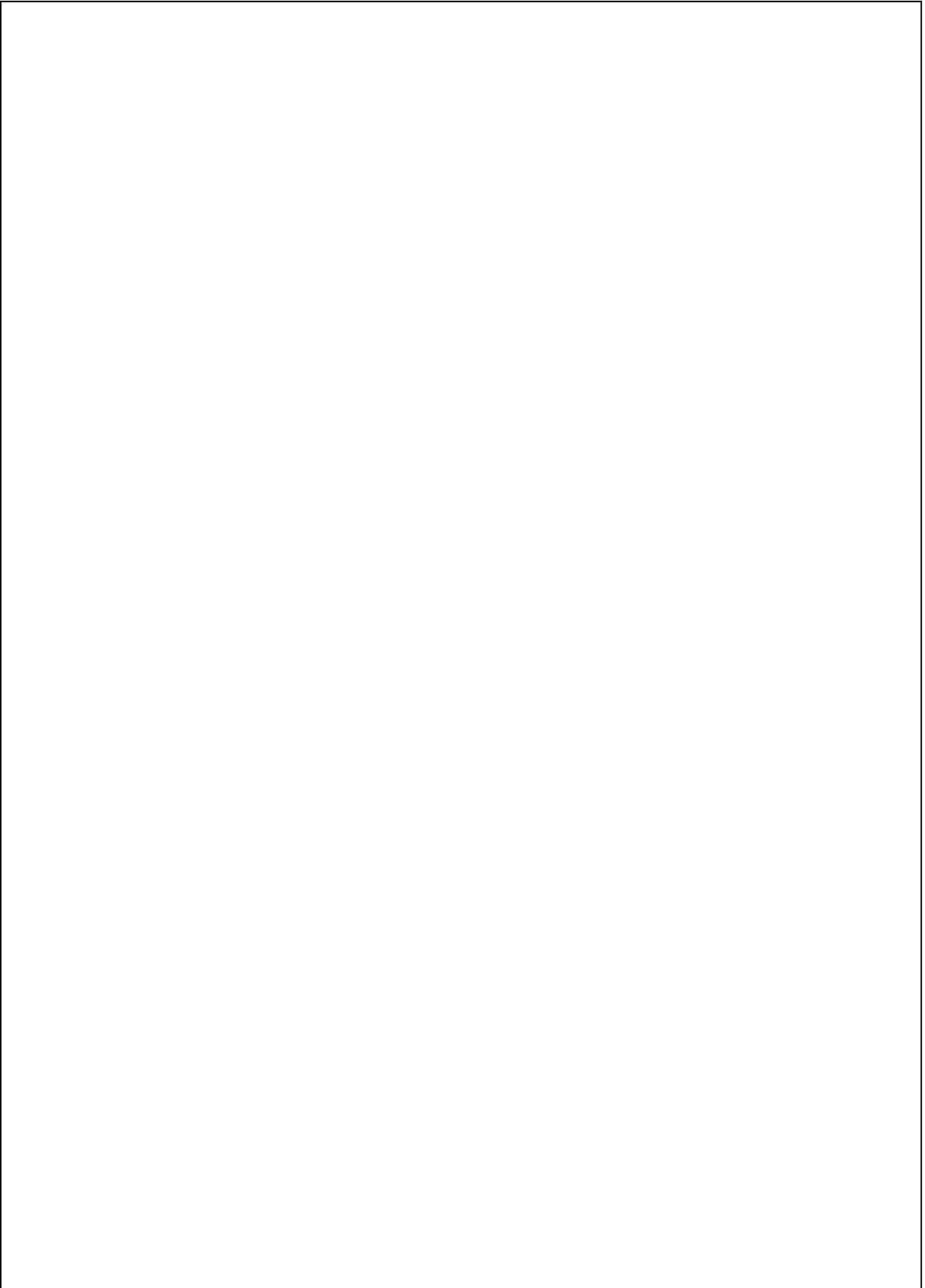
1. Temukan kotak ketiga (10 Jawaban Ketiga)
2. $x=x+1$ dan $y=yj$ dalam hal ini nilai x untuk Jawaban Ketiga sudah ditemukan dan sudah pada posisi warna putih begitu juga dengan nilai y .
3. Pada point ini tinggal menngulangi langkah nomor 5 pada "Cropping Jawaban 10 Pertama".

Begitulah seterusnya.



Program cropping image jawaban adalah sebagai berikut :





```

freevar_y := y;
//Image2.Width := 12;
//Image2.Height := 12;
crop_y1_int := crop_y1_int - 1;

soall := 0;

//while soall < 10 do

Begin
  for y := crop_y1_int to image1.Height do

      end;
    end;
  end;
  xy :
 urut_soal := 0;
for i := 1 to 10 do
  Begin

      filename := 'file_'+inttostr(urut_soal)+'.bmp';
      image3.Picture.SaveToFile(filename);
      end;

//temukan hitam kedua
node := 0;

Begin

```

```
end;

bawah6 :
crop_x1_int := x + 1;
crop_x2_int := crop_x1_int + 18;
freevar_x := x;
freevar_y := y;

for i := 1 to 10 do
  Begin

//temukan hitam ketiga
node := 0;
y := y+2;
freevar_x := x;
freevar_x1 := x;
y := freevar_y;
```

```
        node := 1;
    end
    else if (IntToHex( C, 8 ) = '00000000')and (node = 1)then
    Begin
        //ShowMessage(inttostr(x));
        goto bawah7;
    end;
end;
bawah7 :

end;

//temukan hitam keempat
node := 0;
y := y+2;
freevar_x := x;
freevar_x1 := x;

//ShowMessage(inttostr(x));
```

```

        goto bawah8;
    end;
end;

bawah8 :
crop_x1_int := x + 1;
crop_x2_int := crop_x1_int + 18;
freevar_x := x;
freevar_y := y;

for i := 1 to 10 do
    Begin
        inc(urut_soal);

'+inttostr(crop_y1_int)+' '+inttostr(crop_y2_int);
        //showmessage(a);
        filename := 'file_'+inttostr(urut_soal)+'.bmp';
        image3.Picture.SaveToFile(filename);
    end;

//temukan hitam kelima
    node := 0;

        goto bawah9;
    end;
end;

bawah9:
crop_x1_int := x + 1;

```



```
crop_x2_int := crop_x1_int + 18;  
freevar_x := x;  
freevar_y := y;
```

```
  for i := 1 to 10 do
```

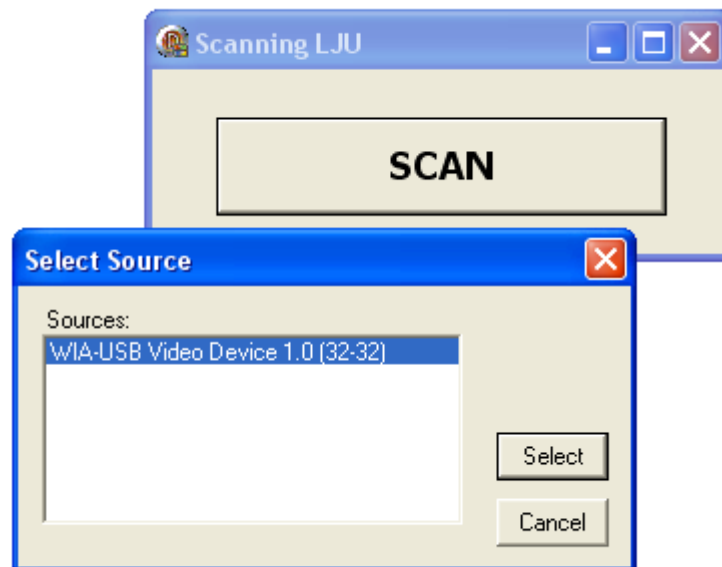
```
//temukan hitam keenam
```



4.4.4. Ujicoba Sistem

4.4.4.1 Ujicoba Sistem Scanning

Sistem scanning telah diujicoba menggunakan LJU disain baru, dan sistem dapat membaca dengan baik. Tampilan aplikasi sistem ini dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 12. Tampilan Aplikasi Sistem Scanning

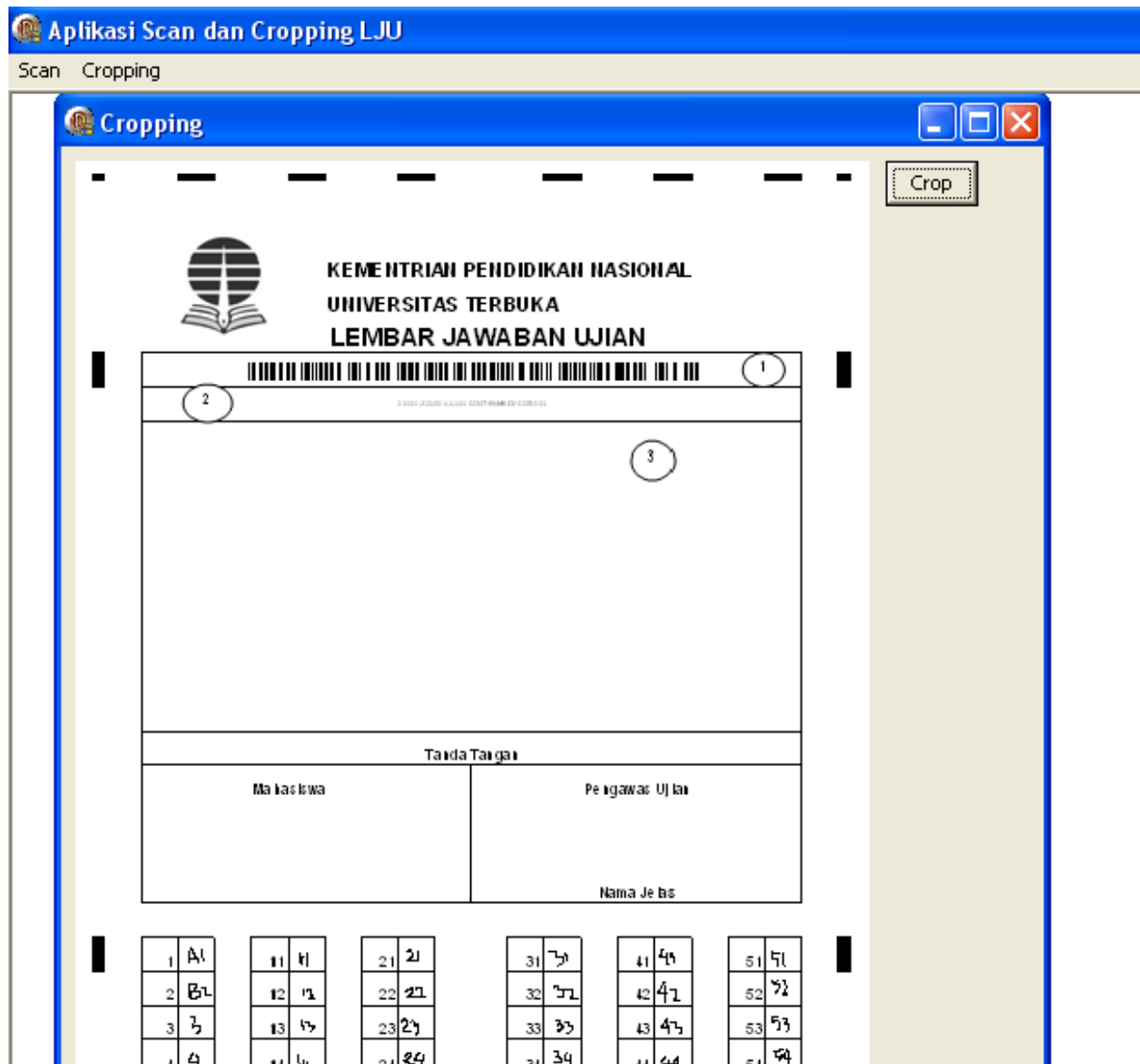
Langkah-langkah untuk menjalankan aplikasi sistem scanning adalah:

1. Klik menu *Scan* ► *Scanning*
2. Kemudian pada window *Scanning LJU* klik tombol *SCAN*

3. Pada window *Select Source* pilih alat scan (scanner) yang terpasang di komputer yang sedang digunakan, kemudian klik tombol *Select*.
4. Dalam beberapa saat scanner akan melakukan scanning LJU yang sudah tersedia atau terpasang pada scanner.

4.4.4.2 Ujicoba Sistem Cropping

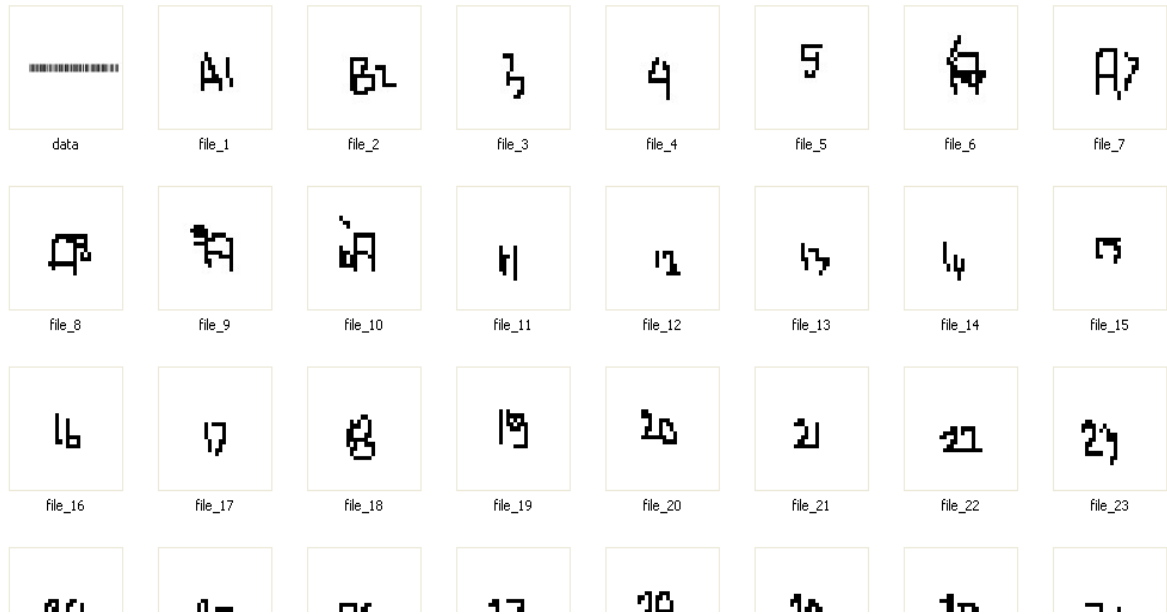
Sistem cropping telah diujicoba menggunakan gambar hasil scan LJU disain baru, dan sistem melakukan cropping dengan baik. Tampilan aplikasi sistem ini dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 13. Tampilan Aplikasi Sistem Cropping

Langkah-langkah untuk menjalankan aplikasi sistem cropping adalah:

1. Klik menu Cropping ► Cropping
2. Lalu pada window Cropping klik tombol Crop.
3. Dalam beberapa saat, diperoleh hasil cropping sebagai berikut :



Gambar 14. Contoh Image Hasil Cropping

Gambar-gambar hasil cropping inilah yang nantinya menjadi input bagi Model JST Sistem Pengenalan Huruf.

BAB V

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

5.1. Kesimpulan

Penelitian ini menghasilkan model sistem pengenalan huruf, model sistem scanning Lembar Jawaban Ujian (LJU), dan model sistem cropping image LJU hasil scanning.

Model sistem pengenalan huruf mempunyai akurasi hingga 92.15 % saat diujikan dengan data training, sedangkan pada saat diujikan dengan menggunakan data testing akurasi mencapai 89.05 %.

Model sistem scanning LJU telah diujicoba dapat mengendalikan mesin scan untuk melakukan scanning pada LJU sehingga diperoleh digital image dari LJU tersebut.

Model sistem cropping telah diujicoba mampu menghasilkan individual image dari LJU hasil scanning. Aplikasi ini memotong atau mengambil gambar digital hasil scanning sehingga didapatkan 1 image barcode (1 barcode berisi identitas mahasiswa: masa, NIM, kode MTK, kode naskah) dan 60 image jawaban.

5.2. Rekomendasi

Berdasarkan kesimpulan tersebut, rekomendasi yang dapat disampaikan adalah:

1. perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk pengembangan sistem pengolahan LJU yang terintegrasi. Sistem ini memiliki fitur antara lain mampu melakukan scanning LJU sehingga didapatkan digital image LJU tersebut, kemudian sistem akan melakukan cropping pada bagian barcode dan jawaban sehingga didapatkan 1 image barcode dan 60 image jawaban, selanjutnya sistem akan mengenali tiap image jawaban tersebut menjadi salah satu huruf yaitu A, B, C, atau D.
2. perlu dilakukan ujicoba terhadap LJU disain baru dan sistem pengolahan LJU. Ujicoba dilaksanakan dua kali, yang pertama diujicobakan kepada 250 orang pegawai UT dengan cara mengisi LJU format baru, kemudian LJU tersebut diolah menggunakan sistem pengolahan LJU yang dikembangkan. Hasilnya akan diolah dan dianalisis untuk melihat konsistensi sistem. Uji coba kedua dilakukan pada pelaksanaan ujian yang bersifat massal.

DAFTAR PUSTAKA

- Duda, Richard O. Hart, Peter E. Stork, David G. 2000. *Pattern Classification*. New York: John Wiley & Son,
- Faaborg, Alexander J. 2002. *Using Neural Networks to Create an Adaptive Character Recognition System*. NY: Ithaca.
- Frey, Peter W., David J. Slate. 1991. Letter Recognition Using Holland-Style Adaptive Classifiers. *Machine Learning* 6 (161-182). Kluwer Academic Publishers Netherlands.
- Han, J. Kamber, M. 2001. *Data Mining: Concept, Model, Methods, and Algorithm*. New Jersey: Wiley-Interscience.
- Kim, Kyoung Min, Joong Jo park, Young Gi Song, In Cheol Kim, and Ching Y. Suen. 2004. Recognition of Handwritten Numerals using a Combined Classifier with Hybrid Features. *SSPR&SPR 2004, LNCS 3138, pp. 992-1000*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Kusumadewi, S. 2004. *Membangun Jaringan Saraf Tiruan (Menggunakan Matlab dan Excel Link)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kusumoputro, B., Philipus, E., Widyanto, M. Rahmat. 2000. *Pengenalan Karakter Tulisan Tangan Menggunakan Logika Fuzzy dan Jaringan Syaraf Tiruan*. Seminar on Air - PPI Tokyo Institute of Technology 1999-2000 No.1 hal. 34-38.
- Nugraha, A.P. dan Mutiara, A.B. 2003. *Metode Ekstraksi Data untuk Pengenalan karakter dan Angka Tulisan Tangan dengan Menggunakan Jaringan Syaraf Buatan Propagasi Balik*. Universitas Gunadharma.
- Salameh, Walid A. and Otair, Mohammed A. 2004. *Online Handwritten Character Recognition Using an Optical Backpropagation Neural Network*.
- Yao, J.T. 2003. *Sensitivity Analysis for Data Mining*. Proceeding of 22nd International Conference of North American Fuzzy Information Processing Society - NAFIPS. Chicago, Illinois. 24 – 26 Juli 2003, halaman 420 – 425.

LAMPIRAN 1

Hasil Running Proses Pelatihan dengan Epoch 100000

TRAINRP, Epoch 0/100000, MSE 5.30608/0.001, Gradient 13.1021/1e-006
TRAINRP, Epoch 500/100000, MSE 0.21549/0.001, Gradient 0.020806/1e-006
TRAINRP, Epoch 1000/100000, MSE 0.190308/0.001, Gradient 0.0148442/1e-006
TRAINRP, Epoch 1500/100000, MSE 0.176318/0.001, Gradient 0.013404/1e-006
TRAINRP, Epoch 2000/100000, MSE 0.167978/0.001, Gradient 0.00788261/1e-006
TRAINRP, Epoch 2500/100000, MSE 0.162426/0.001, Gradient 0.00661503/1e-006
TRAINRP, Epoch 3000/100000, MSE 0.158632/0.001, Gradient 0.00584582/1e-006
TRAINRP, Epoch 3500/100000, MSE 0.156005/0.001, Gradient 0.00916107/1e-006
TRAINRP, Epoch 4000/100000, MSE 0.154042/0.001, Gradient 0.00493623/1e-006
TRAINRP, Epoch 4500/100000, MSE 0.152303/0.001, Gradient 0.00506654/1e-006
TRAINRP, Epoch 5000/100000, MSE 0.150675/0.001, Gradient 0.00518527/1e-006
TRAINRP, Epoch 5500/100000, MSE 0.149129/0.001, Gradient 0.00500125/1e-006
TRAINRP, Epoch 6000/100000, MSE 0.147962/0.001, Gradient 0.00526719/1e-006
TRAINRP, Epoch 6500/100000, MSE 0.146967/0.001, Gradient 0.00520696/1e-006
TRAINRP, Epoch 7000/100000, MSE 0.145845/0.001, Gradient 0.00397643/1e-006
TRAINRP, Epoch 7500/100000, MSE 0.144821/0.001, Gradient 0.00349978/1e-006
TRAINRP, Epoch 8000/100000, MSE 0.144074/0.001, Gradient 0.00416291/1e-006
TRAINRP, Epoch 8500/100000, MSE 0.143404/0.001, Gradient 0.00383244/1e-006
TRAINRP, Epoch 9000/100000, MSE 0.142895/0.001, Gradient 0.00330073/1e-006
TRAINRP, Epoch 9500/100000, MSE 0.142422/0.001, Gradient 0.00538565/1e-006
TRAINRP, Epoch 10000/100000, MSE 0.142009/0.001, Gradient 0.00292569/1e-006
TRAINRP, Epoch 10500/100000, MSE 0.141596/0.001, Gradient 0.00301203/1e-006
TRAINRP, Epoch 11000/100000, MSE 0.141217/0.001, Gradient 0.00270139/1e-006
TRAINRP, Epoch 11500/100000, MSE 0.140892/0.001, Gradient 0.00364468/1e-006
TRAINRP, Epoch 12000/100000, MSE 0.140532/0.001, Gradient 0.00245084/1e-006
TRAINRP, Epoch 12500/100000, MSE 0.140255/0.001, Gradient 0.0024276/1e-006
TRAINRP, Epoch 13000/100000, MSE 0.139971/0.001, Gradient 0.00234673/1e-006
TRAINRP, Epoch 13500/100000, MSE 0.139686/0.001, Gradient 0.00199261/1e-006
TRAINRP, Epoch 14000/100000, MSE 0.139426/0.001, Gradient 0.00204451/1e-006
TRAINRP, Epoch 14500/100000, MSE 0.139159/0.001, Gradient 0.00220527/1e-006
TRAINRP, Epoch 15000/100000, MSE 0.138855/0.001, Gradient 0.00250707/1e-006
TRAINRP, Epoch 15500/100000, MSE 0.13857/0.001, Gradient 0.00336644/1e-006
TRAINRP, Epoch 16000/100000, MSE 0.138289/0.001, Gradient 0.0020238/1e-006
TRAINRP, Epoch 16500/100000, MSE 0.138046/0.001, Gradient 0.00203731/1e-006
TRAINRP, Epoch 17000/100000, MSE 0.137815/0.001, Gradient 0.00202594/1e-006
TRAINRP, Epoch 17500/100000, MSE 0.137602/0.001, Gradient 0.00216006/1e-006
TRAINRP, Epoch 18000/100000, MSE 0.13738/0.001, Gradient 0.00289233/1e-006
TRAINRP, Epoch 18500/100000, MSE 0.137101/0.001, Gradient 0.00300272/1e-006
TRAINRP, Epoch 19000/100000, MSE 0.13678/0.001, Gradient 0.00233955/1e-006
TRAINRP, Epoch 19500/100000, MSE 0.13644/0.001, Gradient 0.00310496/1e-006
TRAINRP, Epoch 20000/100000, MSE 0.135878/0.001, Gradient 0.00244124/1e-006
TRAINRP, Epoch 20500/100000, MSE 0.135411/0.001, Gradient 0.00284168/1e-006
TRAINRP, Epoch 21000/100000, MSE 0.134936/0.001, Gradient 0.0045736/1e-006
TRAINRP, Epoch 21500/100000, MSE 0.13454/0.001, Gradient 0.00288809/1e-006
TRAINRP, Epoch 22000/100000, MSE 0.134159/0.001, Gradient 0.00286549/1e-006
TRAINRP, Epoch 22500/100000, MSE 0.133932/0.001, Gradient 0.0024904/1e-006
TRAINRP, Epoch 23000/100000, MSE 0.133743/0.001, Gradient 0.00282212/1e-006

TRAINRP, Epoch 23500/100000, MSE 0.133559/0.001, Gradient 0.00243644/1e-006
TRAINRP, Epoch 24000/100000, MSE 0.133381/0.001, Gradient 0.00239134/1e-006
TRAINRP, Epoch 24500/100000, MSE 0.133204/0.001, Gradient 0.00306215/1e-006
TRAINRP, Epoch 25000/100000, MSE 0.13305/0.001, Gradient 0.00260623/1e-006
TRAINRP, Epoch 25500/100000, MSE 0.132879/0.001, Gradient 0.00349604/1e-006
TRAINRP, Epoch 26000/100000, MSE 0.132728/0.001, Gradient 0.00265242/1e-006
TRAINRP, Epoch 26500/100000, MSE 0.132579/0.001, Gradient 0.0028779/1e-006
TRAINRP, Epoch 27000/100000, MSE 0.132438/0.001, Gradient 0.0028473/1e-006
TRAINRP, Epoch 27500/100000, MSE 0.132306/0.001, Gradient 0.00299097/1e-006
TRAINRP, Epoch 28000/100000, MSE 0.132184/0.001, Gradient 0.0028413/1e-006
TRAINRP, Epoch 28500/100000, MSE 0.132061/0.001, Gradient 0.00263455/1e-006
TRAINRP, Epoch 29000/100000, MSE 0.131953/0.001, Gradient 0.00276888/1e-006
TRAINRP, Epoch 29500/100000, MSE 0.131854/0.001, Gradient 0.00274285/1e-006
TRAINRP, Epoch 30000/100000, MSE 0.131762/0.001, Gradient 0.00266542/1e-006
TRAINRP, Epoch 30500/100000, MSE 0.131672/0.001, Gradient 0.00275277/1e-006
TRAINRP, Epoch 31000/100000, MSE 0.131587/0.001, Gradient 0.004973/1e-006
TRAINRP, Epoch 31500/100000, MSE 0.131507/0.001, Gradient 0.00267682/1e-006
TRAINRP, Epoch 32000/100000, MSE 0.131435/0.001, Gradient 0.00278714/1e-006
TRAINRP, Epoch 32500/100000, MSE 0.131364/0.001, Gradient 0.00273739/1e-006
TRAINRP, Epoch 33000/100000, MSE 0.13129/0.001, Gradient 0.00504344/1e-006
TRAINRP, Epoch 33500/100000, MSE 0.131227/0.001, Gradient 0.00287732/1e-006
TRAINRP, Epoch 34000/100000, MSE 0.131165/0.001, Gradient 0.00269759/1e-006
TRAINRP, Epoch 34500/100000, MSE 0.131106/0.001, Gradient 0.00295096/1e-006
TRAINRP, Epoch 35000/100000, MSE 0.131052/0.001, Gradient 0.00284387/1e-006
TRAINRP, Epoch 36000/100000, MSE 0.130956/0.001, Gradient 0.00270238/1e-006
TRAINRP, Epoch 36500/100000, MSE 0.130914/0.001, Gradient 0.00274353/1e-006
TRAINRP, Epoch 37000/100000, MSE 0.130878/0.001, Gradient 0.00265626/1e-006
TRAINRP, Epoch 37500/100000, MSE 0.130841/0.001, Gradient 0.00273385/1e-006
TRAINRP, Epoch 38000/100000, MSE 0.130804/0.001, Gradient 0.00274459/1e-006
TRAINRP, Epoch 38500/100000, MSE 0.130771/0.001, Gradient 0.00280379/1e-006
TRAINRP, Epoch 39000/100000, MSE 0.130742/0.001, Gradient 0.00274516/1e-006
TRAINRP, Epoch 39500/100000, MSE 0.130713/0.001, Gradient 0.00281824/1e-006
TRAINRP, Epoch 40000/100000, MSE 0.130687/0.001, Gradient 0.00274075/1e-006
TRAINRP, Epoch 40500/100000, MSE 0.130663/0.001, Gradient 0.00279756/1e-006
TRAINRP, Epoch 41000/100000, MSE 0.130641/0.001, Gradient 0.00280963/1e-006
TRAINRP, Epoch 41500/100000, MSE 0.13062/0.001, Gradient 0.00283295/1e-006
TRAINRP, Epoch 42000/100000, MSE 0.130601/0.001, Gradient 0.00278302/1e-006
TRAINRP, Epoch 42500/100000, MSE 0.130583/0.001, Gradient 0.00281587/1e-006
TRAINRP, Epoch 43000/100000, MSE 0.130566/0.001, Gradient 0.00282641/1e-006
TRAINRP, Epoch 43500/100000, MSE 0.130549/0.001, Gradient 0.00279921/1e-006
TRAINRP, Epoch 44000/100000, MSE 0.130535/0.001, Gradient 0.00281838/1e-006
TRAINRP, Epoch 44500/100000, MSE 0.130521/0.001, Gradient 0.00282568/1e-006
TRAINRP, Epoch 45000/100000, MSE 0.130507/0.001, Gradient 0.0028535/1e-006
TRAINRP, Epoch 45500/100000, MSE 0.130496/0.001, Gradient 0.0028331/1e-006
TRAINRP, Epoch 46000/100000, MSE 0.130483/0.001, Gradient 0.00287662/1e-006
TRAINRP, Epoch 46500/100000, MSE 0.130472/0.001, Gradient 0.00288204/1e-006
TRAINRP, Epoch 47000/100000, MSE 0.13046/0.001, Gradient 0.00287894/1e-006
TRAINRP, Epoch 47500/100000, MSE 0.13045/0.001, Gradient 0.00289334/1e-006
TRAINRP, Epoch 48000/100000, MSE 0.13044/0.001, Gradient 0.00291003/1e-006
TRAINRP, Epoch 48500/100000, MSE 0.13043/0.001, Gradient 0.00289542/1e-006
TRAINRP, Epoch 49000/100000, MSE 0.130421/0.001, Gradient 0.00290654/1e-006

TRAINRP, Epoch 49500/100000, MSE 0.130411/0.001, Gradient 0.00290305/1e-006
TRAINRP, Epoch 50000/100000, MSE 0.130403/0.001, Gradient 0.00291603/1e-006
TRAINRP, Epoch 50500/100000, MSE 0.130394/0.001, Gradient 0.00299632/1e-006
TRAINRP, Epoch 51000/100000, MSE 0.130386/0.001, Gradient 0.00293413/1e-006
TRAINRP, Epoch 52000/100000, MSE 0.13037/0.001, Gradient 0.00291634/1e-006
TRAINRP, Epoch 53000/100000, MSE 0.130354/0.001, Gradient 0.0029314/1e-006
TRAINRP, Epoch 53500/100000, MSE 0.130346/0.001, Gradient 0.00293852/1e-006
TRAINRP, Epoch 54000/100000, MSE 0.130339/0.001, Gradient 0.00292889/1e-006
TRAINRP, Epoch 55000/100000, MSE 0.130324/0.001, Gradient 0.00296473/1e-006
TRAINRP, Epoch 55500/100000, MSE 0.130317/0.001, Gradient 0.00296813/1e-006
TRAINRP, Epoch 56000/100000, MSE 0.13031/0.001, Gradient 0.0029971/1e-006
TRAINRP, Epoch 56500/100000, MSE 0.130303/0.001, Gradient 0.00297181/1e-006
TRAINRP, Epoch 57000/100000, MSE 0.130296/0.001, Gradient 0.00297369/1e-006
TRAINRP, Epoch 57500/100000, MSE 0.13029/0.001, Gradient 0.00296897/1e-006
TRAINRP, Epoch 58000/100000, MSE 0.130284/0.001, Gradient 0.00299408/1e-006
TRAINRP, Epoch 58500/100000, MSE 0.130278/0.001, Gradient 0.0030078/1e-006
TRAINRP, Epoch 59000/100000, MSE 0.130272/0.001, Gradient 0.00300127/1e-006
TRAINRP, Epoch 59500/100000, MSE 0.130266/0.001, Gradient 0.00300993/1e-006
TRAINRP, Epoch 60000/100000, MSE 0.13026/0.001, Gradient 0.00301226/1e-006
TRAINRP, Epoch 60500/100000, MSE 0.130255/0.001, Gradient 0.00303203/1e-006
TRAINRP, Epoch 61000/100000, MSE 0.13025/0.001, Gradient 0.00304034/1e-006
TRAINRP, Epoch 61500/100000, MSE 0.130245/0.001, Gradient 0.00301665/1e-006
TRAINRP, Epoch 62000/100000, MSE 0.13024/0.001, Gradient 0.00302965/1e-006
TRAINRP, Epoch 62500/100000, MSE 0.130235/0.001, Gradient 0.00303064/1e-006
TRAINRP, Epoch 63000/100000, MSE 0.130231/0.001, Gradient 0.00303716/1e-006
TRAINRP, Epoch 63500/100000, MSE 0.130226/0.001, Gradient 0.00305165/1e-006
TRAINRP, Epoch 64000/100000, MSE 0.130222/0.001, Gradient 0.00305045/1e-006
TRAINRP, Epoch 64500/100000, MSE 0.130218/0.001, Gradient 0.00306105/1e-006
TRAINRP, Epoch 65000/100000, MSE 0.130213/0.001, Gradient 0.00305683/1e-006
TRAINRP, Epoch 65500/100000, MSE 0.130209/0.001, Gradient 0.00306761/1e-006
TRAINRP, Epoch 66000/100000, MSE 0.130205/0.001, Gradient 0.00307643/1e-006
TRAINRP, Epoch 66500/100000, MSE 0.130202/0.001, Gradient 0.00308852/1e-006
TRAINRP, Epoch 67000/100000, MSE 0.130198/0.001, Gradient 0.00309839/1e-006
TRAINRP, Epoch 67500/100000, MSE 0.130195/0.001, Gradient 0.00309325/1e-006
TRAINRP, Epoch 68000/100000, MSE 0.130191/0.001, Gradient 0.00310555/1e-006
TRAINRP, Epoch 68500/100000, MSE 0.130188/0.001, Gradient 0.00312852/1e-006
TRAINRP, Epoch 69000/100000, MSE 0.130184/0.001, Gradient 0.00310713/1e-006
TRAINRP, Epoch 69500/100000, MSE 0.130181/0.001, Gradient 0.0031082/1e-006
TRAINRP, Epoch 70000/100000, MSE 0.130178/0.001, Gradient 0.00312548/1e-006
TRAINRP, Epoch 70500/100000, MSE 0.130176/0.001, Gradient 0.00313335/1e-006
TRAINRP, Epoch 71000/100000, MSE 0.130173/0.001, Gradient 0.00313585/1e-006
TRAINRP, Epoch 71500/100000, MSE 0.13017/0.001, Gradient 0.0031393/1e-006
TRAINRP, Epoch 72000/100000, MSE 0.130167/0.001, Gradient 0.00314876/1e-006
TRAINRP, Epoch 72500/100000, MSE 0.130164/0.001, Gradient 0.00315861/1e-006
TRAINRP, Epoch 73000/100000, MSE 0.130162/0.001, Gradient 0.00316904/1e-006
TRAINRP, Epoch 73500/100000, MSE 0.130159/0.001, Gradient 0.00316495/1e-006
TRAINRP, Epoch 74000/100000, MSE 0.130157/0.001, Gradient 0.00317803/1e-006
TRAINRP, Epoch 75000/100000, MSE 0.130152/0.001, Gradient 0.00318305/1e-006
TRAINRP, Epoch 76000/100000, MSE 0.130147/0.001, Gradient 0.00319628/1e-006
TRAINRP, Epoch 77000/100000, MSE 0.130142/0.001, Gradient 0.00321136/1e-006
TRAINRP, Epoch 78000/100000, MSE 0.130138/0.001, Gradient 0.00321646/1e-006

TRAINRP, Epoch 79000/100000, MSE 0.130134/0.001, Gradient 0.0032292/1e-006
TRAINRP, Epoch 80000/100000, MSE 0.13013/0.001, Gradient 0.00324041/1e-006
TRAINRP, Epoch 81000/100000, MSE 0.130126/0.001, Gradient 0.00324048/1e-006
TRAINRP, Epoch 82000/100000, MSE 0.130122/0.001, Gradient 0.00325069/1e-006
TRAINRP, Epoch 83000/100000, MSE 0.130118/0.001, Gradient 0.00325708/1e-006
TRAINRP, Epoch 84000/100000, MSE 0.130115/0.001, Gradient 0.00326839/1e-006
TRAINRP, Epoch 85000/100000, MSE 0.130112/0.001, Gradient 0.00328114/1e-006
TRAINRP, Epoch 86000/100000, MSE 0.130108/0.001, Gradient 0.00328485/1e-006
TRAINRP, Epoch 87000/100000, MSE 0.130105/0.001, Gradient 0.00329063/1e-006
TRAINRP, Epoch 88000/100000, MSE 0.130102/0.001, Gradient 0.00329948/1e-006
TRAINRP, Epoch 89000/100000, MSE 0.130099/0.001, Gradient 0.00330563/1e-006
TRAINRP, Epoch 90000/100000, MSE 0.130096/0.001, Gradient 0.00331398/1e-006
TRAINRP, Epoch 91000/100000, MSE 0.130093/0.001, Gradient 0.00332079/1e-006
TRAINRP, Epoch 92000/100000, MSE 0.13009/0.001, Gradient 0.00333089/1e-006
TRAINRP, Epoch 93000/100000, MSE 0.130087/0.001, Gradient 0.00333261/1e-006
TRAINRP, Epoch 94000/100000, MSE 0.130084/0.001, Gradient 0.00333816/1e-006
TRAINRP, Epoch 95000/100000, MSE 0.130081/0.001, Gradient 0.00334388/1e-006
TRAINRP, Epoch 96000/100000, MSE 0.130078/0.001, Gradient 0.00335304/1e-006
TRAINRP, Epoch 97000/100000, MSE 0.130076/0.001, Gradient 0.00335725/1e-006
TRAINRP, Epoch 98000/100000, MSE 0.130073/0.001, Gradient 0.00336278/1e-006
TRAINRP, Epoch 99000/100000, MSE 0.13007/0.001, Gradient 0.00337115/1e-006
TRAINRP, Epoch 99500/100000, MSE 0.130069/0.001, Gradient 0.00337395/1e-006
TRAINRP, Epoch 99525/100000, MSE 0.130069/0.001, Gradient 0.00337231/1e-006
TRAINRP, Epoch 99550/100000, MSE 0.130069/0.001, Gradient 0.0033738/1e-006
TRAINRP, Epoch 99575/100000, MSE 0.130069/0.001, Gradient 0.00337195/1e-006
TRAINRP, Epoch 99600/100000, MSE 0.130069/0.001, Gradient 0.00337176/1e-006
TRAINRP, Epoch 99625/100000, MSE 0.130069/0.001, Gradient 0.00337517/1e-006
TRAINRP, Epoch 99650/100000, MSE 0.130069/0.001, Gradient 0.00337543/1e-006
TRAINRP, Epoch 99675/100000, MSE 0.130069/0.001, Gradient 0.0033709/1e-006
TRAINRP, Epoch 99700/100000, MSE 0.130069/0.001, Gradient 0.00337475/1e-006
TRAINRP, Epoch 99725/100000, MSE 0.130069/0.001, Gradient 0.00337507/1e-006
TRAINRP, Epoch 99750/100000, MSE 0.130068/0.001, Gradient 0.00337405/1e-006
TRAINRP, Epoch 99775/100000, MSE 0.130068/0.001, Gradient 0.00337321/1e-006
TRAINRP, Epoch 99800/100000, MSE 0.130068/0.001, Gradient 0.00337154/1e-006
TRAINRP, Epoch 99825/100000, MSE 0.130068/0.001, Gradient 0.00337337/1e-006
TRAINRP, Epoch 99850/100000, MSE 0.130068/0.001, Gradient 0.00337303/1e-006
TRAINRP, Epoch 99875/100000, MSE 0.130068/0.001, Gradient 0.00337306/1e-006
TRAINRP, Epoch 99900/100000, MSE 0.130068/0.001, Gradient 0.00336917/1e-006
TRAINRP, Epoch 99925/100000, MSE 0.130068/0.001, Gradient 0.00337082/1e-006
TRAINRP, Epoch 99950/100000, MSE 0.130068/0.001, Gradient 0.00337051/1e-006
TRAINRP, Epoch 99975/100000, MSE 0.130068/0.001, Gradient 0.00337062/1e-006
TRAINRP, Epoch 100000/100000, MSE 0.130068/0.001, Gradient 0.00337057/1e-006
TRAINRP, Maximum epoch reached, performance goal was not met.

elapsed_time = 5.7001e+003