

ISBN: 978-979-1088-61-9

PROSIDING SEMINAR NASIONAL *Sains dan Teknologi* Universitas Sanata Dharma 28 Oktober 2010

Pemanfaatan Informasi
Menuju Masyarakat Bermartabat



Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Sanata Dharma
Yogyakarta



Jurnal Teknologi
MediaTeknika



Jurnal Sains dan Teknologi
SIGMA

SEMINAR NASIONAL SAINS DAN TEKNOLOGI 2010
Pemanfaatan Informasi Menuju Masyarakat Bermartabat

28 Oktober 2010, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta

Mitra Bestari : Prof. Dr. Ir. Imam Robandi, M.T. (ITS)
Prof. Dr. Tjokorde Gde Tirta Nindhia, S.T., M.T. (UNUD)
Ir. Kridanto Surendro, M.Sc., Ph.D (ITB)
Dr. Melania S. Muntini, M.T. (ITS)

Editor : I Gusti Ketut Puja, S.T., M.T.
Iwan Binanto, M.Cs.
A. Prasetyadi, S.Si., M.Si.

Desain Cover : Iwan Binanto, M.Cs.
ISBN : 978-979-1088-61-9

Hak cipta © pada Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
SISTEM OTOMASI RUMAH: PEMANTAU KEAMANAN RUMAH MENGGUNAKAN SMS.....	1
<i>Asri Anggarini, Damar Widjaja</i>	<i>1</i>
SISTEM OTOMASI RUMAH: PENGENDALI DAN PEMANTAU BEDA INTENSITAS LAMPU PENERANGAN MENGGUNAKAN SMS	7
<i>Roy Kurniawan, Damar Widjaja.....</i>	<i>7</i>
SISTEM OTOMASI RUMAH: PENGENDALI PERANGKAT PENDINGIN DAN PEMANTAU SUHU RUANGAN MENGGUNAKAN LAYANAN SMS.....	13
<i>Vicimus Bonafide, Damar Widjaja</i>	<i>13</i>
PEMANTAU LEVEL KETINGGIAN BBM GENERAOR OTOMATIS PADA BASE TRANSCIEVER STATION MENGGUNAKAN SMS	19
<i>Albertus Datu Setyowidi, Damar Widjaja</i>	<i>19</i>
SISTEM PENGENDALI PERALATAN RUMAH MENGGUNAKAN WEB	25
<i>Marvin Chandra Wijaya, Semuil Tjiharjadi</i>	<i>25</i>
PEMANTAUAN KONSUMSI DAYA LISTRIK DI RUMAH TANGGA SECARA ON-LINE MENGGUNAKAN PACHUBE DAN TWITTER.....	30
<i>Dian Artanto.....</i>	<i>30</i>
MEDIA INTERAKTIF DENGAN SENSOR ELEKTRONIK	34
<i>Pippie Arbiyanti, Dian Artanto</i>	<i>34</i>
PENGARUH KOREKSI KETEBALAN HURUF PADA PENGENALAN HURUF TULISAN TANGAN BERBASIS EKSTRAKSI CIRI PENGABURAN DAN PERATAAN BLOK YANG MENGGUNAKAN TAPIS GAUSSIAN 2D	37
<i>Linggo Sumarno</i>	<i>37</i>
PENGUKUR KUAT MEDAN ELEKTROMAGNETIK UNTUK SISTEM PEMETAAN DAN PENGAWASAN FREKUENSI RADIO FM BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS.....	43
<i>Ari Wibowo , A. Bayu Primawan</i>	<i>43</i>
PENGENALAN POLA BATIK YOGYAKARTA MENGGUNAKAN METODE HIDDEN MARKOV MODELS	48
<i>Aprina Sulistia Melantika, Anastasia Rita Widiari</i>	<i>48</i>
SISTEM PENDUKUNG PENGAMBILAN KEPUTUSAN PENENTUAN JENIS KREDIT UNTUK NASABAH BANK PERKREDITAN RAKYAT MENGGUNAKAN METODE TABEL KEPUTUSAN DAN SIMPLE MULTI ATTRIBUTE RATING TECHNIQUE	53
<i>Ignasius Hans Veda K., P. H. Prima Rosa</i>	<i>53</i>

APLIKASI MULTIMEDIA KEBUDAYAAN INDONESIA	59
<i>Iwan Rijayana, Ricky Romanzah</i>	<i>59</i>
DETEKSI DERAU ISYARAT EKG DENGAN METODE ANALISA JUMLAH GELOMBANG.....	64
<i>Bernardinus Sri Widodo</i>	<i>64</i>
PENGGUNAAN ALGORITMA DECISION TREE PADA PENGKLASIFIKASIAN HALAMAN SITUS.....	67
<i>Victor Hariadi, Aris Sofan Luthfianto</i>	<i>67</i>
PENGGUNAAN RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION UNTUK SISTEM AKSES WAHANA REKREASI ...	74
<i>Semuil Tjiharjadi, Marvin Chandra Wijaya</i>	<i>74</i>
OPTIMASI PENJADWALAN PROSES PRODUKSI KERAJINAN KULIT IKAN PARI MENGGUNAKAN ALGORITMA PERT(PROJECT EVALUATION AND REVIEW TECHNIQUE)	80
<i>Beta Yoga Iwan Santoso, Eko Hari Parmadi</i>	<i>80</i>
A SIMULATED ANNEALING BASED APPROACH FOR FINDING FEASIBLE EDUCATIONAL TIMETABLES	87
<i>Mauritsius Tuga, Adri Gabriel Sooi, Donatus J. Manehat, Regina Berretta</i>	<i>87</i>
SIMULASI ESTIMASI SUDUT AZIMUT DAN ELEVASI ROKET BERDASARKAN POLA RADIASI 2D ANTENA CROSS YAGI-UDA	99
<i>Satria Gunawan Zain, Sri Kliwati, Ilham Thaief</i>	<i>99</i>
PENGELOLAAN TEKNOLOGI INFORMASI YANG RAMAH LINGKUNGAN MEMBENTUK TATA KEHIDUPAN MANUSIA YANG BERMARTABAT	104
<i>Muh. Rozahi Istambul</i>	<i>104</i>
AKUISISI DATA INTERFEROMETER MICHELSON UNTUK DIGUNAKAN PENGUKURAN REGANGAN PADA ALAT UKUR UJI TARIK	109
<i>Ronny Dwi Agusulistyo, Martanto, Sri Agustini Sulandari.....</i>	<i>109</i>
UNJUK KERJA ALAT PENDINGIN ABSORBSI AMONIA-AIR PADA BEBERAPA BENTUK KONSTRUKSI GENERATOR	115
<i>FA Rusdi Sambada, I Gusti Ketut Puja.....</i>	<i>115</i>
PENGARUH ANNEALING TERHADAP SPEKTROSKOPI IMPEDANSI BARIUM STRONTIUM TITANATE	120
<i>Dwi Nugraheni Rositawati, Djoko Triyono.....</i>	<i>120</i>
PEMODELAN POMPA AIR SENTRIFUGAL KECEPATAN RENDAH SEDERHANA	124
<i>YB. Lukiyanto, Yuka Pradipta, Veri Tri Sutrisno, YB. Dwi Krisnanto.....</i>	<i>124</i>

PENGARUH KOREKSI KETEBALAN HURUF PADA PENGENALAN HURUF TULISAN TANGAN BERBASIS EKSTRAKSI CIRI PENGABURAN DAN PERATAAN BLOK YANG MENGGUNAKAN TAPIS GAUSSIAN 2D

Linggo Sumarno

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi,
Universitas Sanata Dharma
Yogyakarta, Indonesia
e-mail: lingsum@staff.usd.ac.id

Abstract— In the field of handwritten character recognition, feature extraction has an important role, especially in reducing the amount of data to be processed. Blurring and block averaging by using 2D Gaussian filter is one of feature extraction that can be used in reducing the amount of data. Based on the experiment, it was shown that the stroke width correction of a character influence the performance of a feature extraction. For a 48x48 pixels character in a 64x64 pixels template, the optimal stroke width correction can be obtained by using a dilation morphological operation which make use of 3x3 square structure element. As a note, before a dilation morphological operation conducted, a thinning morphological operation must be conducted first.

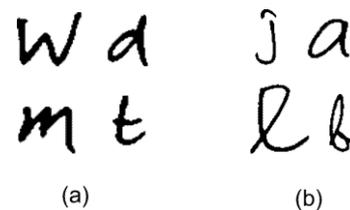
Keywords: stroke width correction, handwritten character recognition, feature extraction, blurring and averaging, 2D Gaussian filter

I. PENDAHULUAN

Ekstraksi ciri suatu citra mempunyai peranan penting dalam sistem pengenalan huruf. Dalam kasus yang paling sederhana, citra aras-keabuan (*graylevel*) atau pun biner dapat dimasukkan dalam sistem pengenalan. Akan tetapi, dalam kebanyakan sistem pengenalan, untuk menghindari kompleksitas ekstra dan untuk meningkatkan akurasi algoritma, diperlukan adanya representasi citra yang lebih kompak [1]. Untuk mendapatkan representasi yang lebih kompak ini, maka diekstraklah sehimpunan ciri dari suatu citra.

Suatu pendekatan untuk mendapatkan representasi yang kompak adalah dengan pendekatan multiresolusi. Salah satu metode dalam pendekatan multiresolusi ini dilakukan dengan pengaburan (*blurring*) dan perataan blok (*block averaging*), sebagaimana diidekan oleh Ethem [2] (namun demikian, Ethem tidak merumuskan bagaimana perataan blok tersebut dilakukan). Ide dari pendekatan ini selanjutnya dieksplorasi oleh Sumarno [9].

Pada penulisan huruf tulisan tangan, terdapat suatu variasi yang disebut ketebalan tulisan. Ketebalan ini terkait dengan seberapa kuat penekanan pena saat digunakan untuk menulis. Bila pena ditekan dengan kuat akan diperoleh tulisan yang tebal, sedangkan bila kurang kuat ditekan akan diperoleh tulisan yang tipis. Gambar 1 memperlihatkan contoh variasi ketebalan dalam huruf tulisan tangan.



Gambar 1. Contoh variasi ketebalan dalam huruf tulisan-tangan. Penulisan huruf pada (a) cenderung lebih tebal dari (b).

Dalam tulisan ini akan dieksplorasi pengaruh koreksi ketebalan huruf terhadap kinerja ekstraksi ciri pengaburan dan perataan blok yang menggunakan tapis Gaussian 2D. Dalam hal ini, kinerja ekstraksi ciri berkaitan dengan kinerja tingkat pengenalan huruf pada suatu sistem pengenalan huruf tulisan tangan.

II. LANDASAN TEORI

II.1. Ekstraksi ciri pengaburan dan perataan blok

Ekstraksi ciri citra bertujuan untuk mendapatkan representasi yang lebih kompak atas citra tersebut. Karena jumlah parameter representasi ciri citra pada hakekatnya tidak banyak, maka jumlah data citra sebenarnya sangat berlebihan. Suatu cara yang sederhana untuk mendapatkan representasi yang tidak banyak tersebut (yang kompak) adalah dengan pengaburan dan perataan blok. Sumarno [9] menggunakan tapis Gaussian 2D untuk keperluan pengaburan dan blok-blok partisi berukuran 8x8 piksel untuk mempartisi citra 64x64 piksel yang akan diekstrak cirinya. Gambar 2 memperlihatkan contoh pengaburan dan perataan blok tersebut.

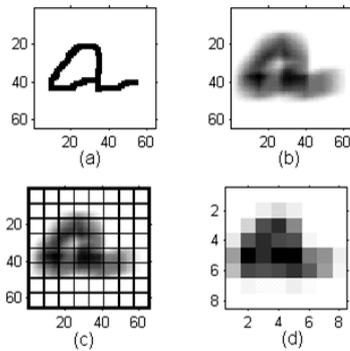
Tapis Gaussian 2D yang digunakan untuk keperluan pengaburan di atas, dirumuskan sebagai berikut [10].

$$h(x, y) = \frac{e^{-(x^2+y^2)/2\sigma^2}}{s_{xy}} \quad (1)$$

dengan

$$s_{xy} = \sum_x \sum_y e^{-(x^2+y^2)/2\sigma^2} \quad (2)$$

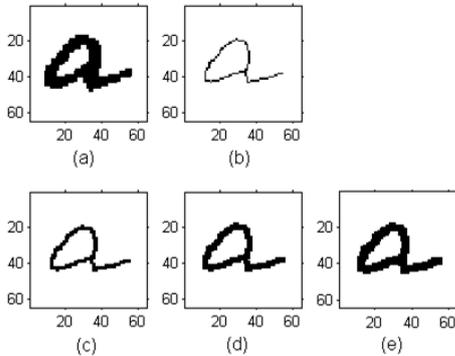
dan σ adalah deviasi standar. Sedangkan $x = y = \left(-\frac{N-1}{2}, \dots, \frac{N-1}{2}\right)$, dengan N adalah orde tapis.



Gambar 2. Contoh pengaburan dan perataan blok; (a) Citra asli 64x64 piksel; (b) Pengaburan dengan tapis Gaussian 2D 14x14 yang deviasi standarnya 10; (c) Partisi dengan blok partisi 8x8 piksel; (d) Hasil perataan atas setiap blok partisi menghasilkan citra 8x8 piksel.

II.2. Koreksi ketebalan huruf

Koreksi ketebalan huruf dapat dilaksanakan dengan menggunakan operasi morfologi penipisan yang dilanjutkan dengan operasi morfologi penebalan. Gambaran koreksi penebalan yang menggunakan dua macam operasi morfologi tersebut diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Contoh koreksi ketebalan huruf. (a) Tanpa koreksi ketebalan. (b) Koreksi ketebalan yang hanya menggunakan operasi penipisan. (c)-(e) Masing-masing adalah koreksi ketebalan yang menggunakan operasi penipisan dan penebalan dengan elemen struktur bujur-sangkar 2x2, 3x3, dan 4x4.

Secara lebih detail, operasi morfologi penipisan dan penebalan di atas, dideskripsikan berikut ini.

II.2.1. Operasi morfologi penipisan

Operasi morfologi penipisan bertujuan untuk mentransformasikan suatu bentuk menjadi suatu kurva dengan *stroke-width* satu. Algoritma penipisan Zhang-Suen [12], adalah suatu algoritma penipisan yang telah digunakan sebagai dasar perbandingan algoritma-algoritma penipisan yang lain selama bertahun-tahun [4]. Algoritma ini adalah algoritma iteratif sederhana, dan juga cepat. Dalam algoritma ini, nilai baru suatu piksel dapat

dihitung hanya berdasarkan pada nilai-nilai pada iterasi sebelumnya.

n_3	n_2	n_1
n_4	p	n_0
n_5	n_6	n_7

Gambar 4. Jendela-geser pada algoritma Zhang-Suen.

Dalam algoritma Zhang-Suen, setiap iterasinya mempunyai dua sub-iterasi. Dalam suatu sub-iterasi ada kemungkinan piksel-piksel tertentu yang ditandai, dan pada akhir suatu sub-iterasi, jika tidak ada piksel-piksel tertentu yang ditandai, algoritma berhenti; jika tidak piksel-piksel tertentu tersebut dihilangkan, dan sub-iterasi berikutnya dimulai. Algoritma Zhang-Suen menggunakan jendela-geser (*sliding-window*) 3x3, yang diperlihatkan dalam Gambar 4, dalam setiap iterasinya. Pada sub-iterasi pertama, dengan menggunakan jendela bergeser tersebut, suatu piksel p ditandai, jika keempat kondisi berikut dipenuhi.

1. Bilangan konektivitasnya C_n bernilai satu. Bilangan konektivitas suatu piksel p didefinisikan sebagai jumlah transisi dari latar-depan (*foreground*) (logika "1") ke latar-belakang (*background*) (logika "0"), pada 8-tetangga piksel p tersebut. Nilai ini adalah antara nol hingga empat.
2. Ada sekurang-kurangnya dua, dan sebanyak-banyaknya enam tetangga yang berlogika "1".
3. Ada sekurang-kurangnya salah satu dari n_0 , n_4 , dan n_6 yang berlogika "0".
4. Ada sekurang-kurangnya salah satu dari n_0 , n_2 , dan n_6 yang berlogika "0".

Jika pada sub-iterasi pertama di atas, tidak ada piksel p yang ditandai, algoritma berhenti. Jika tidak, semua piksel yang ditandai dihilangkan (dibuat menjadi berlogika "0"), dan sub-iterasi kedua dilakukan. Sub-iterasi kedua ini sama seperti sub-iterasi pertama, kecuali pada kondisi 3 dan 4 sebagai berikut.

3. Ada sekurang-kurangnya salah satu dari n_0 , n_2 , dan n_4 yang berlogika "0".
4. Ada sekurang-kurangnya salah satu dari n_2 , n_4 , dan n_6 yang berlogika "0".

II.2.2. Operasi morfologi penebalan

Operasi morfologi penebalan bertujuan untuk memperluas area suatu latar-depan piksel (misalnya piksel hitam). Dengan demikian area piksel-piksel latar-depan makin luas, sedangkan lubang-lubang dalam daerah-daerah latar-depan makin sempit. Operasi penebalan memerlukan dua buah data sebagai masukannya. Data yang pertama adalah citra yang akan ditebalkan, sedangkan data yang kedua (yang biasanya lebih kecil) adalah yang dinamakan dengan elemen struktur. Gambar 5 memperlihatkan contoh elemen struktur bujur-sangkar 3x3 dengan sebuah piksel tengah p_0 dan delapan piksel tetangga p_1, \dots, p_8 .

p_4	p_3	p_2
p_5	p_0	p_1
p_6	p_7	p_8

Gambar 5. Contoh elemen struktur bujur sangkar 3x3, dengan nilai $p_0 = p_1 = \dots = p_8 = 1$.

Sebelum perhitungan penebalan dilakukan, pertama kali diasumsikan adanya suatu citra asal yang berupa citra biner dengan piksel hitam berlogika “1” dan piksel putih berlogika “0”. Selanjutnya, perhitungan penebalan dilakukan dengan mengevaluasi setiap piksel pada citra asal (yang selanjutnya disebut piksel masukan), dengan menggunakan struktur elemen di atas. Dalam hal ini evaluasi dilakukan saat setiap piksel pada citra asal tersebut berada tepat di posisi piksel tengah elemen struktur bujur sangkar. Aturan untuk penebalannya sebagai berikut.

1. Jika piksel masukan berlogika “1”, piksel tersebut tidak berubah.
2. Jika piksel masukan berlogika “0”, dan sekurang-kurangnya salah satu dari delapan piksel tetangga berlogika “1”, maka piksel tersebut diubah menjadi “1”.

Jika piksel masukan berlogika “0”, dan tidak ada satu pun piksel tetangga yang berlogika “1”, maka piksel tersebut tidak berubah.

III. METODE PENELITIAN

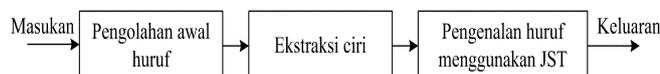
III.1. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan penelitian berupa citra huruf tulisan-tangan yang terisolasi dengan format biner, yang merupakan hasil *scanning* lembar pengambilan data dengan resolusi 300 dpi. Pengambilan data dilakukan untuk 100 orang, dari berbagai tingkatan umur (10-70 tahun) dan jenis kelamin. Dalam pengambilan data, setiap responden menuliskan tiga kali (yang dimasukkan dalam tiga kelompok) 26 huruf ‘a’-‘z’.

Alat penelitian berupa perangkat keras yang berupa komputer berbasis prosesor Intel Core2Duo 7500 (2,93 GHz) dan RAM 2 GB, serta perangkat lunak yang berupa MATLAB 7.0.4.365 (R14).

III.2. Jalan Penelitian

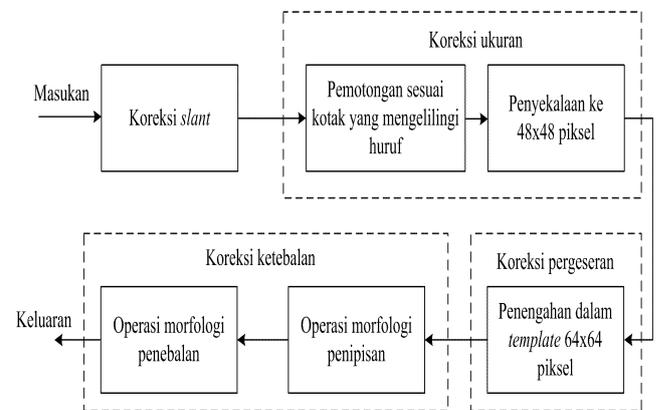
Dengan menggunakan bahan dan alat penelitian di atas, dilakukan kajian untuk menyelidiki pengaruh koreksi ketebalan huruf pada pengenalan huruf tulisan tangan berbasis ekstraksi ciri pengaburan dan perataan blok yang menggunakan tapis Gaussian 2D. Kajian tersebut dilakukan dengan menggunakan suatu sistem pengenalan huruf tulisan tangan. Gambar 6 memperlihatkan sistem pengenalan huruf tersebut, yang masukannya berupa citra huruf terisolasi berformat biner, sedangkan keluarannya adalah huruf berbentuk teks.



Gambar 6. Sistem pengenalan huruf yang digunakan.

III.2.1. Pengolahan Awal Huruf

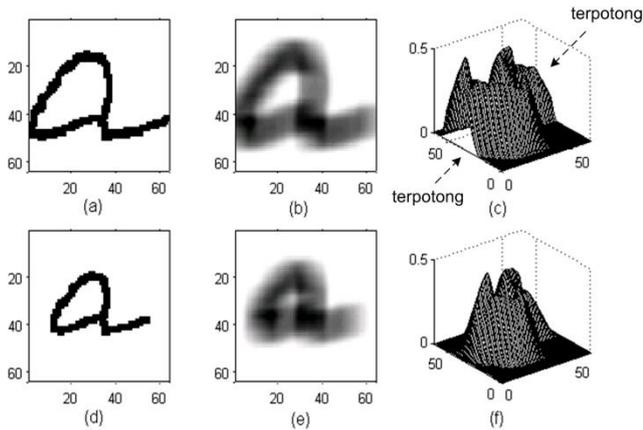
Pada Gambar 6, sebelum proses ekstraksi ciri dilakukan proses pengolahan awal, untuk mengoreksi adanya persoalan-persoalan ukuran, pergeseran, dan ketebalan huruf (lihat Gambar 7). Persoalan-persoalan ini muncul karena tulisan tangan secara alami tergantung pada penulisnya. Ada yang tulisannya tampil condong ke kanan atau ke kiri, yang disebut dengan persoalan *slant*. Ada yang tulisannya cenderung besar-besar dan secara ekstrem ada yang cenderung kecil-kecil, yang disebut dengan persoalan ukuran. Setiap huruf tulisan tangan juga ada yang tampil di tengah *template* penulisan, namun ada juga yang tampil di tepi *template*, yang disebut dengan persoalan pergeseran. Dalam menuliskan huruf, ada yang alat tulisnya ditekan keras sehingga hurufnya tertulis tebal, dan ada juga yang alat tulisnya tidak ditekan keras, sehingga hurufnya tertulis tipis, yang disebut persoalan ketebalan huruf.



Gambar 7. Langkah-langkah pengolahan awal huruf

Koreksi *slant* pada Gambar 7, dilakukan untuk menegakkan tulisan-tangan yang condong ke kanan atau ke kiri. Untuk itu dilakukan evaluasi histogram proyeksi vertikal, pada tulisan-tangan yang telah dikenai operasi *shearing*, dengan nilai-nilai koefisien *shearing* $\{-0,4, 0,35, \dots, 0,4\}$ (diasumsikan *slant* tulisan tangan ada pada rentang nilai koefisien *shearing* $-0,4 \dots 0,4$). Berdasarkan pengamatan, saat histogram mempunyai nilai varians tertinggi, hurufnya terlihat tegak. Dengan demikian, untuk menegakkan tulisan-tangan, dilakukan operasi *shearing* pada tulisan-tangan tersebut, dengan nilai koefisien yang berkaitan dengan nilai varians tertinggi.

Pada Gambar 7, ukuran *template* yang digunakan adalah 64x64 piksel. Ukuran *template* ini mengacu pada ukuran yang digunakan oleh peneliti-peneliti lain, baik dari tesis, disertasi, maupun tulisan-tulisan yang telah dipublikasikan di jurnal atau pun konferensi internasional. Ukuran minimum yang umum untuk *template* adalah 16x16 piksel [6], sedangkan untuk yang maksimum adalah 64x64 piksel [5]. Pada penelitian ini digunakan 64x64 piksel.



Gambar 8. Contoh pengaruh penyekalaan huruf dalam *template* 64x64 piksel. (a) dan (d) penyekalaan huruf ke 64x64 dan 48x48 piksel; (b) dan (e) masing-masing adalah hasil penapisan (a) dan (d), dengan tapis Gaussian 14x14 yang deviasi standarnya 10; (c) dan (f) masing-masing adalah gambaran jaring (*mesh*) (b) dan (e).

Penyekalaan huruf pada Gambar 7, diset ke 48x48 piksel. Penyekalaan dimaksudkan untuk menghindari pemotongan data pada tepi huruf yang tertapis. Berdasarkan percobaan (pada penggunaan tapis Gaussian 2D 14x14 yang deviasi standarnya 10), pemberian 8 piksel tambahan disekitar *bounding-box* huruf, sudah “pas” untuk menghindari pemotongan di tepi huruf yang tertapis. Lihat Gambar 8.

Operasi morfologi penipisan pada Gambar 8 menggunakan algoritma penipisan Zhang-Suen [12]. Sedangkan operasi morfologi penebalan dievaluasi menggunakan elemen-struktur bujur-sangkar 2x2, 3x3, dan 4x4.

III.2.2. Ekstraksi Ciri

Ekstraksi ciri menggunakan langkah-langkah seperti dilustrasikan pada Gambar 2.

III.2.3. Jaringan Syaraf Tiruan

III.2.3.1. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan

Secara detil arsitektur JST yang digunakan untuk pengenalan huruf dideskripsikan berikut ini.

1. JST yang digunakan adalah perambatan-balik (*backpropagation*) dengan 2 lapisan tersembunyi. JST dengan 2 lapisan tersembunyi ini dipilih, setelah berdasarkan hasil evaluasi untuk JST dengan 1 dan 2 lapisan tersembunyi ternyata, JST dengan 2 lapisan tersembunyi memberikan tingkat pengenalan yang lebih tinggi daripada JST dengan 1 lapisan tersembunyi.
2. Lapisan masukan mempunyai 64 neuron masukan, yang disesuaikan dengan jumlah elemen ekstraksi ciri.
3. Lapisan keluaran mempunyai 26 neuron keluaran, yang disesuaikan dengan jumlah alfabet ‘a’ – ‘z’. Fungsi alih pada lapisan ini adalah sigmoid unipolar, yang disesuaikan dengan data keluaran JST dalam rentang 0...1.
4. Lapisan tersembunyi 1 mempunyai 64 neuron, yang berdasarkan cara evaluasi menghasilkan

tingkat pengenalan tertinggi. Fungsi alih pada lapisan ini adalah sigmoid bipolar, yang disesuaikan dengan data internal JST dalam rentang -1 ... 1.

5. Lapisan tersembunyi 2 mempunyai 312 neuron, yang berdasarkan cara evaluasi menghasilkan tingkat pengenalan tertinggi. Fungsi alih pada lapisan ini adalah sigmoid bipolar, yang disesuaikan dengan data internal JST dalam rentang -1 ... 1.

Catatan:

1. Untuk kasus pengenalan pola yang berbasis ciri multiresolusi, Suhardi [8] menemukan bahwa, JST perambatan-balik dengan dua lapisan tersembunyi, kinerjanya lebih baik daripada JST perambatan-balik dengan satu lapisan tersembunyi.
2. Fungsi sigmoid adalah fungsi yang umum digunakan pada JST perambatan-balik [3].
3. Pelatihan JST dapat lebih efektif, dengan pengolahan data secara bipolar dalam rentang -1...1 [8].

III.2.3.2. Pelatihan dan Pengujian Jaringan Syaraf Tiruan

Pelatihan JST menggunakan algoritma *resilient backpropagation* [7]. Algoritma ini adalah algoritma yang paling cepat untuk pengenalan pola [11]. Kriteria berhenti dalam pelatihan tersebut menggunakan mode validasi, yang tujuannya adalah untuk menghindari adanya *under-training* maupun *over-training*.

Pola-pola yang digunakan dalam pelatihan dan pengujian merupakan data citra huruf tulisan-tangan yang berasal 100 responden, yang diolah lebih lanjut menjadi tiga set pola berikut.

1. Set pola pelatihan

Digunakan untuk pelatihan (dalam hal pembaruan bobot) JST. Set pola ini terdiri atas 13.000 pola sebagai berikut.

- a. Sejumlah 2.600 pola tekoreksi kelompok 1.
- b. Sejumlah 5.200 pola turunan kelompok 2, yang merupakan rotasi -5° dan 5° dari pola terkoreksi kelompok 2.
- c. Sejumlah 5.200 pola turunan kelompok 3, yang merupakan rotasi -10° dan 10° dari pola terkoreksi kelompok 3.

Catatan:

- a. Pola terkoreksi adalah pola asli yang telah dikoreksi dalam hal *slant*, ukuran, *centering*, dan ketebalan. Koreksi ini diperlukan karena secara alami dalam tulisan tangan manusia ada empat persoalan tersebut.
- b. Nilai-nilai rotasi pada pola turunan di atas adalah berdasarkan asumsi adanya rotasi pola-pola masukan dalam rentang -10° ... 10° .

2. Set pola validasi

Digunakan untuk pelatihan (dalam hal menghentikan pelatihan). Terdiri atas 2.600 pola terkoreksi kelompok 2.

3. Set pola pengujian

Digunakan untuk pengujian JST yang telah selesai dilatih. Set pola ini terdiri atas 2.600 pola terkoreksi kelompok 3.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaturan ketebalan pada koreksi ketebalan dilaksanakan dengan berbasiskan elemen struktur bujur-sangkar. Tabel 1 memperlihatkan pengaruh ukuran elemen-struktur bujur-sangkar terhadap rerata tingkat pengenalan huruf.

Tabel 1. Pengaruh mode koreksi ketebalan terhadap rerata tingkat pengenalan huruf.

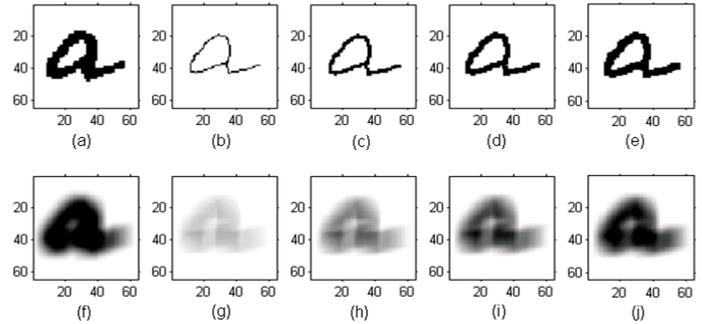
Mode koreksi ketebalan	Rerata tingkat pengenalan huruf (%)
Tanpa koreksi ketebalan	84,42
Koreksi ketebalan yang hanya menggunakan operasi penipisan	82,77
Koreksi ketebalan yang menggunakan operasi penipisan dan penebalan dengan elemen struktur bujur-sangkar 2x2	85,72
Koreksi ketebalan yang menggunakan operasi penipisan dan penebalan dengan elemen struktur bujur-sangkar 3x3	86,88
Koreksi ketebalan yang menggunakan operasi penipisan dan penebalan dengan elemen struktur bujur-sangkar 4x4	83,82

Catatan:

Rerata tingkat pengenalan huruf adalah rerata tingkat pengenalan huruf dari 5 JST yang masing-masing diuji dengan 2.600 pola pengujian. Dalam hal ini diperlukan 5 JST karena dalam setiap pelatihan JST selalu didapatkan JST dengan kinerja yang kinerjanya tidak identik. Hal ini disebabkan nilai-nilai acak yang digunakan sebagai nilai-nilai awal pelatihan 5 JST tersebut adalah nilai-nilai yang saling beda.

Tabel 1 memperlihatkan perlunya diadakan koreksi ketebalan terhadap huruf yang akan dikenali. Koreksi ketebalan ini akan optimal, ketika menggunakan operasi penipisan dan penebalan dengan elemen struktur bujur-sangkar 3x3. Hal ini disebabkan, jika hurufnya terlalu tebal atau pun terlalu tipis, akan berpengaruh terhadap kejelasan gambaran dasar dari huruf tersebut, setelah mengalami proses pengaburan.

Gambar 9 memperlihatkan pengaruh koreksi ketebalan huruf terhadap tingkat keaburan huruf. Jika hurufnya makin tebal, citra hasil penapisan memperlihatkan gambaran dasar yang makin tidak jelas, karena ada bagian-bagian huruf yang makin tertutupi. Lihat Gambar 9(f) dan (j). Sebaliknya jika hurufnya makin tipis, citra hasil penapisan memperlihatkan gambaran dasar yang juga makin tidak jelas, karena makin samar. Lihat Gambar 9(g) dan (h).



Gambar 9. Contoh pengaruh koreksi ketebalan huruf terhadap tingkat keaburan huruf. (a) Tanpa koreksi ketebalan. (b) Koreksi ketebalan yang hanya menggunakan operasi penipisan. (c)-(e) Masing-masing adalah koreksi ketebalan yang menggunakan operasi penipisan dan penebalan dengan elemen struktur bujur-sangkar 2x2, 3x3, dan 4x4. (f)-(j) Masing-masing adalah hasil pengaburan (a)-(e) menggunakan tapis Gaussian 2D 14x14 yang deviasi standarnya 10.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian di atas dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut.

1. Ketebalan huruf berpengaruh terhadap kinerja ekstraksi ciri pengaburan dan perataan blok.
2. Untuk citra huruf terisolasi berukuran 48x48 piksel yang diletakkan dalam *template* 64x64 piksel, koreksi ketebalan yang optimal adalah yang menggunakan operasi morfologi penipisan yang dilanjutkan dengan operasi morfologi penebalan yang menggunakan elemen struktur bujur-sangkar 3x3.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arica, N. dan F.T. Yarman-Vural, "An Overview of Character Recognition Focused On Off-line Handwriting", IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics – Part C: Application and Rev., vol. 31(2), 2001, hal. 216-233.
- [2] Ethem, A., "Techniques for Combining Multiple Learners", Proceedings of Engineering of Intelligent Systems '98 Conference, Vol.2, 1998, hal 6-12.
- [3] Fausett, L., "Fundamentals of Neural Networks", Prentice Hall International, Inc, New Jersey, 1994.
- [4] Haji, M. M. "Farsi Handwritten Word Recognition Using Continuous Hidden Markov Models and Structural Features". Tesis MSc., Computer Engineering, Shiraz University, Iran, 2005.
- [5] Mozaffari, S., K. Faez, H. R. Kanan dan M. Ziyaratban, "Farsi/Arabic Handwritten Digit Recognition Using Fractal, Wavelet Nearest Neighbor Classifiers and Eigenimage Method", Proceedings of the First International Conference on Modeling, Simulation and Applied Optimization, Sharjah, Uni Emirat Arab, 2005.
- [6] Paterson, D. W., "Artificial Neural Networks", Prentice Hall International, Inc., New Jersey, 1996.
- [7] Riedmiller, M. dan H. Braun, "A Direct Adaptive Method for Faster Backpropagation Learning: The RPROP Algorithm", Proceedings of the IEEE

International Conference on Neural Networks, 1993, hal. 586-591.

- [8] Suhardi, I., "Evaluasi Jaringan Saraf Tiruan untuk Pengenalan Karakter Tulisan Tangan Jenis Cetak", Tesis S-2, Teknik Elektro, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2003.
- [9] Sumarno, L. "On The Performance of Blurring and Block Averaging Feature Extraction Based On 2D Gaussian Filter". Proceeding of 5th International Conference on Information and Communication Technology and Systems (ICTS), 2009, hal. 261-266.
- [10] The Mathworks Inc., "Image Processing Toolbox: For Use with MATLAB, Version 5", The Mathworks Inc., Massachussets, 2005.
- [11] The Mathworks Inc., "Neural Network Toolbox: For Use with MATLAB, Version 5", The Mathworks Inc., Massachussets, 2005.
- [12] Zhang, T.Y. dan C. Y. Suen, "A Fast Parallel Algorithm for Thinning Digital Patterns", Comm. ACM, vol. 27(3), 1984, hal. 236-239.