UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Kajian teknik pengenalan kata tulisan-tangan menggunkan kombinasi jaringan syaraf tiruan perambatan-balik
SUMARNO, Linggo, Promotor Prof. Adhi Susanto, M.Sc., Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

		Halaman
HALAMAN JUDUL		i
HALAMAN SETELAH HALAMAN JUDUL		ii
HALAMAN PERSETUJUAN		iii
PERNYATAAN PROMOVENDUS		iv
PRAKATA		v
DAFTAR ISI		vii
DAFTAR TABEL		xiii
DAFTAR GAMBAR		xvi
DAFTAR LAMPIRAN		xxii
INTISARI		xxiii
ABSTRACT		xxiv
BAB I	PENDAHULUAN	1
	1.1 Latar Belakang	1
	1.2 Perumusan Masalah	2
	1.3 Keaslian Penelitian	3
	1.4 Tujuan Penelitian	4
	1.3 Manfaat Penelitian	5
BAB II	TINJAUAN PUSTAKA	7
	2.1 Hasil-hasil Penelitian Sebelumnya	8
	2.2 Teknik-teknik Pengenalan Kata Tulisan-tangan	11

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Kajian teknik pengenalan kata tulisan-tangan menggunkan kombinasi jaringan syaraf tiruan perambatan-balik
SUMARNO, Linggo, Promotor Prof. Adhi Susanto, M.Sc., Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.3 Teknik Pengenalan Tulisan-tangan yang Terkait 15

2.3.1 Teknik Pengenalan Kata Tulisan-tangan dengan Pendekatan Analitis 16

2.3.1.1 Pengolahan awal 17

2.3.1.2 Segmentasi 18

2.3.1.3 Ekstraksi ciri 18

2.3.1.4 Pengenalan huruf 19

2.3.1.5 Pengolahan akhir 20

2.3.2 Kombinasi Pengklasifikasi 20

2.3.3 Data Sintetis 22

2.4 Teknik Pengenalan Kata Tulisan-tangan yang Dikaji 22

2.4.1 Normalisasi 24

2.4.1.1 Koreksi *slope*, *slant*, dan skala 25

2.3.1.2 Koreksi penipisan dan penebalan 27

2.4.2 Segmentasi 31

2.4.3 Ekstraksi Ciri 36

2.4.4 Jaringan Syaraf Tiruan untuk Pengenalan Huruf 39

2.4.4.1 Pelatihan 40

2.4.4.2 Generalisasi dan validasi 45

2.4.4.3 Bobot awal 45

2.4.4.4 Bilangan acak dan bibit acak 46

2.4.4.5 Modifikasi JST 47

2.4.5 Evaluasi Deretan Huruf, Penggabungan Segmen, dan Pencocokan Leksikon 48

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Kajian teknik pengenalan kata tulisan-tangan menggunkan kombinasi jaringan syaraf tiruan perambatan-balik
SUMARNO, Linggo, Promotor Prof. Adhi Susanto, M.Sc., Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.4.6 Perhitungan Skor Kata dan Pengolahan Hasil Pengenalan 52

BAB III CARA PENELITIAN 54

3.1 Bahan dan Alat Penelitian 54

3.1.1 Bahan Penelitian 54

3.1.2 Alat Penelitian 55

3.2 Ruang Lingkup dan Tahapan Penelitian 55

3.2.1 Ruang Lingkup Penelitian 55

3.2.2 Tahapan Penelitian 61

3.3 Inisialisasi Penelitian 61

3.4 Rekayasa Proses-proses dalam Pengenalan Kata Tulisan-tangan 61

3.4.1 Normalisasi Kata 62

3.4.1.1 Koreksi *slope* dan *slant* 62

3.4.1.2 Koreksi skala 63

3.4.1.3 Pemotongan sesuai kotak yang mengelilingi kata 66

3.4.2 Segmentasi 67

3.4.2.1 Penapisan pelewat-rendah 68

3.4.2.2 Tinjauan cara-cara segmentasi lain yang sejalan 70

3.4.3 Normalisasi Huruf 72

3.4.3.1 Koreksi skala dan pergeseran 73

3.4.3.2 Koreksi ketebalan 74

3.4.4 Ekstraksi Ciri 75

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Kajian teknik pengenalan kata tulisan-tangan menggunkan kombinasi jaringan syaraf tiruan perambatan-balik
SUMARNO, Linggo, Promotor Prof. Adhi Susanto, M.Sc., Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

	3.4.4.1	Penapisan pelewat-rendah	75
	3.4.4.2	Partisi citra kedalam blok-blok dan perataan blok	78
	3.4.4.3	Konversi 2D ke 1D	80
	3.4.4.4	Tinjauan cara-cara ekstraksi ciri lain	81
3.4.5	Pembuatan Leksikon		82
3.4.6	Inisialisasi Citra Huruf		85
	3.4.6.1	Pembagian set citra huruf	85
	3.4.6.2	Pertimbangan pembangkitan citra huruf turunan	87
3.4.7	Pelatihan JST		89
	3.4.7.1	Arsitektur JST	90
	3.4.7.2	Algoritma pelatihan	93
3.4.8	Pengenalan Kata Melalui Pengenalan Huruf yang Menggunakan JST		96
	3.4.8.1	Jumlah maksimum segmen/huruf	99
	3.4.8.2	Jumlah kandidat huruf terbaik	101
	3.4.8.3	Tinjauan atas pengenalan kata lain yang sejalan	103
3.4.9	Kombinasi Pengenalan Kata		104
	3.4.9.1	Pembangkitan sejumlah JST untuk kombinasi JST	105
	3.4.9.2	Tinjauan atas pembangkitan kombinasi JST lain yang sejalan	108
	3.4.9.3	Jumlah JST dalam kombinasi JST	110
3.4.10	Penentuan Sejumlah Citra Huruf untuk Evaluasi Nilai-nilai parameter		111

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Kajian teknik pengenalan kata tulisan-tangan menggunkan kombinasi jaringan syaraf tiruan perambatan-balik
SUMARNO, Linggo, Promotor Prof. Adhi Susanto, M.Sc., Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.4.11 Penentuan Sejumlah Citra Kata untuk Evaluasi Nilai-nilai Parameter 112

3.4.12 Penentuan Sejumlah JST untuk Evaluasi Nilai-nilai Parameter 113

3.5 Ringkasan Parameter-parameter Pengenalan Kata Tulisan-tangan 114

3.6 Evaluasi dan Analisis Lebih Lanjut 117

3.6.1 Evaluasi Pengaruh Sejumlah Koreksi pada Normalisasi Kata 117

3.6.2 Evaluasi Pengaruh Koreksi Ketebalan pada Normalisasi 119

3.6.3 Evaluasi Pengaruh Pengambangan (*Thresholding*) pada Segmentasi Kata 121

3.6.4 Evaluasi Pengaruh Keacakan pada Bilangan Acak 124

3.6.5 Evaluasi Pengaruh Pembobotan Huruf pada Keluaran JST 125

3.6.6 Evaluasi Pengaruh Penapisan Pelewat-rendah pada Segmentasi 127

3.6.7 Evaluasi Lebih Lanjut Jumlah Lapisan Tersembunyi pada Pelatihan JST 129

3.6.8 Evaluasi Pengaruh Keberadaan Leksikon 130

3.6.9 Evaluasi Pengaruh Ukuran Leksikon Terhadap Tingkat Pengenalan Kata dan Rerata Waktu Pengenalan Kata 131

3.6.10 Evaluasi Pengaruh Persamaan Perhitungan Skor Kata Kandidat 133

3.6.11 Analisis Kombinasi Algoritma Pencarian Terbaik Pertama dengan Pelacakan-mundur 134

3.7 Cara Pengujian dan Pembahasan 136

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Kajian teknik pengenalan kata tulisan-tangan menggunkan kombinasi jaringan syaraf tiruan perambatan-balik
SUMARNO, Linggo, Promotor Prof. Adhi Susanto, M.Sc., Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.7.1 Cara Pengujian dan Pembahasan untuk Pengaruh Jumlah Kata Uji Terhadap Tingkat Pengenalan Kata 136

3.7.2 Cara Pengujian dan Pembahasan untuk Pengaruh Variasi Penulisan Kata 137

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 138

4.1 Pengujian dan Pembahasan Pengaruh Jumlah Kata Uji Terhadap Tingkat Pengenalan Kata 138

4.2 Hasil Pengujian dan Pembahasan Kemampuan Pengenalan Berbagai Variasi Penulisan Kata 140

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 142

5.1 Kesimpulan 142

5.1.1 Hal-hal Umum 142

5.1.2 Hal-hal Khusus 143

5.2 Saran 145

DAFTAR PUSTAKA 148

LAMPIRAN 158

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Kajian teknik pengenalan kata tulisan-tangan menggunkan kombinasi jaringan syaraf tiruan perambatan-balik
SUMARNO, Linggo, Promotor Prof. Adhi Susanto, M.Sc., Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1	Beberapa hasil penelitian pengenalan kata tulisan-tangan sebelumnya.	10
Tabel 3.1	Pembagian penulis berdasarkan kelompok umur dan jenis kelamin.	54
Tabel 3.2	Evaluasi mode lebar-pita dan ukuran lebar-pita acuan terhadap tingkat pengenalan kata (dalam %).	65
Tabel 3.3	Evaluasi tapis Gaussian 1D (dengan parameter panjang tapis dan deviasi standar) terhadap tingkat pengenalan kata (dalam %).	68
Tabel 3.4	Evaluasi tapis Gaussian 2D (dengan parameter ukuran tapis dan deviasi standar) terhadap rerata tingkat pengenalan huruf (dalam %).	76
Tabel 3.5	Ukuran blok partisi dan ukuran citra hasil perataan blok yang terkait, dengan citra 64x64 piksel.	78
Tabel 3.6	Evaluasi cara konversi ciri 2D ke 1D terhadap tingkat pengenalan huruf.	80
Tabel 3.7	Perbandingan kinerja ekstraksi ciri perataan blok, transformasi *wavelet*, dan DCT.	82
Tabel 3.8	Contoh nama-nama ibukota propinsi di Indonesia.	84
Tabel 3.9	Contoh nama-nama matakuliah Program S2 Teknik Elektro UGM.	84
Tabel 3.10	Contoh kata-kata dalam karya sastra.	85
Tabel 3.11	Evaluasi rotasi terhadap tingkat pengenalan huruf dan kata.	86
Tabel 3.12	Evaluasi jumlah neuron pada lapisan tersembunyi 1 dan 2 terhadap rerata tingkat pengenalan huruf (dalam %).	90

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Kajian teknik pengenalan kata tulisan-tangan menggunkan kombinasi jaringan syaraf tiruan perambatan-balik
SUMARNO, Linggo, Promotor Prof. Adhi Susanto, M.Sc., Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 3.13	Evaluasi jumlah neuron pada lapisan tersembunyi terhadap rerata tingkat pengenalan huruf.	92
Tabel 3.14	Evaluasi nilai Δ_0 terhadap rerata tingkat pengenalan huruf.	94
Tabel 3.15	Pengaruh nilai Δ_0 terhadap MSE.	95
Tabel 3.16	Evaluasi jumlah maksimum segmen/huruf terhadap tingkat pengenalan kata dan rerata waktu pengenalan kata.	100
Tabel 3.17	Evaluasi jumlah huruf kandidat terbaik terhadap tingkat pengenalan kata dan rerata waktu pengenalan kata.	102
Tabel 3.18	Evaluasi nilai bibit acak dalam pembangkitan 10 JST.	106
Tabel 3.19	Pengurutan JST berdasarkan tingkat pengenalan huruf.	107
Tabel 3.20	Perbandingan konsep-konsep pembangkitan kombinasi JST, bila diterapkan pada teknik pengenalan kata yang dikaji.	109
Tabel 3.21	Evaluasi jumlah JST dalam kombinasi JST terhadap tingkat pengenalan kata dan rerata waktu pengenalan kata.	110
Tabel 3.22	Daftar kata dalam leksikon 48 kata.	115
Tabel 3.23	Pengaruh sejumlah koreksi pada pengolahan awal kata terhadap rerata tingkat pengenalan kata.	117
Tabel 3.24	Pengaruh mode koreksi ketebalan terhadap rerata tingkat pengenalan huruf.	120
Tabel 3.25	Pengaruh perulangan nilai-nilai acak terhadap rerata tingkat pengenalan huruf dan rerata MSE.	125
Tabel 3.26	Pembobotan huruf untuk leksikon 48 kata.	126
Tabel 3.27	Perbandingan kinerja mode pembobotan huruf.	126
Tabel 3.28	Pengaruh penapisan pelewat-rendah pada segmentasi terhadap rerata tingkat pengenalan kata.	128
Tabel 3.29	Evaluasi jumlah neuron pada lapisan tersembunyi 1, 2, dan 3 terhadap rerata tingkat pengenalan huruf (dalam %).	129
Tabel 3.30	Pengaruh keberadaan leksikon terhadap tingkat pengenalan kata.	130

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Kajian teknik pengenalan kata tulisan-tangan menggunkan kombinasi jaringan syaraf tiruan perambatan-balik
SUMARNO, Linggo, Promotor Prof. Adhi Susanto, M.Sc., Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 3.31	Pengaruh ukuran leksikon terhadap tingkat pengenalan kata dan rerata waktu pengenalan kata.	132
Tabel 3.32	Pengaruh persamaan perhitungan skor kata kandidat terhadap tingkat pengenalan kata.	134
Tabel 3.33	Analisis kompleksitas ruang dan waktu dari kombinasi algoritma pencarian terbaik pertama dan pelacakan balik.	135
Tabel 3.34	Pemilihan kata uji secara sistematis berdasarkan nomor penulis.	136
Tabel 4.1	Hasil pengujian pengaruh jumlah kata uji terhadap tingkat pengenalan kata.	138

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Kajian teknik pengenalan kata tulisan-tangan menggunkan kombinasi jaringan syaraf tiruan perambatan-balik
SUMARNO, Linggo, Promotor Prof. Adhi Susanto, M.Sc., Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 2.1	Ketidakjelasan huruf yang dilingkari dalam kata tulisan-tangan.	8
Gambar 2.2	Teknik pengenalan kata tulisan-tangan yang dikaji	23
Gambar 2.3	Pengenalan kata melalui pengenalan huruf yang menggunakan JST	24
Gambar 2.4	Contoh variasi skala, *slant*, dan *slope* dalam kata tulisan-tangan. (a) Skala besar. (b) Skala kecil. (c) *Slant* ke kiri. (d) *Slant* ke kanan. (e) *Slope* naik. (f) *Slope* turun.	25
Gambar 2.5	Contoh variasi ketebalan dalam huruf tulisan-tangan. Penulisan huruf pada (a) cenderung lebih tebal dari (b).	28
Gambar 2.6	Jendela-geser pada algoritma Zhang-Suen.	28
Gambar 2.7	Contoh elemen struktur bujur sangkar 3×3, dengan nilai $p_0 = p_1 = \ldots = p_8 = 1$.	30
Gambar 2.8	Contoh segmentasi menggunakan histogram proyeksi vertikal. (a) Citra masukan. (b) Histogram proyeksi vertikal. (c) Penapisan dengan tapis Gaussian 1D 20 titik yang deviasi standarnya 8. (d) Garis-garis vertikal yang menandakan tempat-tempat minimum lokal. (e) Hasil segmentasi.	35
Gambar 2.9	Contoh pengaburan dan perataan blok. (a) Citra asli 64x64 piksel. (b) Pengaburan dengan tapis Gaussian 14x14 yang deviasi standarnya 10. (c) Partisi menggunakan blok partisi 8x8 piksel. (d) Hasil nilai rerata atas setiap blok partisi yang menghasilkan citra 8x8 piksel.	38
Gambar 2.10	Contoh JST perambatan-balik dengan dua lapisan tersembunyi.	39

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Kajian teknik pengenalan kata tulisan-tangan menggunkan kombinasi jaringan syaraf tiruan perambatan-balik
SUMARNO, Linggo, Promotor Prof. Adhi Susanto, M.Sc., Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 2.11	Contoh pengenalan kata dengan graf segmentasi. (a) Kata yang tersegmentasi-lebih. (b) Graf segmentasi yang disederhanakan, dengan setiap rusuk yang digambarkan merupakan representasi dari 4 rusuk. (c) Contoh rusuk-rusuk yang menghubungkan simpul 1 dan 4, yang masing-masing mempunyai bobot dan huruf yang berkaitan. (d) Contoh jalur solusi dan kata yang bersesuaian.	51
Gambar 3.1	Langkah-langkah normalisasi kata.	62
Gambar 3.2	Langkah-langkah evaluasi *shearing*.	63
Gambar 3.3	Contoh hasil evaluasi *shearing* secara simultan, untuk koreksi *slope* dan *slant*. (a) Citra masukan. (b) Hasil koreksi *slant* pada (a) (berbasis histogram proyeksi horisontal). (c) Citra keluaran yang merupakan hasil koreksi *slant* pada (b) (berbasis histogram proyeksi vertikal).	63
Gambar 3.4	Langkah-langkah koreksi skala.	64
Gambar 3.5	Contoh koreksi skala. (a) Citra masukan. (b) Histogram proyeksi horisontal dari (a), dengan lebar 29 piksel. (c) lebar-pita sepertiga-puncak dari (b), dengan lebar 18 piksel. (d) Citra keluaran yang telah terskala, dengan menggunakan nilai B_{ref} (pada persamaan 3.1) sebesar 25 piksel.	64
Gambar 3.6	Grafik evaluasi mode lebar-pita dan ukuran lebar-pita acuan terhadap tingkat pengenalan kata.	65
Gambar 3.7	Contoh adanya segmentasi kesalahan segmentasi dan berlebihan akibat penyekalaan. (a) Citra asli. (b) Kesalahan segmentasi akibat penyekalaan dengan lebar-pita seperlima-puncak acuan 15 piksel. (c) Segmentasi berlebihan (dengan ketentuan jumlah maksimum segmen/huruf adalah 4) akibat penyekalaan dengan lebar-pita setengah-puncak acuan 35 piksel.	66
Gambar 3.8	Contoh adanya perubahan *template* kata pada proses normalisasi kata. (a) Citra masukan. (b) Hasil koreksi *slope*. (c) Hasil koreksi *slant*. (d) Hasil koreksi skala. (e) Citra keluaran, yang merupakan hasil pemotongan sesuai kotak yang mengelilingi kata.	67

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Kajian teknik pengenalan kata tulisan-tangan menggunkan kombinasi jaringan syaraf tiruan perambatan-balik
SUMARNO, Linggo, Promotor Prof. Adhi Susanto, M.Sc., Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 3.9	Langkah-langkah segmentasi.	68
Gambar 3.10	Grafik evaluasi tapis Gaussian 1D (dengan parameter panjang tapis dan deviasi standar) terhadap tingkat pengenalan kata.	69
Gambar 3.11	Contoh adanya kesalahan segmentasi dan segmentasi berlebihan dalam penggunaan tapis Gaussian 1D. (a) Ada kesalahan segmentasi (tapis 28 titik dengan deviasi standar 0). (b) Segmentasi yang sesuai dengan ketentuan jumlah maksimum segmen/huruf adalah 4 (tapis 16 titik dengan deviasi standar 8). (c) Ada segmentasi berlebihan (tapis 12 titik dengan deviasi standar 16).	70
Gambar 3.12	Perbandingan hasil tiga cara segmentasi. (a) Citra masukan. (b)-(d) Hasil segmentasi seragam, dengan ketebalan masing-masing segmen adalah 5, 10, dan 15 piksel. (e) Hasil segmentasi dengan transformasi *wavelet* stasioner, yang menggunakan fungsi *wavelet* biorthogonal 6.8. (f) Hasil segmentasi dengan tapis Gaussian 1D 20 titik dengan deviasi standar 8.	71
Gambar 3.13	Langkah-langkah normalisasi huruf	73
Gambar 3.14	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 2D 14x14 yang deviasi standarnya 10. (c) dan (f) Masing-masing adalah gambaran jaring (*mesh*) untuk (b) dan (e).	74
Gambar 3.15	Langkah-langkah ekstraksi ciri.	75
Gambar 3.16	Grafik evaluasi tapis Gaussian 2D (dengan parameter ukuran tapis dan deviasi standar) terhadap tingkat pengenalan huruf.	76
Gambar 3.17	Contoh pengaruh pengaburan dengan tapis Gaussian 2D. (Contoh pengaruh pengaburan dengan tapis Gaussian 2D. (a) Citra asal. (b)-(f) Masing-masing adalah pengaburan menggunakan tapis berukuran 6x6, 18x18, 14x14, 6x6, dan 18x18 piksel, yang deviasi standarnya 2, 2, 10, 14, dan 14.	77

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Kajian teknik pengenalan kata tulisan-tangan menggunkan kombinasi jaringan syaraf tiruan perambatan-balik
SUMARNO, Linggo, Promotor Prof. Adhi Susanto, M.Sc., Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 3.18 Contoh penampakan citra pada tingkat resolusi yang berbeda-beda. (a) Citra asli 64x64 piksel. (b) Pengaburan menggunakan tapis Gaussian 14x14 yang deviasi standarnya 10. (c)-(h) Masing-masing adalah representasi citra (b) pada tingkat resolusi 32x32, 16x16, 8x8, 4x4, 2x2, dan 1x1 piksel. Sebagai catatan, citra (c)-(h) dibangkitkan dengan perataan blok yang masing-masing menggunakan blok partisi 2x2, 4x4, 8x8, 16x16, 32x32, dan 64x64 piksel. 79

Gambar 3.19 Perbandingan hasil ekstraksi ciri perataan blok dengan transformasi *wavelet*. (a) Citra huruf 64x64 piksel. (b) Hasil penapisan dengan tapis Gaussian 2D 14x14 yang deviasi standarnya 10. (c) dan (d) Masing-masing adalah hasil ekstraksi ciri perataan blok (ukuran blok partisi 8x8 piksel) dan transformasi *wavelet* (dekomposisi tiga tingkat, dengan *wavelet* Haar) pada (b). (e) dan (f) Masing-masing adalah gambaran jaring untuk (c) dan (d). 80

Gambar 3.20 Contoh citra asli, ternormalisasi, dan turunannya, dalam inisialisasi citra huruf. (a) Citra asli. (b) Citra ternormalisasi, yang dikoreksi dalam hal rotasi, ukuran, ketebalan, dan pergeseran. (c) – (f) Citra ternormalisasi yang masing-masing dirotasi dengan sudut -5°, -10°, 5°,dan 10°. 87

Gambar 3.21 Contoh citra asli, ternormalisasi, dan turunannya dengan cara *shearing* dan rotasi. (a) Citra asli. (b) Citra ternormalisasi yang merupakan citra asli yang telah dikoreksi dalam hal rotasi, ukuran, ketebalan, dan pergeseran. (c) – (f) Citra ternormalisasi yang masing-masing telah di-*shearing* dengan koefisien -0,2 , -0,1 , 0,1 , dan 0,2. (g) – (j) Citra ternormalisasi yang masing-masing telah dirotasi dengan sudut -5°, -10°, 5°, dan 10°. 88

Gambar 3.22 JST perambatan-balik dengan dua lapisan tersembunyi, yang digunakan dalam penelitian ini. 89

Gambar 3.23 Grafik evaluasi jumlah neuron pada lapisan tersembunyi 1 dan 2 terhadap rerata tingkat pengenalan huruf. 90

Gambar 3.24 Grafik evaluasi nilai Δ_0 terhadap rerata tingkat pengenalan huruf. 94

Gambar 3.25 Langkah-langkah pengenalan kata melalui pengenalan huruf yang menggunakan JST. 96

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Kajian teknik pengenalan kata tulisan-tangan menggunkan kombinasi jaringan syaraf tiruan perambatan-balik
SUMARNO, Linggo, Promotor Prof. Adhi Susanto, M.Sc., Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 3.26	Diagram alir pengenalan kata melalui pengenalan huruf yang menggunakan JST.	97
Gambar 3.27	Grafik evaluasi jumlah maksimum segmen/huruf terhadap (a) tingkat pengenalan kata dan (b) waktu pengenalan kata.	100
Gambar 3.28	Grafik evaluasi jumlah kandidat huruf terbaik terhadap (a) tingkat pengenalan kata dan (b) waktu pengenalan kata.	102
Gambar 3.29	Kombinasi lima pengenalan kata melalui pengenalan huruf yang menggunakan JST. Setiap JST berarsitektur sama, namun mempunyai nilai-nilai bobot yang saling berbeda.	104
Gambar 3.30	Grafik evaluasi jumlah JST dalam kombinasi JST terhadap (a) tingkat pengenalan kata dan (b) waktu pengenalan kata.	110
Gambar 3.31	Contoh pengaruh koreksi *slope* dan *slant* terhadap segmentasi, yang menggunakan tapis Gaussian 1D 20 titik dengan deviasi standar 8. (a) Citra masukan. (b) Hasil koreksi lengkap (koreksi *slope*, *slant*, dan skala). (c) Hasil tanpa koreksi *slope* (koreksi *slant* dan skala). (d) Hasil tanpa koreksi *slant* (koreksi *slope* dan skala). (e) Hasil tanpa koreksi skala (koreksi *slope* dan *slant*). (f)-(i) Masing-masing adalah hasil segmentasi (a)-(e).	118
Gambar 3.32	Contoh pengaruh koreksi ketebalan huruf terhadap tingkat kekaburan 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.	121
Gambar 3.33	Contoh pengambangan nilai-nilai minimum yang menghasilkan segmentasi sempurna. (a) Citra masukan. (b) Histogram proyeksi vertikal dari (a). (c) Hasil penapisan pelewat-rendah (b) dengan tapis Gaussian 1D 20 titik dengan deviasi standar 8. (d) Garis-garis vertikal yang berkaitan dengan nilai-nilai minimum pada (c). (e) Hasil segmentasi (a) dengan berdasarkan pada (d). Hasil segmentasi (a) yang sempurna (satu huruf satu segmen), karena menggunakan nilai ambang pada persamaan (5.2).	122

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Kajian teknik pengenalan kata tulisan-tangan menggunkan kombinasi jaringan syaraf tiruan perambatan-balik
SUMARNO, Linggo, Promotor Prof. Adhi Susanto, M.Sc., Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 3.34 Contoh pengambangan nilai-nilai minimum yang menghasilkan kesalahan segmentasi. (a) Citra masukan. (b) Histogram proyeksi vetikal dari (a). (c) Hasil penapisan pelewat-rendah (b) dengan tapis Gaussian 1D 20 titik dengan deviasi standar 8. (d) Garis-garis vertikal yang berkaitan dengan nilai-nilai minimum pada (c). (e) Hasil segmentasi (a) dengan berdasarkan pada (d). Hasil segmentasi (a) ada yang salah (ada dua huruf dalam satu segmen), karena menggunakan nilai ambang pada persamaan (3.2). 123

Gambar 3.35 Pengaruh penapisan pelewat-rendah pada segmentasi. (a) Citra masukan. (b) Histogram proyeksi vertikal. (c) Garis-garis vertikal yang menandakan tempat-tempat minimum lokal dari (b). (d) Hasil segmentasi yang menggunakan (c). (e) Hasil penapisan pelewat-rendah dari (b) dengan menggunakan tapis Gaussian 1D 20 titik yang deviasi standarnya 8. (f) Garis-garis vertikal yang menandakan tempat-tempat minimum lokal dari (f). (g) Hasil segmentasi yang menggunakan (f). 128

Gambar 4.1 Hasil pengujian pengaruh jumlah kata diuji terhadap tingkat pengenalan kata. 139

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Kajian teknik pengenalan kata tulisan-tangan menggunkan kombinasi jaringan syaraf tiruan perambatan-balik
SUMARNO, Linggo, Promotor Prof. Adhi Susanto, M.Sc., Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR LAMPIRAN

		Halaman
Lampiran 1	Inisialisasi Penelitian	159
Lampiran 2	Contoh Lembar Pengambilan Sampel Kata	161
Lampiran 3	Contoh Lembar Pengambilan Sampel Huruf	162
Lampiran 4	Contoh Citra Kata Terisolasi	163
Lampiran 5	Contoh Citra Huruf Terisolasi	164
Lampiran 6	Daftar Kata dalam Leksikon 48, 96, dan 192 Kata	165
Lampiran 7	Contoh-contoh Pengenalan Kata	167
Lampiran 8	Ilustrasi Teknik Pengenalan Kata yang Dikaji	169