

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	ii
PERNYATAAN	iii
MOTO.....	iv
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xvii
INTISARI	xix
ABSTRACT	xx
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Keaslian Penelitian	3
1.7 Sistematika Penulisan.....	3
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	 5
 BAB III LANDASAN TEORI	 15
3.1 Salak Pondoh.....	15
3.2 Pengolahan Citra Digital	16
3.3 Model Warna dan Fitur Warna.....	17
3.3.1 Warna	17
3.3.2 Model warna rgb	18
3.3.3 Model warna hsv	18
3.3.4 Abu-abu (<i>gray</i>).....	19
3.3.5 Fitur warna	19

3.4	Normalisasi Fitur	20
3.5	Ukuran Kedekatan Jarak Euclidean	20
3.6	Segmentasi	21
3.6.1	Penghapusan <i>noise</i>	22
3.6.2	Pengisian piksel.....	23
3.7	Jaringan Syaraf Tiruan	24
3.7.1	Koreksi bobot pada jalur perambatan <i>hidden layer</i> ke <i>output layer</i>	26
3.7.2	Koreksi bobot pada jalur perambatan <i>input layer</i> ke <i>hidden layer</i>	28
3.7.3	Bobot baru	30
3.7.4	Algoritma <i>error backpropagation</i>	31
3.7.5	Inisialisasi bobot.....	32
3.8	Metode Klasifikasi K-Nearest Neighbor	32
BAB IV ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM.....		35
4.1	Pengambilan Data Citra	35
4.1.1	Proses pengambilan data citra	35
4.1.2	Analisis data citra	36
4.2	Deskripsi Sistem Penentuan Kematangan Buah Salak Pondok	36
4.3	Analisis Sistem	39
4.4	Rancangan Sistem	40
4.4.1	Rancangan proses penentuan kematangan	40
4.4.2	Rancangan proses ekstraksi fitur pembandingan pada saat segmentasi ..	42
4.4.3	Rancangan proses ekstraksi fitur pembandingan pada saat klasifikasi.....	45
4.4.4	Rancangan proses <i>training backpropagation</i>	48
4.4.5	Rancangan proses segmentasi citra	50
4.4.6	Rancangan proses penghapusan <i>noise</i>	53
4.4.7	Rancangan proses pengisian piksel	58

4.4.8 Rancangan proses ekstraksi nilai fitur objek dalam citra uji.....	68
4.4.9 Rancangan proses klasifikasi	70
4.4.10 Rancangan kebutuhan perangkat fungsional.....	78
BAB V IMPLEMENTASI	95
5.1 Lingkungan Pengembangan Sistem	95
5.2 Implementasi Pengelolaan Data	95
5.2.1 Implementasi fungsi ekstraksi fitur pada proses segmentasi	96
5.2.2 Implementasi fungsi ekstraksi fitur pada proses klasifikasi.....	97
5.3 Implementasi Fungsi Proses <i>Traning</i> Backpropagation.....	98
5.4 Implementasi Fungsi Segmentasi.....	101
5.4.1 Fungsi Segmentasi	102
5.4.2 Fungsi proses penghapusan <i>noise</i> 1	108
5.4.3 Fungsi proses penghapusan <i>noise</i> 2	110
5.4.4 Fungsi proses pengisian piksel 1	111
5.4.5 Fungsi proses pengisian piksel 2.....	113
5.5 Implementasi Fungsi Klasifikasi.....	115
5.5.1 Fungsi ekstraksi fitur objek pada citra uji	115
5.5.2 Fungsi klasifikasi menggunakan hasil <i>training</i> backpropagation	115
5.5.3 Fungsi klasifikasi dengan K-Nearest Neighbor	115
5.6 Implementasi Antar Muka Pengguna	120
5.6.1 Antar muka utama	120
5.6.2 Antar muka tampilkan citra hasil semua tahapan	121
5.6.3 Antar muka training backpropagation.....	122
5.6.4 Antar muka kelola data untuk proses segmentasi	122
5.6.5 Antar muka tampilkan data fitur untuk proses segmentasi	124
5.6.6 Antar muka kelola data untuk proses klasifikasi.....	124

5.6.7 Antar muka tampilkan data fitur untuk proses klasifikasi	124
5.6.8 Antar muka tampilkan data fitur hasil normalisasi	124
5.6.9 Antar muka penjelasan tentang aplikasi.....	125
BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN	127
6.1 Akuisisi Data	127
6.2 Hasil Ekstraksi Fitur Pembanding.....	128
6.2.1 Hasil ekstraksi fitur pembanding untuk segmentasi.....	128
6.2.2 Hasil ekstraksi fitur pembanding untuk klasifikasi	129
6.3 Hasil Proses Training Backpropagation	130
6.4 Hasil Proses Segmentasi.....	133
6.5 Hasil Proses Klasifikasi.....	136
6.5.1 Hasil proses klasifikasi dengan backpropagation	137
6.5.2 Hasil proses klasifikasi dengan k-Nearest Neighbor	139
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN.....	142
7.1 Kesimpulan.....	142
7.2 Saran.....	143
DAFTAR PUSTAKA	144
LAMPIRAN	147

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Langkah-langkah pokok pengolahan citra digital (Gonzalez dan Woods, 2008).....	16
Gambar 3.2	Piksel yang akan dicek $p(i,j)$ dengan piksel-piksel tetangga pada berbagai arah.....	21
Gambar 3.3	Arsitektur JST Multilayer Perceptron (Kusumadewi dan Hartati,2006).....	25
Gambar 3.4	Nearest Neighbor dengan jumlah tetangga (a) 2-NN, (b) 6-NN.....	33
Gambar 4.1	Contoh citra yang diambil, (a) Buah salak pondoh dengan tanpa <i>background</i> dan (b) Buah salak pondoh dengan <i>background</i> lingkungan.....	35
Gambar 4.2	Diagram blok proses dalam sistem penentuan kematangan dengan menggunakan Backpropagation.....	40
Gambar 4.3	Diagram blok proses dalam sistem penentuan kematangan dengan menggunakan K-Nearest Neighbor.....	41
Gambar 4.4	Contoh citra hasil <i>cropping</i> pada citra buah salak pondoh dengan ukuran yang diperbesar.....	42
Gambar 4.5	Tahapan dalam proses ekstraksi fitur <i>mean r</i> , <i>mean g</i> , <i>mean b</i> , dan <i>mean gray</i> yang digunakan sebagai pembanding pada saat proses segmentasi.....	44
Gambar 4.6	Flowchart proses menghitung nilai <i>mean r</i> , <i>mean g</i> , <i>mean b</i> , dan <i>mean gray</i>	44
Gambar 4.7	Diagram blok urutan proses ekstraksi fitur hingga penyimpanan kedalam <i>database</i>	46
Gambar 4.8	Arsitektur MLP yang digunakan pada proses <i>training</i> backpropagation untuk mengklasifikasi tingkat kematangan buah salak pondoh.....	48
Gambar 4.9	Alur proses <i>training</i> backpropagation.....	49
Gambar 4.10	Alur proses pengujian hasil training dengan menggunakan data training sebagai <i>input</i>	50
Gambar 4.11	<i>Flowchart</i> proses segmentasi.....	51
Gambar 4.12	Piksel yang akan dicek $p(x,y)$ dan piksel tetangga yang ikut dicek pada arah kanan(k_a), kiri(k_i), atas(a), bawah(b), diagonal kanan atas(k_{aa}), diagonal kanan bawah(k_{ab}), diagonal kiri atas(k_{ia}), dan diagonal kiri bawah (k_{ib}) setiap arah ditandai dengan warna yang sama.....	52

Gambar 4.13	Ilustrasi piksel-piksel objek dalam citra biner yang akan dilakukan proses penghapusan objek terjauh dari titik pusat piksel objek.....	54
Gambar 4.14	Flowchart proses penghapusan <i>noise</i> 1.....	56
Gambar 4.15	Contoh piksel-piksel tetangga yang diambil dari sebuah piksel objek P yang dicek.....	57
Gambar 4.16	<i>Flowchart</i> proses penghapusan <i>noise</i> 2.....	58
Gambar 4.17	Diagram blok urutan proses pengisian secara umum melalui 2 tahapan proses.....	59
Gambar 4.18	Ilustrasi proses pengecekan piksel objek tetangga dari piksel <i>background</i> p pada arah (a) atas, (b) kanan, (c) bawah, dan (d) kiri.....	59
Gambar 4.19	<i>Flowchart</i> proses pengisian 1.....	60
Gambar 4.20	<i>Flowchart</i> proses menghitung banyak piksel tetangga yang termasuk piksel objek pada arah kanan, kiri, atas, dan bawah.....	61
Gambar 4.21	Proses penyempurnaan pengisian secara (a) Horisontal dan (b) Vertikal.....	63
Gambar 4.22	Penggabungan hasil pengisian horizontal dan vertikal.....	64
Gambar 4.23	Urutan proses pengisian pada arah horizontal, vertikal, dan dilanjutkan dengan penggabungan hasil.....	64
Gambar 4.24	Proses pengisian pada arah horizontal.....	65
Gambar 4.25	Proses pengisian pada arah vertikal.....	66
Gambar 4.26	Proses penggabungan hasil pengisian arah horizontal dan vertikal.....	67
Gambar 4.27	Citra biner hasil segmentasi yang menunjukkan posisi piksel-piksel objek dalam citra uji.....	68
Gambar 4.28	Diagram blok proses ekstraksi fitur objek yang ada di dalam citra uji.....	69
Gambar 4.29	<i>Flowchart</i> proses perhitungan nilai fitur <i>Mean</i> (\bar{R} dan \bar{V}) dalam sistem.....	70
Gambar 4.30	<i>Flowchart</i> proses klasifikasi / penentuan kematangan dengan menggunakan algoritma backpropagation.....	75
Gambar 4.31	<i>Flowchart</i> proses klasifikasi / penentuan kematangan dengan menggunakan algoritma 2-Nearest Neighbor.....	78
Gambar 4.32	<i>Use Case Diagram</i> sistem penentuan tingkat kematangan buah salak pondok.....	79
Gambar 4.33	Class Diagram untuk menggambarkan arsitektur hubungan antar sub sistem di dalam sistem penentuan tingkat kematangan buah salak pondok.....	81
Gambar 4.34	ERD sistem basis data yang akan dibangun.....	82

Gambar 4.35	Tampilan antar muka utama, (a) antar muka utama, (b) sub menu file, (c) sub menu kelola, dan (d) sub menu tentang.....	87
Gambar 4.36	<i>Sequence diagram</i> tombol ambil.....	88
Gambar 4.37	Tampilan antar muka yang muncul ketika tombol tampilan lengkap ditekan.....	89
Gambar 4.38	Rancangan tampilan antar muka yang digunakan untuk tranining backpropagation.....	90
Gambar 4.39	Rancangan tampilan antar muka yang digunakan untuk mengelola data segmentasi.....	91
Gambar 4.40	Tampilan antar muka yang muncul ketika tombol tampilan akan digunakan	91
Gambar 4.41	Tampilan antar muka yang digunakan pada proses ekstraksi fitur pembandingan yang digunakan pada proses klasifikasi.....	92
Gambar 4.42	Tampilan antar muka yang muncul ketika tombol tampilan ditekan.....	93
Gambar 4.43	Tampilan antar muka yang muncul ketika tombol tampilan data normalisasi ditekan.....	93
Gambar 4.44	Tampilan antar muka yang muncul ketika menu tentang produk ditekan.....	94
Gambar 5.1	Potongan kode program menghitung nilai <i>mean r</i> , <i>mean g</i> , <i>mean b</i> , dan <i>mean gray</i>	96
Gambar 5.2	Potongan kode program untuk menghitung nilai <i>mean R</i>	97
Gambar 5.3	Potongan kode program untuk menghitung nilai <i>mean V</i>	97
Gambar 5.4	Potongan kode program yang digunakan untuk nermalisasi nilai fitur klasifikasi.....	98
Gambar 5.5	Potongan kode program yang digunakan untuk memberikan nilai bobot awal di setiap jalur perambatan.....	99
Gambar 5.6	Potongan kode program yang digunakan pada proses forward propagation pada proses training.....	100
Gambar 5.7	Potongan kode program yang digunakan untuk menghitung nilai error di setiap neuron output.....	101
Gambar 5.8	Potongan kode program yang digunakan untuk menyimpan nilai <i>v</i> sebelum perbaikan ke dalam variabel <i>vLama</i>	101
Gambar 5.9	Potongan kode program yang digunakan untuk koreksi bobot jalur perambatan <i>hidden layer</i> ke <i>output layer</i> dan <i>input layer</i> ke <i>hidden layer</i>	102
Gambar 5.10	Potongan kode program untuk menghitung jarak euclidean fitur <i>r</i> , <i>g</i> , <i>b</i> , dan <i>gray</i> dari tiap piksel citra uji terhadap nilai <i>r</i> , <i>g</i> , <i>b</i> , dan <i>gray</i> pembandingan (<i>rP</i> , <i>gP</i> , <i>bP</i> , dan <i>grayP</i>).....	103
Gambar 5.11	Potongan kode program untuk menghitung akumulasi nilai <i>r</i> , <i>g</i> , <i>b</i> , dan <i>gray</i> dari piksel-piksel tetangga piksel citra uji yang dicek.....	104

Gambar 5.12	Potongan kode program untuk menghitung nilai <i>r</i> , <i>g</i> , dan <i>gray</i> rata-rata dari <i>rgb</i> piksel-piksel tetangga piksel citra uji yang dicek, serta menghitung jarak euclidean terhadap data fitur pembandingan.....	107
Gambar 5.13	Potongan kode program proses seleksi, jika salah satu atau beberapa tetangga memiliki <i>JE</i> kurang dari <i>T</i> maka tetapkan sebagai objek dan jika lebih besar maka tetapkan sebagai <i>background</i>	107
Gambar 5.14	Potongan kode program pada proses penghapusan <i>noise</i> 1.....	110
Gambar 5.15	Potongan kode program pada proses penghapusan <i>noise</i> 2.....	111
Gambar 5.16	Potongan kode program pada proses pengisian piksel 1.....	113
Gambar 5.17	Potongan kode program pada proses pengisian piksel 2.....	115
Gambar 5.18	Potongan kode program yang digunakan untuk memerintah fungsi-fungsi yang digunakan untuk menghitung nilai fitur kemudian dilanjutkan dengan melakukan normalisasi.....	116
Gambar 5.19	Potongan kode program untuk menghitung nilai <i>mean R</i> objek....	116
Gambar 5.20	Potongan kode program untuk menghitung nilai <i>mean V</i> objek...	117
Gambar 5.21	Potongan kode program yang digunakan untuk proses klasifikasi menggunakan hasil <i>training backpropagation</i>	118
Gambar 5.22	Potongan kode program yang digunakan untuk proses klasifikasi menggunakan <i>k-Nearest Neighbor</i>	120
Gambar 5.23	Tampilan antar muka utama yang diberhasil dibangun.....	121
Gambar 5.24	Tampilan antar muka yang menampilkan semua citra hasil dari setiap tahapan proses.....	121
Gambar 5.25	Tampilan antar muka yang digunakan sebagai kontrol proses <i>training backpropagation</i>	122
Gambar 5.26	Tampilan antar muka yang digunakan untuk mengelola data fitur yang akan digunakan pada proses segmentasi.....	123
Gambar 5.27	Tampilan antar muka yang menampilkan data fitur yang digunakan pada saat proses segmentasi.....	123
Gambar 5.28	Tampilan antar muka yang digunakan untuk mengelola data fitur yang akan digunakan pada proses klasifikasi.....	124
Gambar 5.29	Tampilan antar muka yang menampilkan data fitur yang digunakan pada saat proses klasifikasi.....	125
Gambar 5.30	Tampilan antar muka yang menampilkan data fitur hasil normalisasi yang digunakan pada saat proses klasifikasi.....	125
Gambar 5.31	Tampilan antar muka yang menampilkan sekilas informasi tentang aplikasi.....	126
Gambar 6.1	Contoh citra hasil cropping dengan masing-masing tingkat kematangan (a) matang, (b) sedang, dan (c) mentah.....	127

Gambar 6.2	Contoh citra yang digunakan pada proses uji dengan tingkat kematangan masing-masing (a) matang, (b) sedang, dan (c) mentah.....	127
Gambar 6.3	Hasil plot nilai fitur klasifikasi maksimum dan minimum.....	131
Gambar 6.4	Segmentasi dan perbaikan dengan masing-masing citra adalah (a) citra uji (original), (b) citra hasil segmentasi, (c) & (d) citra hasil penghapusan noise 1 & 2, dan (e) & (f) citra hasil pengisian 1 & 2.....	134
Gambar 6.5	Hasil penghapusan noise 1 dengan menggunakan nilai ambang kepadatan 4% (hasil kiri) dan 9% (hasil kanan).....	136

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tinjauan pustaka.....	11
Tabel 4.1	Nilai r, g, dan b tiap piksel citra hasil <i>cropping</i>	43
Tabel 4.2	Nilai r, g, b, dan v tiap piksel citra hasil <i>cropping</i>	46
Tabel 4.3	Contoh data fitur hasil ekstraksi.....	47
Tabel 4.4	Nilai maksimum dan minimum fitur Mr dan Mv.....	47
Tabel 4.5	Data fitur hasil normalisasi.....	47
Tabel 4.6	Nilai r, g, b, dan v tiap piksel objek.....	69
Tabel 4.7	Data fitur objek yang akan dicek kematangannya.....	72
Tabel 4.8	Nilai bobot jalur perambatan input layer ke <i>hidden layer</i>	72
Tabel 4.9	Nilai bobot jalur perambatan hidden layer ke <i>output layer</i>	72
Tabel 4.10	Perhitungan nilai tiap neuron <i>hidden</i>	73
Tabel 4.11	Perhitungan nilai tiap neuron <i>output</i>	74
Tabel 4.12	Data fitur objek yang akan dicek kematangannya.....	75
Tabel 4.13	Data fitur pembandingan.....	76
Tabel 4.14	Jalur euclidean data fitur objek terhadap tiap data fitur pembandingan.....	77
Tabel 4.15	Struktur tabel fitur klasifikasi.....	83
Tabel 4.16	Struktur tabel fitur hasil normalisasi.....	83
Tabel 4.17	Struktur tabel fitur segmentasi.....	84
Tabel 4.18	Struktur tabel hasil training backpropagation bobot <i>hidden</i> ke <i>output</i>	84
Tabel 4.19	Struktur tabel tampung parameter tampil segmentasi.....	85
Tabel 4.20	Struktur tabel hasil training backpropagation bobot <i>input</i> ke <i>hidden</i>	85
Tabel 4.21	Struktur tabel pendukung hasil <i>training</i> backpropagation.....	86
Tabel 4.22	Struktur tabel tampung parameter tampil klasifikasi.....	86
Tabel 4.23	Struktur tabel tampung parameter tampil klasifikasi.....	86
Tabel 6.1	Hasil ekstraksi fitur pembandingan yang digunakan pada proses segmentasi.....	128
Tabel 6.2	Hasil ekstraksi fitur Mr dan Mv.....	129
Tabel 6.3	Nilai maksimum minimum tiap fitur.....	129
Tabel 6.4	Hasil ekstraksi fitur Mr dan Mv yang telah dinormalisasi.....	130
Tabel 6.5	Bobot jalur perambatan neuron input ke neuron hidden (w)....	132
Tabel 6.6	Bobot jalur perambatan neuron hidden ke neuron output.....	133

Tabel 6.7	Hasil pengujian klasifikasi backpropagation dengan menggunakan citra uji yang diambil menggunakan kamera Canon PowerShot A810.....	137
Tabel 6.8	Hasil pengujian klasifikasi backpropagation dengan menggunakan citra uji yang diambil menggunakan kamera Canon EOS 1100D.....	138
Tabel 6.9	Hasil pengujian k-Nearest Neighbor dengan menggunakan citra uji yang diambil menggunakan kamera Canon PowerShot A810.....	139
Tabel 6.10	Hasil pengujian k-Nearest Neighbor dengan menggunakan citra uji yang diambil menggunakan kamera Canon EOS 1100D.....	140