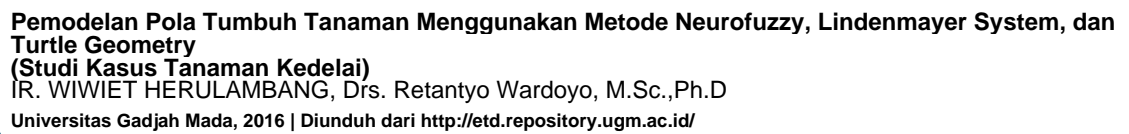


DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	
HALAMAN PERNYATAAN	
PRAKATA	
DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	viii
INTISARI	ix
ABSTRACT	x
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Keaslian Penelitian	5
1.7 Metode Penelitian	5
1.8 Sistematika Penelitian	6
BAB II. KAJIAN PUSTAKA	8
2.1 Perbandingan Tinjauan Pustaka	13
BAB III. LANDASAN TEORI	15
3.1 Neurofuzzy (ANFIS)	15
3.1.1 Struktur Neurofuzzy (ANFIS)	17
3.1.2 Algoritma Pembelajaran ANFIS	21
3.2 Lindenmayer System (L-System)	25
3.2.1 Algoritma L-System	26
3.2.2 Jenis – Jenis Varian L-System	26
3.3 Turtle Geometry	32
3.3.1 Interpretasi Turtle pada bidang 2 Dimensi	32
3.3.2 Interpretasi Turtle pada bidang 3 Dimensi	35
3.4 Pola Pertumbuhan Tanaman Kedelai	39
3.4.1 Taksonomi Tanaman Kedelai	39
3.4.2 Fisiologi Tanaman Kedelai	40
3.4.3 Syarat Tumbuh Tanaman Kedelai	41
3.4.4 Tahap – Tahap Pertumbuhan Kedelai	41
3.4.5 Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Tanaman	42
3.4.6 Fungsi dan Defisiensi Unsur Hara pada Pertumbuhan Tanaman	43
3.4.7 Kebutuhan Pupuk Tanaman Kedelai	44
3.5 Fungsi Pertumbuhan Tanaman (Growth Function)	44

BAB IV. ANALISIS DAN RANCANGAN SISTEM	49
4.1 Analisis Sistem	49
4.2 Rancangan Sistem	51
4.3 Arsitektur Sistem	52
4.4 Model L-System	54
4.4.1 Bracketed L-System dengan Representasi Turtle Geometry	54
4.4.2 Model Baku L-System Tanaman Kedelai	56
4.4.3 Model Bebas (Free-Form) L-System Tanaman Kedelai	58
4.5 Model ANFIS	60
4.5.1 Prediksi Pertumbuhan Tanaman menggunakan ANFIS	60
4.5.2 Struktur ANFIS	61
4.5.3 Algoritma Pelatihan ANFIS	63
4.5.4 Konversi Data Latih ANFIS	65
4.6 Penggabungan Model L-System dengan Model ANFIS	67
4.6.1 Algoritma Penggabungan String L-System dengan Data Output ANFIS	68
4.6.2 Perhitungan Koordinat – Koordinat Visualisasi 3 Dimensi	69
4.7 Perancangan User Interface	70
4.7.1 Rancangan Tampilan Utama Program	70
4.7.2 Rancangan Tampilan Hasil Simulasi Tanaman	71
4.7.3 Rancangan Tampilan Penentuan Struktur Tanaman	72
 BAB V. IMPLEMENTASI	 73
5.1 Deskripsi Implementasi	73
5.2 Implementasi Klasifikasi String L-System	73
5.3 Implementasi Pengolahan Model ANFIS	77
5.3.1 Operasi Penyimpanan Model ANFIS	77
5.3.2 Proses Pelatihan ANFIS	83
5.4 Implementasi Penggabungan Model L-System dengan Model ANFIS untuk Menggambar Obyek 3 Dimensi	90
5.5 Hasil Implementasi Tampilan User Interface	92
5.5.1 Tampilan Utama Program	92
5.5.2 Tampilan Hasil Implementasi Menu L-System	92
5.5.3 Tampilan Hasil Implementasi Menu ANFIS	94
5.5.4 Tampilan Proses Pembacaan Data Masukan ANFIS	94
5.5.5 Tampilan Proses Training ANFIS	95
5.5.6 Tampilan Hasil Implementasi Menu Simulasi	96
 BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN	 98
6.1 Rencana Pengujian Sistem	98
6.1.1 Rencana Pengujian Neurofuzzy (ANFIS)	98
6.1.2 Rencana Pengujian Visualisasi 3-D	101
6.1.3 Rencana Pengujian Sistem Keseluruhan	101
6.2 Hasil Pengujian Sistem	102
6.2.1 Hasil Pengujian Neurofuzzy (ANFIS)	102

6.2.2 Hasil Pengujian Visualisasi 3-D	107
6.2.3 Hasil Pengujian Sistem Keseluruhan	111
 BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	 113
7.1 Kesimpulan	113
7.2 Saran	114



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Struktur ANFIS (Jang et.al., 1997)	18
Gambar 3.2 Triangle membership function	18
Gambar 3.3 Trapeesium membership function	19
Gambar 3.4 Gaussian membership function	19
Gambar 3.5 Sigmoid membership function	20
Gambar 3.6 Generalized Bell (G-Bell) membership function	20
Gambar 3.7 Contoh L-system pertumbuhan Algae	27
Gambar 3.8 Contoh string grammar stochastic L-system	28
Gambar 3.9 Contoh alur produksi grammar parametrix L-system	30
Gambar 3.10 Contoh interpretasi string $F+F+F+$	32
Gambar 3.11 Algoritma interpretasi grafis dari contoh string bracketed L-system	34
Gambar 3.12 Hasil iterasi 4 generasi dari string $F \rightarrow F[-F]F[+F][F]$	34
Gambar 3.13 Pergerakan <i>Turtle</i> dalam ruang 3D	35
Gambar 3.14 (a) Matriks rotasi dan (b) sumbu rotasi	36
Gambar 3.15 Tanaman kedelai	39
Gambar 3.16 Bagian – bagian tanaman yang bertumbuh	40
Gambar 3.17 Tahap – tahap pertumbuhan tanaman kedelai	41
Gambar 3.18 Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman	42
Gambar 3.19 Kurva aproksimasi sigmoidal pada pertumbuhan kedelai	45
Gambar 3.20 Grafis parameter fungsi pertumbuhan kedelai	47
Gambar 3.21 Perbandingan pertumbuhan kedelai (tinggi tanaman sebagai fungsi dari nutrisi N-P-K)	48
Gambar 4.1 Alur proses dari bentuk tanaman asli menjadi simulasi tanaman	51
Gambar 4.2 Arsitektur sistem pemodelan pola tumbuh tanaman menggunakan Neurofuzzy, Lindenmayer system dan turtle geometry	52
Gambar 4.3 Alur proses sistem pemodelan pola tumbuh tanaman kedelai	53
Gambar 4.4 Hasil Contoh 1	59
Gambar 4.5 Hasil Contoh 2	59
Gambar 4.6 Hasil Contoh 3	60
Gambar 4.7 Ilustrasi korelasi non linear antara NPK dengan L-W-B menggunakan ANFIS	60
Gambar 4.8 Arsitektur ANFIS untuk simulasi tumbuh kedelai	62
Gambar 4.9 Alur proses pelatihan ANFIS	63
Gambar 4.10 Ilustrasi kebutuhan konversi data real ke step iterasi	65
Gambar 4.11 Alur proses penggabungan model L-system dengan model ANFIS	68
Gambar 4.12.Rancangan tampilan utama program	70
Gambar 4.13.Rancangan tampilan penentuan struktur <i>L-System</i>	71
Gambar 4.14.Rancangan tampilan penentuan struktur <i>L-System</i>	72
Gambar 5.1 Kode program untuk klasifikasi parameter L-System	74
Gambar 5.2 Kode program L-System dan Turtle 3D (bagian 1)	75

Gambar 5.3 Kode program L-System dan Turtle 3D (bagian 2)	76
Gambar 5.4 Kode program L-System dan Turtle 3D (bagian 3)	77
Gambar 5.5 Contoh file text hasil penyimpanan model ANFIS	77
Gambar 5.6 Prosedur simpan file text model ANFIS (berlanjut)	79
Gambar 5.7 Prosedur simpan file text model ANFIS (berlanjut)	80
Gambar 5.8 Prosedur simpan file text model ANFIS	81
Gambar 5.9 Prosedur baca file text model ANFIS	82
Gambar 5.10 Prosedur inisialisasi dan normalisasi data	83
Gambar 5.11 Prosedur perhitungan feedforward dengan LSE (berlanjut)	84
Gambar 5.12 Prosedur perhitungan feedforward dengan LSE (berlanjut)	85
Gambar 5.13 Prosedur perhitungan feedforward dengan LSE	86
Gambar 5.14 Prosedur perhitungan backpropagation (berlanjut)	87
Gambar 5.15 Prosedur perhitungan backpropagation	88
Gambar 5.16 Prosedur gradient descent untuk backpropagation	89
Gambar 5.17 Tampilan obyek batang 3-dimensi	90
Gambar 5.18 Kode program untuk menggambar batang 3-dimensi	90
Gambar 5.19 Tampilan obyek daun 3-dimensi	91
Gambar 5.20 Kode program untuk menggambar daun 3-dimensi	91
Gambar 5.21 Tampilan utama program simulasi pola tumbuh tanaman kedelai	92
Gambar 5.22 Tampilan editor L-System pada menu utama	93
Gambar 5.23 Tampilan form input L-System editor	93
Gambar 5.24 Tampilan editor model ANFIS pada menu utama	94
Gambar 5.25 Tampilan awal form editor model ANFIS	94
Gambar 5.26 Tampilan form pemilihan data pelatihan model ANFIS	95
Gambar 5.27 Tampilan form proses pelatihan model ANFIS	95
Gambar 5.28 Tampilan form setelah pelatihan model ANFIS	96
Gambar 5.29 Tampilan editor simulasi sistem pada menu utama	96
Gambar 5.30 Tampilan hasil simulasi untuk string set tanpa daun	97
Gambar 5.31 Tampilan hasil simulasi untuk string set dengan daun	97
Gambar 6.1 Beberapa tampilan saat proses uji coba ANFIS	106
Gambar 6.2 Perbandingan hasil visualisasi dengan perbedaan variabel L	111
Gambar 6.3 Perbandingan hasil visualisasi dengan perbedaan variabel W	112
Gambar 6.4 Perbandingan hasil visualisasi dengan perbedaan variabel B	112

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Kajian Pustaka	13
Tabel 3.1 Perbandingan metodologi Soft Computing	16
Tabel 3.2 Perbandingan kemampuan ANN dengan Fuzzy	17
Tabel 3.3 Proses pembelajaran ANFIS	22
Tabel 3.4 Dua simbol yang digunakan pada bracketed L-system	31
Tabel 3.5 Korelasi simbol dengan matrik pada turtle geometry	37
Tabel 3.6 Iterasi string L-system menggunakan turtle geometry	38
Tabel 3.7 Fungsi dan akibat defisiensi unsur hara	43
Tabel 3.8 Nilai aproksimasi untuk parameter pertumbuhan kedelai	46
Tabel 4.1 Pengaruh lingkungan terhadap pertumbuhan tanaman kedelai	49
Tabel 4.2 Daftar simbol Bracketed L-System dengan representasi turtle geometry	55
Tabel 4.3 Model – model baku L-system untuk tanaman kedelai	57
Tabel 4.4 Kebutuhan konversi data	65
Tabel 6.1 Rencana pengujian sistem ANFIS	98
Tabel 6.2 Data polybag, NPK berimbang	99
Tabel 6.3 Data lahan sawah padi, P-K dominan	99
Tabel 6.4 Data lahan tegal, N dominan	100
Tabel 6.5 Rencana pengujian visualisasi 3 dimensi	101
Tabel 6.6 Rencana pengujian sistem keseluruhan	101
Tabel 6.7 Hasil pengujian neurofuzzy	102
Tabel 6.8 Data hasil pelatihan ANFIS untuk output L, W dan B	103
Tabel 6.9 Hasil pengujian ANFIS untuk subyek uji nomor 3	105
Tabel 6.10 Perbandingan error sistem untuk MF=3, 5 dan 10	106
Tabel 6.11 Hasil pengujian visualisasi 3-D	107
Tabel 6.12 Hasil uji visualisasi model baku string L-system	108
Tabel 6.13 Hasil uji visualisasi 3-D model freeform string L-system	110
Tabel 6.14 Hasil pengujian sistem keseluruhan	111