

Optimasi Fungsi Keanggotaan Fuzzy Mamdani menggunakan Algoritme Genetika untuk Penentuan Kesesuaian Lahan Tanam Tembakau

Fikri Hilman¹, Budi Darma Setiawan², Randy Cahya Wihandika³

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
Email: ¹fhilman94@gmail.com, ²s.budidarma@ub.ac.id, ³rendicahya@ub.ac.id

Abstrak

Salah satu syarat agar tembakau yang dihasilkan berkualitas baik adalah penggunaan lahan yang sesuai. Kualitas lahan yang semakin baik akan berakibat pada peningkatan kualitas serta kuantitas tanaman tembakau yang dihasilkan. Kendala utama yang dialami oleh para petani tembakau dalam menentukan kesesuaian lahan adalah terbatasnya pengetahuan serta sulitnya memperoleh data yang benar tentang kualitas lahan yang sesuai untuk tanaman tembakau. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang terkomputerisasi untuk membantu petani dalam membuat keputusan terhadap calon lahan yang akan digunakan. Sistem ini diimplementasikan menggunakan *Fuzzy Inference System (FIS) Mamdani* dan dioptimasi menggunakan Algoritme Genetika. Beberapa faktor yang digunakan dalam sistem ini antara lain persentase lahan terkena penyakit, keterbukaan wilayah, derajat berat tanah, ketebalan lapis olah, kemudahan irigasi, kondisi medan, dan pH tanah. Metode reproduksi yang digunakan adalah *extended intermediate crossover* dan *random mutation*, sedangkan metode seleksi yang digunakan adalah *elitism*. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, solusi yang paling optimum didapatkan pada jumlah populasi sebesar 90, kombinasi nilai *cr* dan *mr* berturut-turut sebesar 0,2 dan 0,8, dan jumlah generasi sebesar 500, dengan rata-rata nilai *fitness* yang dihasilkan adalah 0,917. Akurasi yang dihasilkan oleh sistem ini adalah sebesar 80% dari 10 data uji yang digunakan.

Kata Kunci: *fuzzy inference system (FIS) mamdani, algoritme genetika, kesesuaian lahan, optimasi*

Abstract

One of the requirements for good quality tobacco is a good land use. Improved quality of the land will result in increased quality and quantity of tobacco plants produced. The main constraints experienced by tobacco farmers in determining land suitability are the limited knowledge and difficulty of obtaining correct data on the quality of land suitable for tobacco plants. Therefore, a computerized system is needed to assist farmers in making decisions on prospective land to be used. This system is implemented using Fuzzy Inference System (FIS) Mamdani and optimized using Genetic Algorithm. Some of the factors used in this system include the percentage of land affected by the disease, the openness of the region, the degree of weight of the soil, the thickness of the layer, the ease of irrigation, terrain conditions, and soil pH. The reproduction method used is extended intermediate crossover and random mutation, while the selection method used is elitism. Based on the results of the tests that have been done, the most optimum solution obtained on the total number for 90 population, the combination of cr and mr value of 0.2 and 0.8 respectively and the number of generations of 500, with the average of fitness value generated of 0,917. The Accuracy generated by this system is 80 % using 10 test data.

Keywords: *fuzzy inference system (FIS) mamdani, genetic algorithm, land suitability, optimization*

1. PENDAHULUAN

Lahan adalah suatu lingkungan fisik yang memiliki potensi untuk digunakan baik dalam bidang pertanian maupun non pertanian. Untuk mengoptimalkan penggunaan suatu lahan maka perlu dilakukan sebuah evaluasi untuk

menentukan kesesuaian dari lahan tersebut. Kriteria yang digunakan dalam menentukan kesesuaian lahan adalah persyaratan penggunaan lahan terkait atau jika dalam bidang pertanian adalah syarat tumbuh suatu tanaman yang selanjutnya dihubungkan dengan data dari lahan suatu wilayah (Laksono & Apriyanti, 2009). Penentuan kesesuaian lahan

dalam bidang pertanian bertujuan untuk menentukan kecocokan lahan untuk ditanami suatu jenis tanaman tertentu, seperti tembakau.

Sebagai komoditas perkebunan unggulan Indonesia, kualitas dari tanaman tembakau yang dihasilkan harus baik. Salah satu syarat agar tembakau yang dihasilkan berkualitas baik adalah penggunaan lahan yang sesuai. Kualitas lahan yang semakin baik akan berakibat pada peningkatan kualitas serta kuantitas tanaman tembakau yang dihasilkan. Jika lahan yang digunakan tidak sesuai, maka kemungkinan yang bisa terjadi adalah kerusakan pada tembakau, kualitas dan kuantitas tembakau yang rendah atau bahkan juga bisa gagal panen (Nandadiri et al., 2014).

Kendala utama yang dialami oleh para petani tembakau dalam menentukan kesesuaian lahan adalah terbatasnya pengetahuan serta sulitnya memperoleh data yang benar tentang kualitas lahan yang sesuai untuk tanaman tembakau. Dibutuhkan waktu yang cukup lama untuk memperoleh semua pengetahuan yang diperlukan, sehingga perlu adanya suatu sistem yang terkomputerisasi untuk membantu petani dalam membuat keputusan terhadap calon lahan yang akan digunakan (Sevani et al., 2009). Penentuan kesesuaian calon lahan tembakau dilakukan sebelum proses tanam dilakukan dengan tujuan untuk menilai apakah lahan tersebut cocok untuk ditanami tembakau atau tidak. Kriteria-kriteria atau parameter yang digunakan dalam menentukan kesesuaian lahan tanam tembakau yaitu persentase lahan terkena penyakit, keterbukaan wilayah, derajat berat tanah, ketebalan lapis olah, kemudahan irigasi, kondisi medan, dan pH tanah.

Kriteria-kriteria tersebut bersifat tidak pasti karena dapat memiliki dua kemungkinan sekaligus seperti baik dan buruk secara bersamaan, sehingga konsep logika *fuzzy* dapat digunakan untuk memecahkan masalah tersebut (Hidayat dalam Azizah et al., 2015). Dalam logika *fuzzy*, segala sesuatu tidak bisa dinyatakan hanya dengan satu kemungkinan seperti “ya atau tidak”, “baik atau buruk”, “tinggi atau rendah”, dan lain-lain. Logika *fuzzy* memungkinkan segala sesuatu memiliki dua kemungkinan sekaligus seperti baik dan buruk secara bersamaan, namun dibedakan dengan nilai keanggotaan yang dimiliki pada masing-masing kemungkinan.

Dalam penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Auliya dan Mahmudy (2016), *fuzzy tsukamoto* telah digunakan untuk

melakukan pemilihan lahan tanam yang optimum untuk tanaman tembakau. Penerapan *fuzzy tsukamoto* untuk permasalahan tersebut menghasilkan akurasi sistem sebesar 70%. Nilai akurasi tersebut dirasa belum maksimal karena keterbatasan pakar dalam menentukan batasan fungsi keanggotaan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan optimasi menggunakan algoritme genetika untuk menentukan batasan fungsi keanggotaan sehingga dapat menghasilkan nilai akurasi yang lebih baik.

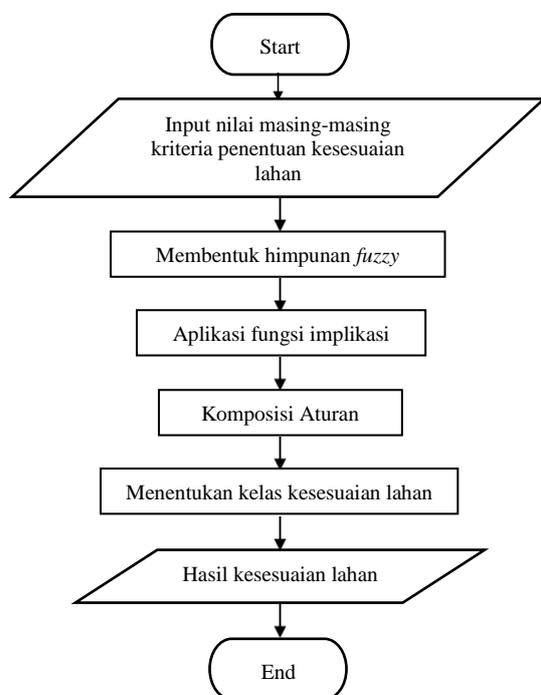
Hybrid logika *fuzzy* dengan algoritme optimasi telah digunakan untuk melakukan klasifikasi dan peramalan dalam beberapa penelitian sebelumnya. Sistem inferensi *fuzzy mamdani* dan algoritme *evolution strategies* telah digunakan untuk menentukan kualitas air sungai oleh Zulfa dan Mahmudy (2016). Parameter yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah nilai TSS, BOD, COD, DO, pH, Fenol, Minyak dan Lemak. Hasil akhir yang didapatkan dalam penelitian tersebut adalah kualitas air (memenuhi baku mutu, tercemar ringan, tercemar sedang, tercemar berat). Penelitian lain juga telah dilakukan oleh Azizah dkk (2015) dengan judul “*Optimasi Fungsi Keanggotaan Fuzzy Tsukamoto Menggunakan Algoritma Genetika Untuk Penentuan Harga Jual Rumah*”. Dalam penelitian tersebut, rata-rata *error* yang dihasilkan dengan menggunakan perhitungan *MAPE* adalah sebesar 0,1369 dan nilai *fitness* yang dihasilkan sebesar 0,8796.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Pramesti dan Mahmudy (2016) berhasil mengimplementasikan algoritme genetika untuk melakukan optimasi fungsi keanggotaan *fuzzy mamdani* dalam prediksi nilai tukar rupiah terhadap dollar amerika. Dalam penelitian tersebut, *fuzzy inference system (FIS) mamdani* yang telah dioptimasi mampu menghasilkan nilai *error MAPE* yang lebih kecil dan juga nilai *fitness* yang lebih besar jika dibandingkan dengan FIS mamdani sebelum dioptimasi. Nilai *error MAPE* yang dihasilkan oleh FIS mamdani yang telah dioptimasi adalah sebesar 1,149039% dan nilai *fitness* yang dihasilkan adalah sebesar 0,870292, sedangkan FIS mamdani sebelum dioptimasi menghasilkan nilai *error MAPE* sebesar 2,258069% dan nilai *fitness* yang dihasilkan sebesar 0,4428563.

2. FUZZY INFERENCE SYSTEM MAMDANI

Metode mamdani atau yang biasa disebut dengan metode Max-Min diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Dalam penelitian ini, *fuzzy mamdani* digunakan untuk menentukan (klasifikasi) kesesuaian lahan tanam tembakau. Sistem klasifikasi *fuzzy* adalah sistem *fuzzy* berbasis aturan yang dirancang untuk melakukan tugas klasifikasi. Langkah-langkah dalam menggunakan *fuzzy mamdani* untuk proses klasifikasi adalah sebagai berikut (Setiawan & Subanar, 2010):

1. Melakukan fungsi implikasi pada setiap aturan atau *rule* dengan menggunakan metode *MIN*.
2. Melakukan komposisi aturan menggunakan metode *MAX*. Dalam metode *MAX*, solusi *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari seluruh aturan pada masing-masing kelasnya.
3. Mengambil kelas dari kesesuaian lahan yang memiliki nilai keanggotaan terbesar untuk dijadikan hasil akhir klasifikasi. Diagram alir dari *fuzzy mamdani* dalam penelitian ini ditunjukkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Fuzzy Mamdani

3. ALGORITME GENETIKA

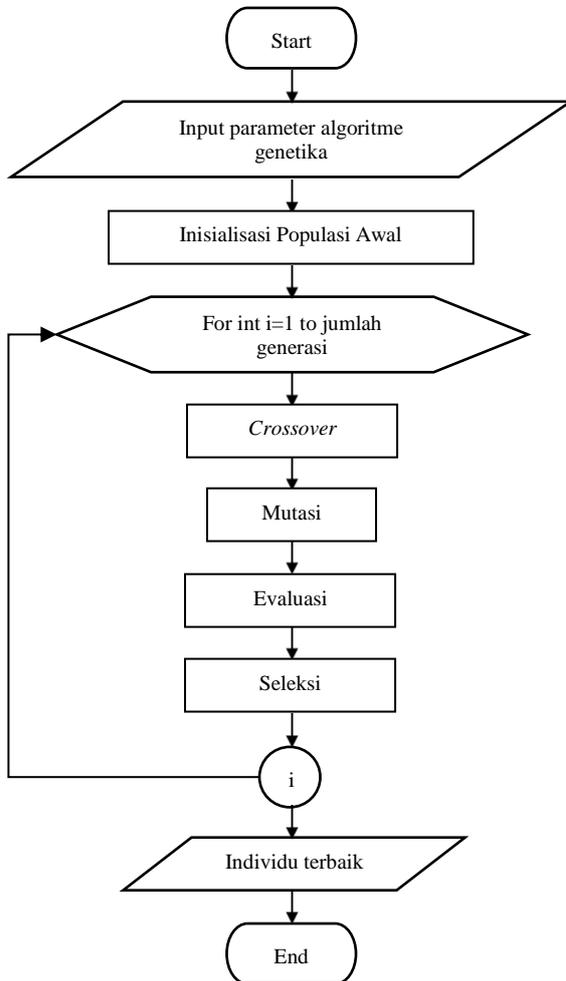
Algoritme genetika (*Genetic Algorithms*) merupakan salah satu cabang dari teknik optimasi yang didasarkan pada proses evolusi biologi. Algoritme ini memiliki kemampuan untuk menyelesaikan permasalahan yang kompleks sehingga banyak digunakan untuk penyelesaian masalah optimasi dengan model matematika yang kompleks atau bahkan sulit untuk dibangun (Mahmudy, 2015). Algoritme genetika dalam penelitian ini digunakan untuk melakukan optimasi fungsi keanggotaan *fuzzy mamdani* dengan tujuan agar nilai akurasi sistem yang dihasilkan menjadi baik. Algoritme genetika terdiri dari empat proses utama, yaitu inialisasi populasi awal, reproduksi, evaluasi, dan seleksi. Sebelum melakukan keempat proses utama dalam algoritme genetika, terlebih dahulu ditentukan representasi kromosom yang nantinya akan digunakan dalam algoritme genetika. Selain itu juga perlu dilakukan inialisasi parameter algoritme genetika seperti jumlah populasi (*popsize*), nilai *crossover rate/cr*, nilai *mutation rate/mr*, dan jumlah generasi. Diagram alir dari algoritme genetika ditunjukkan dalam Gambar 2.

4. ALGORITME GENETIKA UNTUK OPTIMASI FUZZY MAMDANI

Dalam penelitian ini, metode *fuzzy mamdani* digunakan untuk melakukan penentuan kesesuaian lahan tanam tembakau sedangkan algoritme genetika digunakan untuk mengoptimasi fungsi keanggotaan dari *fuzzy mamdani*. Siklus penyelesaian masalah menggunakan *fuzzy mamdani* dan algoritme genetika adalah sebagai berikut (Azizah et al., 2015):

1. Penentuan parameter dari algoritme genetika yaitu ukuran populasi, *crossover rate (cr)*, *mutation rate (mr)*, dan jumlah generasi.
2. Pembangkitan populasi awal yang dilakukan secara acak sesuai dengan ukuran populasi (*popsize*) yang telah ditentukan.
3. Pembentukan individu baru atau menghasilkan keturunan melalui proses reproduksi dengan menggunakan operator genetika yaitu *crossover* dan mutasi.
4. Melakukan perhitungan nilai *fitness* untuk masing-masing individu.

- Melakukan seleksi terhadap individu-individu sehingga didapatkan individu baru sejumlah *popsize* untuk selanjutnya digunakan dalam generasi berikutnya



Gambar 2. Diagram Alir Algoritme Genetika

5. ALGORITME GENETIKA UNTUK OPTIMASI FUZZY MAMDANI

Dalam penelitian ini, metode *fuzzy mamdani* digunakan untuk melakukan penentuan kesesuaian lahan tanam tembakau sedangkan algoritme genetika digunakan untuk mengoptimasi fungsi keanggotaan dari *fuzzy mamdani*. Siklus penyelesaian masalah menggunakan *fuzzy mamdani* dan algoritme genetika adalah sebagai berikut (Azizah et al., 2015):

- Penentuan parameter dari algoritme genetika yaitu ukuran populasi,

crossover rate (cr), *mutation rate (mr)*, dan jumlah generasi.

- Pembangkitan populasi awal yang dilakukan secara acak sesuai dengan ukuran populasi (*popsize*) yang telah ditentukan.
- Pembentukan individu baru atau menghasilkan keturunan melalui proses reproduksi dengan menggunakan operator genetika yaitu *crossover* dan mutasi.
- Melakukan perhitungan menggunakan metode *fuzzy mamdani* sampai ditemukan hasil akhir dengan ketentuan batasan fungsi keanggotaan pada masing-masing individu.
- Melakukan perhitungan nilai *fitness* untuk masing-masing individu.
- Melakukan seleksi terhadap individu-individu sehingga didapatkan individu baru sejumlah *popsize* untuk selanjutnya digunakan dalam generasi berikutnya.

Diagram alir dari siklus penyelesaian masalah menggunakan *fuzzy mamdani* dan algoritme genetika dalam penelitian ini ditunjukkan dalam Gambar 3.

4.1 Representasi Kromosom

Representasi kromosom yang digunakan dalam penelitian ini adalah *real-coded* (pengkodean *real*). Penggunaan representasi kromosom ini dikarenakan kemampuannya dalam melakukan optimasi fungsi yang dapat menjangkau beberapa titik solusi yang mungkin berada pada daerah kontinu (Mahmudy, 2015). Kromosom dalam permasalahan ini terdiri dari 19 gen penyusun yang merupakan batas dari masing-masing himpunan *fuzzy* pada setiap kriteria penentuan kesesuaian lahan. Contoh representasi kromosom yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 1.

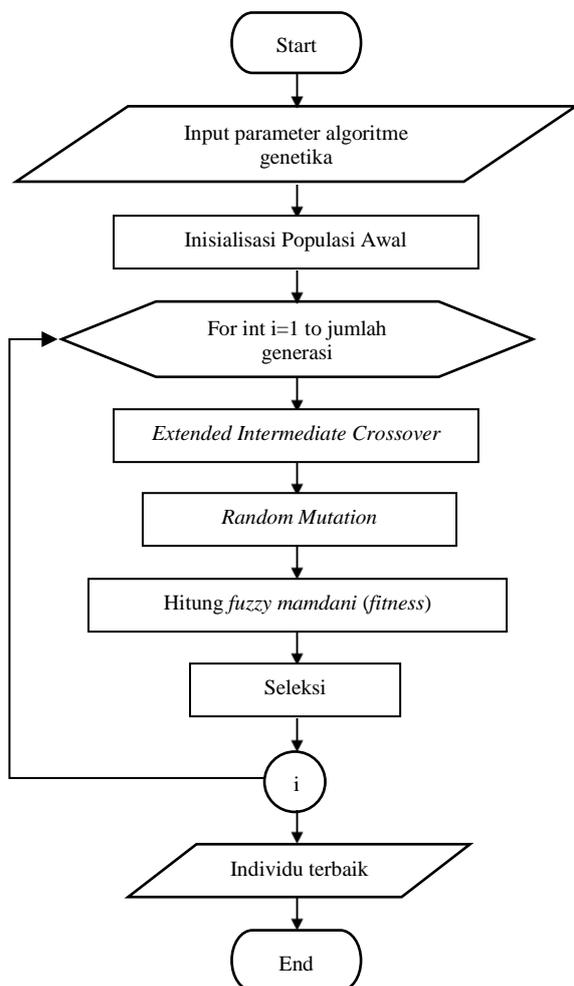
Keterangan Tabel 1:

- Ind : Individu
- P/C : Parent/Child
- X₁ : Kriteria persentase lahan terkena penyakit
- X₂ : Kriteria keterbukaan wilayah
- X₃ : Kriteria derajat berat tanah
- X₄ : Kriteria ketebalan lapis olah
- X₅ : Kriteria kemudahan irigasi

Tabel 1. Contoh Representasi Kromosom

Ind	X ₁		X ₂		X ₃		X ₄			X ₅		X ₆		X ₇					
P/C	2,3	5,2	14,0	17,2	1,1	2,0	1,5	2,5	29,1	30,0	31,5	1,0	2,5	1,3	3,0	5,0	6,1	7,2	9,1

X₆ : Kriteria kondisi medan
 X₇ : Kriteria pH tanah



Gambar 3. Diagram Alir Hybrid Fuzzy Mamdani – Algoritme Genetika

4.2 Inisialisasi Parameter Algoritme Genetika

Parameter algoritme genetika yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan optimasi fungsi keanggotaan fuzzy mamdani adalah jumlah populasi (*popsize*), nilai *crossover rate* (*cr*), nilai *mutation rate* (*mr*), dan jumlah generasi. Contoh inisialisasi parameter algoritme genetika yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Jumlah populasi (*popsize*) = 4
- Nilai *crossover rate* = 0,4
- Nilai *mutation rate* = 0,2
- Jumlah generasi = 1

4.3 Inisialisasi Populasi Awal

Inisialisasi populasi awal dilakukan untuk membangkitkan individu atau solusi sejumlah

popsize secara acak dengan batasan *range* pada setiap kriteria.

4.4 Reproduksi

Reproduksi dilakukan dengan menggunakan dua operator genetika yaitu *crossover* dan mutasi, dengan tujuan untuk mendapatkan keturunan/*offspring*.

4.4.1 Crossover

Crossover dilakukan dengan cara melakukan perkawinan silang antara dua induk (*parent*) terpilih yang ada dalam populasi. Rasio *offspring* yang akan dihasilkan dalam proses *crossover* didapatkan dari hasil perkalian *crossover rate* (*cr*) dengan jumlah populasi (*popsize*). Satu kali proses *crossover* akan menghasilkan jumlah *offspring* sebanyak 2. Metode *crossover* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *extended intermediate crossover*, yang menghasilkan *offspring* dari kombinasi nilai dua induk yang dipilih secara acak. Jika dimisalkan P₁ dan P₂ adalah dua induk yang terpilih untuk digunakan dalam *crossover*, maka *offspring* (*C*) dapat dibangkitkan dengan rumus sebagai berikut:

$$C1 = P1 + a (P2 - P1) \tag{1}$$

$$C2 = P2 + a (P1 - P2) \tag{2}$$

Keterangan:

C₁ = *Offspring* ke-1

C₂ = *Offspring* ke-2

P₁ = *Parent* terpilih ke-1

P₂ = *Parent* terpilih ke-2

a = Nilai *alpha* dipilih secara acak pada interval tertentu

Jika dimisalkan *parent* yang terpilih secara acak untuk digunakan dalam *crossover* adalah *parent* 1 dan *parent* 2, dan nilai *a* [0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8] maka akan dihasilkan dua *offspring* (C₁ dan C₂) sebagai berikut:

Parent 1

2,3	5,2	14,0	17,2	1,1	2,0	1,5	2,5
-----	-----	------	------	-----	-----	-----	-----

Parent 2

3,1	4,8	9,2	11,1	1,2	2,5	1,9	2,8
-----	-----	-----	------	-----	-----	-----	-----

C₁:

- $x1 = 2,3 + 0,1 (3,1 - 2,3) = 2,38$
- $x2 = 5,2 + 0,2 (4,8 - 5,2) = 5,12$
- $x3 = 14,0 + 0,3 (9,2 - 14,0) = 12,56$
- $x4 = 17,2 + 0,4 (11,1 - 17,2) = 14,76$
- $x5 = 1,1 + 0,5 (1,2 - 1,1) = 1,15$
- $x6 = 2,0 + 0,6 (2,5 - 2,0) = 2,3$
- $x7 = 1,5 + 0,7 (1,9 - 1,5) = 1,78$
- $x8 = 2,5 + 0,8 (2,8 - 2,5) = 2,74$

C_2 : $x1 = 3,1 + 0,1 (2,3 - 3,1) = 3,02$
 $x2 = 4,8 + 0,2 (5,2 - 4,8) = 4,88$
 $x3 = 9,2 + 0,3 (14,0 - 9,2) = 10,64$
 $x4 = 11,1 + 0,4 (17,2 - 11,1) = 13,54$
 $x5 = 1,2 + 0,5 (1,1 - 1,2) = 1,15$
 $x6 = 2,5 + 0,6 (2,0 - 2,5) = 2,2$
 $x7 = 1,9 + 0,7 (1,5 - 1,9) = 1,62$
 $x8 = 2,8 + 0,8 (2,5 - 2,8) = 2,56$

Offspring 1

2,38	5,12	12,56	14,76	1,15	2,3	1,78	2,74
------	------	-------	-------	------	-----	------	------

Offspring 2

3,02	4,88	10,64	13,54	1,15	2,2	1,62	2,56
------	------	-------	-------	------	-----	------	------

4.4.2 Mutasi

Metode mutasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *random mutation*, yang bekerja dengan cara menambah atau mengurangi nilai dari gen yang terpilih dari salah satu *parent* dengan bilangan *random* yang kecil. Induk atau *parent* yang digunakan dalam tahap reproduksi ini juga dipilih secara acak dari populasi. Rasio *offspring* yang akan dihasilkan dalam proses mutasi didapatkan dari hasil perkalian *mutation rate (mr)* dengan jumlah populasi (*popsiz*e). *Offspring (C)* dari *random mutation* dapat dibangkitkan dengan rumus sebagai berikut:

$$C = X'i + r (MAXj - MINj) \quad (3)$$

Keterangan:

- C = *Offspring* yang dihasilkan
- $X'i$ = Gen terpilih
- r = Nilai r dipilih secara acak pada interval tertentu
- $MAXj$ = Nilai Maksimum domain variabel $X'i$
- $MINj$ = Nilai Minimum domain variabel $X'i$

Jika dimisalkan *parent* yang terpilih adalah *parent 1*, gen yang terpilih adalah gen ke-2 (x_2), domain variabel $[0, 7,3]$, dan nilai $r = -0,05$ maka akan dihasilkan *offspring (C)* sebagai berikut:

Parent 1

2,3	5,2	14,0	17,2	1,1	2,0	1,5	2,5
-----	-----	------	------	-----	-----	-----	-----

C : $x1 = 2,3$ (tetap)
 $x2 = 5,2 + (-0,05) (7,3 - 0) = 4,835$
 $x3 = 14,0$ (tetap)
 $x4 = 17,2$ (tetap)
 $x5 = 1,1$ (tetap)
 $x6 = 2,0$ (tetap)
 $x7 = 1,5$ (tetap)

$x8 = 2,5$ (tetap)

Offspring

2,3	4,835	14,0	17,2	1,1	2,0	1,5	2,5
-----	-------	------	------	-----	-----	-----	-----

4.5 Evaluasi

Evaluasi dilakukan untuk menghitung nilai *fitness* setiap individu (termasuk *offspring*). Nilai *fitness* dalam penelitian ini didapatkan dari hasil perbandingan antara kelas kesesuaian lahan tanam tembakau yang didapatkan dari pakar dengan yang dihitung menggunakan metode *fuzzy mamdani*, yang kemudian dihitung menggunakan rumus berikut:

$$Fitness = \frac{\text{Jumlah data kelas yang sama}}{\text{Total seluruh data}} \quad (4)$$

4.6 Seleksi

Nilai *fitness* dari sebuah individu sangat menentukan peluang terpilih untuk lolos atau hidup pada generasi berikutnya. Metode seleksi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *elitism*. Dalam metode ini, semua individu diurutkan mulai dari individu yang memiliki nilai *fitness* terbesar sampai dengan individu yang memiliki nilai *fitness* terkecil. Setelah seluruh individu diurutkan, langkah selanjutnya adalah memilih individu dengan nilai *fitness* terbesar sejumlah *popsiz*e untuk digunakan menjadi *parent* pada generasi selanjutnya.

6. DATA YANG DIGUNAKAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kriteria lahan tanam tembakau dan juga data lahan tembakau. Penelitian ini menggunakan data lahan tembakau sebanyak 40 data yang didapatkan dari PTPN X Jember. 30 data digunakan sebagai data latih dalam optimasi fungsi keanggotaan *fuzzy mamdani* menggunakan algoritme genetika untuk menghasilkan batasan fungsi keanggotaan yang optimum. Data latih yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Data Latih

No	Lahan	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
1	Alas	0	3	3	30	3	4	6,7
2	Klatakan	0	3	3	30	3	4	6,1
3	Parseh	0	3	2	30	3	3	6,7
4	Tugusari	2	3	2	30	3	3	6,7
5	Grintingan	3	3	3	30	3	4	6,8
6	Pecoro Barat	2	3	2	30	3	4	6,7
7	Botosari	0	3	2	30	3	2	6,7

8	Cora 1	3	3	3	30	3	2	6,7	
9	KUD	2	3	3	30	3	4	6,7	
10	Curah Kates	1	3	3	30	3	2	6,8	
11	Dukuhsia Selatan	8	3	2	30	3	3	6,8	
12	Dukuhsia	10	2	2	20	3	4	6,7	
13	Ambulu	17	3	3	30	3	4	6,8	
14	Darungan	3	3	3	30	3	1	6,8	
15	Spadia	2	3	3	30	3	4	6,8	
16	Curah Buntu	0	3	2	30	3	4	6,8	
17	Gayasan	0	3	2	30	3	4	6,8	
18	Pondok Labu	0	3	2	30	3	4	6,8	
19	Cora 2	15	3	1	30	2	4	5,5	
20	Dam 1	2	3	2	30	3	4	6,8	
21	Dam 2	1	3	2	30	3	4	6,8	
22	Andongsari	4	2	2	2	30	3	4	6,8
23	Mandilis	5	3	2	30	3	4	6,8	
24	Pontang	3	3	2	45	3	4	6,8	
25	Randu	0	3	2	30	3	4	6,8	
26	Besuk	0	3	2	30	3	4	6,8	
27	Manggar	3	3	2	30	3	4	6,8	
28	Sumber Rejeki 1	15	3	2	10	3	2	6,8	
29	Sumber Rejeki 2	2	3	2	30	2	4	6,8	
30	Sumber Waru	0	3	2	30	1	4	7,8	

Kemudian 10 data digunakan sebagai data uji untuk mengukur akurasi yang dihasilkan oleh sistem. Data uji yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Data Uji

No	Lahan	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
1	Nogosari	0	3	3	30	3	4	6,8
2	Karang Odeng	3	2	1	30	3	3	6,7
3	Mayang	0	3	3	30	3	4	6,8
4	Jubung	0	3	2	30	2	4	6,7
5	Wirowongso	5	3	2	30	3	4	6,8
6	Banjarsari Barat	2	3	3	30	3	1	6,8
7	Banjarsari Tengah	13	2	1	30	2	4	5,8
8	Banjar Sengon	4	2	2	30	3	4	5,5
9	Bedadung	2	3	2	30	2	4	6,8
10	Plalangan	8	3	1	30	1	4	7,7

Keterangan:

- X₁ : Kriteria persentase lahan terkena penyakit
- X₂ : Kriteria keterbukaan wilayah
- X₃ : Kriteria derajat berat tanah
- X₄ : Kriteria ketebalan lapis olah
- X₅ : Kriteria kemudahan irigasi

X₆ : Kriteria kondisi medan

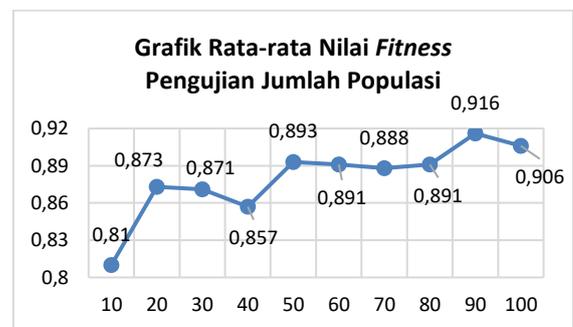
X₇ : Kriteria pH tanah

7. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Untuk mengetahui pengaruh nilai parameter algoritme genetika dalam optimasi fungsi keanggotaan *fuzzy mamdani* terhadap hasil penentuan kesesuaian lahan tanam tembakau, maka dalam penelitian ini dilakukan beberapa pengujian yaitu pengujian jumlah populasi, pengujian kombinasi nilai *cr* dan *mr*, dan pengujian jumlah generasi.

6.1 Pengujian Jumlah Populasi

Pengujian jumlah populasi dilakukan untuk mendapatkan jumlah atau ukuran populasi terbaik yang dapat menghasilkan batasan fungsi keanggotaan paling optimal. Jumlah populasi yang diujikan adalah kelipatan 10 mulai dari 10 sampai dengan 100. Pada masing-masing jumlah populasi yang diujikan didapatkan rata-rata nilai *fitness* setelah dilakukan percobaan sebanyak 10 kali. Jumlah generasi yang digunakan dalam pengujian ini adalah 500, dengan nilai *crossover rate* (*cr*) dan *mutation rate* (*mr*) berturut-turut adalah 0,5 dan 0,5. Grafik hasil pengujian jumlah populasi dapat dilihat pada Gambar 4.



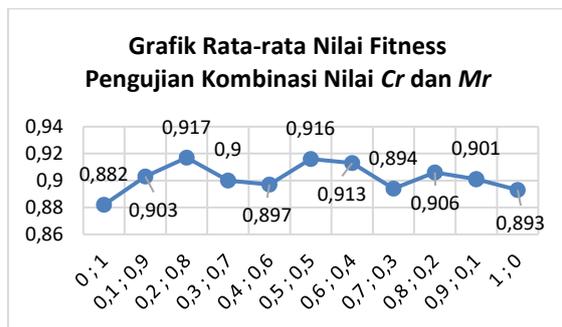
Gambar 4. Hasil Pengujian Jumlah Populasi

Dari Gambar 4 dapat diamati bahwa perbedaan jumlah populasi memiliki pengaruh terhadap rata-rata nilai *fitness* yang dihasilkan. Rata-rata nilai *fitness* terkecil dihasilkan oleh jumlah populasi sebesar 10, hal ini disebabkan jumlah populasi 10 belum dapat mencapai daerah pencarian yang optimal. Sedangkan rata-rata nilai *fitness* terbesar dihasilkan oleh jumlah populasi 90, dan dalam rentang jumlah populasi 10 sampai dengan 90, rata-rata nilai *fitness* yang dihasilkan mengalami naik turun. pada saat jumlah populasi 100, rata-rata nilai *fitness* yang dihasilkan kembali mengalami penurunan. Hal

ini menunjukkan bahwa jumlah populasi yang semakin besar tidak menjamin bahwa rata-rata nilai *fitness* yang dihasilkan juga semakin baik karena jumlah populasi yang besar dapat memperluas area pencarian sehingga membuat adanya kemungkinan untuk keluar dari daerah pencarian yang optimal. Setelah melakukan pengujian jumlah populasi dalam penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa jumlah populasi terbaik yang dapat digunakan adalah sebesar 90.

6.2 Pengujian Kombinasi Nilai *Cr* dan *Mr*

Pengujian kombinasi nilai *cr* dan *mr* dilakukan sebanyak 10 kali pada setiap kombinasi dengan menggunakan jumlah populasi dan jumlah generasi yang sama. Nilai *cr* dan *mr* yang digunakan dalam pengujian ini mulai dari 0 sampai 1. Jumlah populasi yang digunakan adalah jumlah populasi yang paling optimal dari hasil pengujian sebelumnya, sedangkan jumlah generasi yang digunakan adalah 500. Grafik hasil pengujian kombinasi nilai *cr* dan *mr* dapat dilihat pada Gambar 5.

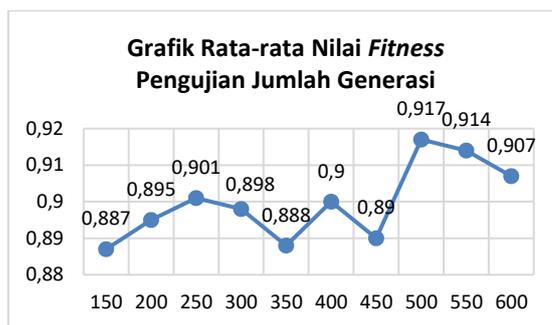


Gambar 5. Hasil Pengujian Kombinasi Nilai *cr* dan *mr*

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, rata-rata nilai *fitness* terkecil didapatkan dari kombinasi nilai *cr* dan *mr* sebesar 0 dan 1, sedangkan rata-rata nilai *fitness* terbesar didapatkan pada saat kombinasi nilai *cr* sebesar 0,2 dan *mr* sebesar 0,8. Nilai *fitness* yang naik turun atau tidak pasti menandakan bahwa kombinasi nilai *cr* dan *mr* sangat mempengaruhi nilai *fitness* yang dihasilkan. Jika nilai *cr* lebih besar dari nilai *mr* maka hal ini akan menurunkan kemampuan dari algoritme genetika dalam menjelajahi daerah pencarian karena sulit mendapatkan area baru dan hanya terbatas pada area yang telah dijelajahi oleh *parent* saja.

6.3 Pengujian Jumlah Generasi

Jumlah generasi yang digunakan dalam pengujian ini adalah kelipatan 50 mulai dari 150 sampai dengan 600. Rata-rata nilai *fitness* masing-masing generasi yang diujikan dapat diketahui setelah dilakukan percobaan sebanyak 10 kali pada masing-masing jumlah generasi. Jumlah populasi, kombinasi nilai *cr* dan *mr* yang digunakan adalah nilai yang terbaik dari hasil pengujian sebelumnya. Grafik hasil pengujian jumlah generasi dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Pengujian Jumlah Generasi

Jumlah generasi terkecil yang diujikan yaitu 150 membuat area pencarian masih sempit sehingga rata-rata nilai *fitness* yang dihasilkan menjadi yang paling kecil. Kemudian rata-rata nilai *fitness* yang dihasilkan mengalami naik turun pada setiap generasi yang diujikan sampai pada generasi 500 yang menghasilkan rata-rata nilai *fitness* terbesar dalam pengujian. Selanjutnya pada pengujian dengan jumlah generasi 550 dan 600 nilai *fitness* yang dihasilkan terus mengalami penurunan. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa jumlah generasi yang semakin besar tidak akan selalu menjamin nilai *fitness* yang dihasilkan semakin baik juga. Hal ini dikarenakan pada titik tertentu jumlah generasi telah berada pada daerah pencarian optimal, sehingga jika jumlah generasi diperbesar dapat menurunkan *fitness* yang dihasilkan karena telah menjauhi daerah pencarian yang optimal.

6.4 Pengujian Akurasi Sistem

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui akurasi yang dihasilkan oleh sistem setelah dilakukan optimasi menggunakan algoritme genetika. Dalam pengujian ini data uji yang digunakan sebanyak 10 dan menggunakan parameter algoritme genetika yang paling optimum dari hasil pengujian sebelumnya.

Parameter algoritme genetika yang digunakan yaitu jumlah populasi sebesar 90, nilai *cr* sebesar 0,2, nilai *mr* sebesar 0,8, dan jumlah generasi sebesar 500. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan terdapat 8 data yang outputnya sama dan 2 data yang outputnya tidak sama, sehingga nilai akurasi yang dihasilkan adalah sebesar 80%. Hasil dari pengujian akurasi sistem ditunjukkan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Akurasi Sistem

No	Lahan	Output (Pakar)	Output (Sistem)
1	Nogosari	Sangat Sesuai	Sangat Sesuai
2	Karang Odeng	Kurang Sesuai	Tidak Sesuai
3	Mayang	Sangat Sesuai	Sangat Sesuai
4	Jubung	Cukup Sesuai	Cukup Sesuai
5	Wirowongso	Cukup Sesuai	Cukup Sesuai
6	Banjarsari Barat	Cukup Sesuai	Cukup Sesuai
7	Banjarsari Tengah	Tidak Sesuai	Tidak Sesuai
8	Banjar Sengon	Kurang Sesuai	Kurang Sesuai
9	Bedadung	Kurang Sesuai	Kurang Sesuai
10	Plalangan	Tidak Sesuai	Tidak Sesuai

8. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dalam penelitian optimasi fungsi keanggotaan *fuzzy mamdani* menggunakan algoritme genetika untuk penentuan kesesuaian lahan tanam tembakau, kesimpulan yang didapatkan adalah perubahan pada nilai parameter algoritme genetika memiliki pengaruh terhadap nilai *fitness* yang dihasilkan. Parameter terbaik dari algoritme genetika yang dapat memberikan solusi paling optimum adalah jumlah populasi sebesar 90, kombinasi nilai *crossover rate (cr)* dan *mutation rate (mr)* berturut-turut adalah 0,2 dan 0,8, dan jumlah generasi sebesar 500. Rata-rata nilai *fitness* yang dihasilkan pada kombinasi nilai parameter terbaik tersebut adalah 0,917.

Selain itu, nilai akurasi sistem yang dihasilkan dalam penelitian ini adalah sebesar 80%. Akurasi tersebut didapatkan dari hasil

perbandingan output kesesuaian lahan yang didapatkan dari pakar dengan output kesesuaian lahan hasil optimasi *fuzzy mamdani*. Dalam perbandingan tersebut, dari 10 data uji yang digunakan terdapat 8 data yang outputnya sama dan 2 data yang outputnya tidak sama.

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah menambahkan data yang lebih banyak dan bervariasi sehingga nilai akurasi sistem yang dihasilkan dalam penelitian ini dapat ditingkatkan lagi. Penggunaan data yang semakin banyak dan bervariasi dapat membuat pola data semakin terlihat, sehingga sistem dapat menghasilkan akurasi yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Auliya, Y. A., Mahmudy, W. F. 2016. *Pemilihan Lahan Tanam Optimum Untuk Tanaman Tembakau Menggunakan Fuzzy Inference System (FIS) Tsukamoto*. Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi 2016 (SENTIKA 2016). Universitas Brawijaya.
- Azizah, E. N., Cholissoddin, I., Mahmudy, W. F. 2015. *Optimasi Fungsi Keanggotaan Fuzzy Tsukamoto Menggunakan Algoritma Genetika Untuk Penentuan Harga Jual Rumah*. Journal of Environmental Engineering & Sustainable Technology, Vol. 02 No. 02. Universitas Brawijaya.
- Laksono, R. A., Apriyanti, D. H. 2009. *Aplikasi Sistem Informasi Geografis Dalam Evaluasi Pemilihan Lahan Tanam*. Konservasi Flora Indonesia dalam Mengatasi Dampak Pemanasan Global.
- Mahmudy, W. F. 2015. *Algoritma Evolusi*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Nandadiri, Annisa., Swasono, D. I., Adiwijaya, N. O. 2014. *Sistem Informasi Geografis Pemilihan Lahan Tembakau Di Kabupaten Jember Berbasis Web Menggunakan Metode Topsis-Ahp*. Artikel Ilmiah Hasil Penelitian Mahasiswa Tahun 2014. Universitas Jember.
- Pramesti, R. A., Mahmudy, W. F. 2016. *Optimasi Fuzzy Inference System Mamdani Untuk Memprediksi Nilai Tukar Rupiah Terhadap Dollar Amerika Menggunakan Algoritma Genetika*. DORO: Repository Jurnal Mahasiswa

PTIIK Universitas Brawijaya, Vol. 7 No. 27.

- Setiawan, B. D., Subanar. 2010. *Color Pixel Classification Using Genetic Fuzzy System: Case Study on Earth Surface Classification*. International Conference on Distributed Framework for Multimedia Applications (DFmA). Universitas Gadjah Mada.
- Sevani, M., Marimin, Sukoco, H. 2009. *Sistem Pakar Penentuan Kesesuaian Lahan Berdasarkan Faktor Penghambat Terbesar (Maximum Limitation Factor) Untuk Tanaman Pangan*. Jurnal Informatika, Vol. 10 No. 1. Universitas Kroda Wacana.
- Zulfa, I., Mahmudy, W. F. 2016. *Optimasi Model Fuzzy Mamdani Dalam Penentuan Kualitas Air Sungai Dengan Menggunakan Algoritma Evolution Strategies*. DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya, Vol. 7 No. 25.