

APLIKASI PERTIMBANGAN WISATA DI PULAU LOMBOK DENGAN METODE FUZZY MAMDANI & ALGORITMA GENETIKA

Zanul Harir¹, Ida Bagus Ketut Widiartha^{*2}, Royana Afwani³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Informatika, Universitas Mataram
Email: ¹zanul17@gmail.com, ²widi@unram.ac.id, ³royana@unram.ac.id
^{*}Penulis Korespondensi

(Naskah masuk: 30 Oktober 2018, diterima untuk diterbitkan: 26 November 2020)

Abstrak

Pulau Lombok memiliki pariwisata berupa keindahan alam dan kebudayaan yang menarik, sehingga juga mendapat tiga penghargaan pada *World Halal Tourism Awards* 2016 dengan faktor pertumbuhan kunjungan wisatawan sebesar 13% pada tahun tersebut. Adanya sebuah aplikasi yang dapat membantu wisatawan dalam menentukan keputusan perjalanan wisata mereka adalah wajib. Aplikasi ini dikembangkan dengan logika *Fuzzy Mamdani* dan Algoritma Genetika dengan tujuan memberikan rekomendasi pariwisata.

Logika *Fuzzy Mamdani* memberikan pertimbangan wisata berdasarkan 5 parameter (anggaran, rencana perjalanan, akomodasi, makanan dan minuman, serta biaya transportasi) yang kemudian menjadi 5 fungsi keanggotaan untuk membangun kombinasi aturan pada fuzzy dan menghasilkan keluaran berupa pertimbangan wisata, yaitu: Tidak Memungkinkan, Cukup Memungkinkan, dan Memungkinkan. Kombinasi lima fungsi keanggotaan tersebut, menghasilkan 10.080 aturan, yang digunakan untuk mengetahui seseorang memungkinkan, atau tidak untuk berwisata ke pulau Lombok dengan *constrain* parameter yang dimiliki, yang dibangkitkan dengan menggunakan fungsi Defuzzifikasi *Mean of Max* (MOM). Algoritma Genetika digunakan dalam memberikan alokasi penggunaan budget yang optimal dalam berwisata di Pulau Lombok.

Hasil pengujian dengan perhitungan manual dan model defuzzifikasi yang berbeda memiliki akurasi 100%. Untuk implementasi Algoritma Genetika, aplikasi memperoleh alokasi anggaran optimal pada *probabilitas crossover* (pc) dan probabilitas mutasi (pm) dengan (pc) 0,7 dan (pm) 0,2.

Kata kunci: Pariwisata, logika fuzzy, FIS Mamdani, algoritma genetika

TOURISM CONSIDERATION APPLICATION IN LOMBOK ISLAND WITH FUZZY MAMDANI METHOD AND GENETIC ALGORITHM

Abstract

Tourism in Lombok has an interesting culture, it makes Lombok got three awards at the 2016 World Halal Tourism Awards and became a growth factor for tourist visits by 13% that year. An application that can help tourists in determining travel decision is mandatory.

The application developed with Mamdani Fuzzy Logic and Genetic Algorithm to provide tourism recommendations. The Fuzzy Mamdani Logic Method provides tourism considerations based on 5 parameters (budget, travel plans, accommodation, food and drinks, and transportation costs) which then become 5 membership functions to build a combination of rules on fuzzy and produce output in the form of tourism's considerations: Not Enable, Enough Enable, and Enable. The combination of the 5 membership functions constructed 10.080 fuzzy rules, that's used to know wheater tourists enables them to go to Lombok with the limitation that they have. The defuzzification used is the Mean of Max (MOM). Genetic Algorithm (GA) is used in providing optimal budget allocation in traveling on Lombok Island

The results of testing with manual calculations and different defuzzification models have 100% accurate, the application of GA obtained optimal budget allocation on crossover probability (pc) and mutation probability (pm) combination with (pc) 0.7 and (pm) 0.2.

Keywords: Tourism, Fuzzy Logic, FIS Mamdani, Genetic.

1. PENDAHULUAN

Sektor pariwisata merupakan salah satu industri yang sangat potensial bagi Indonesia khususnya

Pulau Lombok yang memiliki keindahan alam dan kebudayaan menarik. Pada tahun 2016, Pulau Lombok mendapat tiga penghargaan dalam ajang

World Halal Tourism Awards (WHTA) dan hal tersebut menjadi daya tarik bagi para wisatawan sehingga pertumbuhan kunjungan wisatawan di Pulau Lombok mencapai 13% dari tahun 2016 ke 2017 (Dinas Pariwisata NTB dan Badan Pusat Statistik NTB).

Meningkatnya jumlah wisatawan di pulau Lombok seharusnya diikuti dengan tersedianya fasilitas/sistem yang dapat memberikan manfaat secara spesifik dalam membantu wisatawan menentukan keputusan selama berwisata di Pulau Lombok sesuai dengan kebutuhan dan anggaran (*budget*) yang dimilikinya. Dengan fasilitas tersebut, diharapkan para wisatawan dapat merencanakan perjalanan wisatanya dengan baik dan dapat mendorong mereka untuk berwisata ke Pulau Lombok.

Budget adalah komponen penting dalam menjamin kenyamanan wisatawan, karena segala kebutuhan wisatawan saat berwisata di suatu tempat membutuhkan uang. Agar *budget* yang dimiliki wisatawan dapat digunakan dengan optimal, maka perlu diketahui selot-selot dana yang harus disiapkan dalam berwisata. Berdasarkan data kuesioner yang didapatkan dari 100 orang responden/wisatawan di Pulau Lombok terkait pola pengeluaran anggaran mereka yaitu 100 % memilih pengeluaran untuk akomodasi, makanan minuman, dan transportasi. Sedangkan 38 % memilih pengeluaran belanja, 30 % memilih pengeluaran hiburan, 31 % memilih pengeluaran untuk pemandu wisata, dan 17 % memilih lainnya. Berdasarkan data tersebut maka jenis pengeluaran yang wajib dikeluarkan oleh seorang wisatawan di Pulau Lombok adalah akomodasi (tempat untuk beristirahat sesuai dengan kebutuhan primer manusia), makanan dan minuman (sudah menjadi kebutuhan primer manusia), serta transportasi yang akan digunakan untuk mengunjungi sebuah objek wisata.

Dalam penelitian ini digunakan Logika *Fuzzy* untuk memberikan pertimbangan wisata karena metode ini sangat kuat untuk menyelesaikan permasalahan dalam lingkungan yang tidak pasti/ambigu (Maslim, 2013), selain itu dalam teori logika *Fuzzy* sebuah nilai bisa bernilai benar dan salah secara bersamaan namun berapa besar kebenaran dan kesalahan suatu nilai tergantung kepada bobot keanggotaan yang dimilikinya (Solikin, 2011). Model *Fuzzy Mamdani* dipilih karena memiliki proses perhitungan yang lebih terperinci dan hasil perhitungan lebih akurat (Ismaya, 2016).

Algoritma Genetika adalah jenis evolutionary algorithms, yang berarti bahwa algoritma genetika merupakan suatu teknik optimasi yang didasarkan pada algoritma genetika alami yang mirip dengan evolusi makhluk hidup dalam menghasilkan suatu solusi yang optimal (Arinanta, 2017). Algoritma ini digunakan untuk menghitung alokasi penggunaan anggaran yang optimal karena Algoritma ini dapat menirukan proses evolusi makhluk hidup (algoritma

alamiah) (Ayuningtias, 2017) dalam menyelesaikan suatu permasalahan yang memiliki banyak kemungkinan solusi dengan baik (Widodo, 2010).

Berdasarkan masalah ataupun kebutuhan pada bidang wisata di pulau Lombok, dan juga literatur yang dijadikan referensi maka penelitian ini mengimplementasikan metode Logika *Fuzzy Mamdani* dalam memberikan pertimbangan wisata berdasarkan 5 parameter (*budget*, lama wisata, harga akomodasi/hotel, makanan dan minuman, serta transportasi) dan menghasilkan keluaran berupa pertimbangan wisata : Tidak Memungkinkan, Cukup Memungkinkan, dan Memungkinkan. Selain itu juga menggunakan Algoritma Genetika dalam memberikan alokasi penggunaan *budget* yang optimal dalam berwisata di Pulau Lombok. Aplikasi ini diharapkan mampu memberikan informasi pertimbangan wisata yang spesifik kepada wisatawan yang ingin berwisata ke Pulau Lombok sesuai dengan kebutuhan dan jumlah *budget* yang dimiliki wisatawan.

2. METODE PENELITIAN

Metode pembuatan aplikasi pertimbangan berwisata di Pulau Lombok dengan metode Logika *Fuzzy Mamdani* dan Algoritma Genetika terdiri dari beberapa tahapan yaitu studi literatur, analisis kebutuhan aplikasi, pengumpulan data, perancangan aplikasi, implementasi atau pembangunan aplikasi, pengujian aplikasi, dan apabila aplikasi telah dianggap sesuai akan diakhiri dengan dokumentasi aplikasi.

Pada tahap studi literatur dilakukan pembelajaran untuk memahami topik yang berkaitan dengan metode logika *fuzzy* dan algoritma genetika dengan mencari materi penunjang dari buku, jurnal ilmiah, dan lainnya yang berkaitan dengan kedua metode tersebut sesuai dengan aplikasi yang akan dikembangkan.

Pada tahap analisa kebutuhan aplikasi dilakukan pendefinisian terhadap kebutuhan data-data penelitian serta penggunaan teknik, metode, atau model untuk menyelesaikan permasalahan terhadap aplikasi yang akan dibuat. Data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data objek wisata di Pulau Lombok. Serta metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan aplikasi adalah Logika *Fuzzy Mamdani* dan Algoritma Genetika.

Setelah melakukan analisa terhadap kebutuhan aplikasi, maka tahap selanjutnya adalah melakukan pengumpulan data yang dibutuhkan. Dalam penelitian ini, data objek wisata didapatkan berdasarkan peraturan daerah provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB) Nomor 7 Tahun 2013 tentang Kawasan Strategis Pariwisata Daerah (KSPD). Bahan atau data yang dibutuhkan dalam pembangunan aplikasi pertimbangan berwisata di Pulau Lombok dengan metode Logika *Fuzzy Mamdani* dan Algoritma Genetika meliputi:

1. Data hotel dari website Traveloka dengan batasan harga sewa dari Rp 100.000 – Rp 1.000.000 untuk satu malam per tanggal 10 Januari 2018.

2. Data Kawasan Strategis Pariwisata Daerah (KSPD) berdasarkan peraturan daerah provinsi NTB Nomor 7 Tahun 2013.

Setelah pengumpulan data dilakukan perancangan sistem atau aplikasi dengan membuat *usecase* diagram yang menggambarkan bagaimana *user* akan berinteraksi dengan aplikasi. Selain itu akan digambarkan arsitektur aplikasi untuk menggambarkan alur aplikasi yang akan dibuat dengan mengimplementasikan logika *fuzzy mamdani* dan algoritma genetika.

Tahap selanjutnya yaitu Implementasi aplikasi yang merupakan tahap untuk mengimplementasikan seluruh tahapan yang telah dilakukan sebelumnya dalam tahap desain dan rancangan aplikasi ke dalam bahasa program.

Setelah implementasi dilakukan pengujian terhadap aplikasi yang dibuat. pengujian yang dilakukan antara lain :

1. Pengujian Logika *Fuzzy Mamdani*.

Pengujian perhitungan manual dengan perhitungan yang dilakukan oleh aplikasi. Selain itu dilakukan pengujian perhitungan defuzzifikasi *Mean of Max* (MOM) dengan *centroid* untuk melihat perbedaan hasil nilai *fuzzy* dan kesimpulan yang dihasilkan. Untuk perhitungan dengan defuzzifikasi *centroid* menggunakan aplikasi MATLAB dengan model fungsi keanggotaan yang sama dengan aplikasi.

2. Pengujian Algoritma Genetika

Pengujian untuk mendapatkan nilai pc dan pm terbaik dengan jumlah generasi maksimal sebanyak N generasi. Nilai pc dan pm yang digunakan dalam skenario uji coba adalah berdasarkan referensi dari Mahmudi [16] yang menyatakan bahwa menentukan pc dan pm tidak mudah, namun biasanya nilai pc yang digunakan antara 0.3-0.8 dan nilai pm < 0.5.

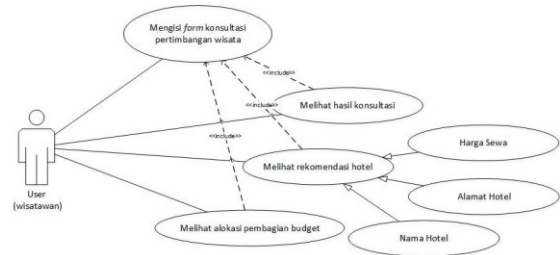
3. PERANCANGAN APLIKASI

Gambar 1 merupakan use case diagram sistem aplikasi pertimbangan berwisata di Pulau Lombok. Aplikasi yang akan dirancang terdiri dari satu orang aktor yaitu wisatawan. Wisatawan dapat melakukan konsultasi pertimbangan wisata dengan memasukkan parameter-parameter yang telah ditentukan. Setelah melakukan konsultasi wisatawan dapat melihat hasil konsultasi mengenai pertimbangan wisata, melihat alokasi pertimbangan *budget*, serta dapat melihat rekomendasi hotel dengan detail hotel seperti nama, harga sewa, dan alamat hotel.

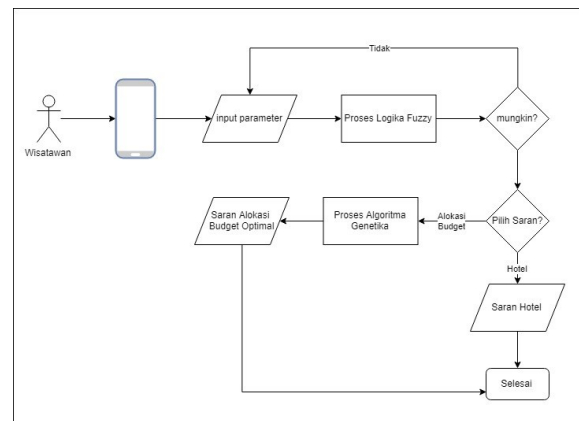
3.1. Arsitektur Aplikasi

Arsitektur aplikasi menunjukkan alur kerja dari aplikasi yang dibuat dan hubungan antar proses-proses yang ada pada aplikasi yang dibuat. Gambar 2 menunjukkan arsitektur dari aplikasi Pertimbangan

Wisata di Pulau Lombok dengan Metode *Fuzzy Mamdani* dan Algoritma Genetika.



Gambar 1. Usecase aplikasi



Gambar 2. Arsitektur Aplikasi

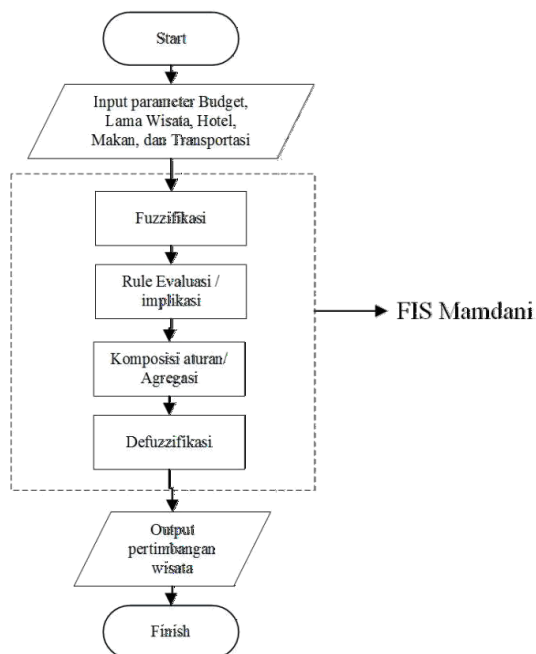
Sesuai dengan Gambar 2, wisatawan menggunakan *smartphone*-nya (*handphone*) membuka aplikasi Pertimbangan Wisata di Pulau Lombok dengan Metode *Fuzzy Mamdani* dan Algoritma Genetika. Kemudian wisatawannya memasukkan (*input*) 5 parameter sesuai yang dijelaskan pada *section* Pendahuluan yaitu *budget*, lama wisata, harga akomodasi, makanan dan minuman, serta transportasi yang wisatawan inginkan. Setelah itu *input*-an akan diproses menggunakan Logika *Fuzzy Mamdani* untuk mendapatkan pertimbangan wisata. Jika pertimbangan wisata Tidak Memungkinkan maka wisatawan akan dialihkan kembali ke proses *input*. Jika pertimbangan wisata Cukup atau Memungkinkan maka wisatawan akan memilih saran Hotel dan Alokasi Penggunaan *Budget*. Saran hotel yang diberikan sesuai dengan masukan harga hotel. Daftar hotel diambil dari web traveloka.com untuk harga hotel antara Rp. 100.000 – Rp 1. 000.000. Untuk saran *budget* diproses menggunakan Algoritma Genetika.

3.2. *Fuzzy Mamdani*

Terdapat beberapa istilah penting yang harus dipahami dalam logika *fuzzy* diantaranya adalah variabel, himpunan, semesta pembicaraan, dan domain. *Variable fuzzy* adalah sesuatu yang akan dibahas dalam suatu sistem *fuzzy* seperti umur, temperatur, dan permintaan barang. Sedangkan himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi dalam *variable* seperti muda, parobaya,

dan tua pada variabel umur. Kemudian semesta pembicaraan adalah nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam variabel *fuzzy* serta domain adalah nilai yang diizinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam himpunan *fuzzy* (Sukandy, 2014). Sementara itu, Metode *Fuzzy Mamdani* sering dikenal dengan nama metode *Min-Max*. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975 (Arifin, 2015). Proses pertama pada metode logika *fuzzy* adalah *fuzzifikasi*, yaitu proses pemetaan *input* kedalam nilai *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan. Kemudian proses kedua Implikasi, yaitu proses penarikan kesimpulan dari *IF-THEN rule*, dalam metode *Mamdani* penarikan kesimpulan menggunakan fungsi implikasi *MIN*. Apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari gabungan antar aturan, proses ini disebut agregasi. Proses terakhir adalah *defuzzifikasi*, yaitu proses penegasan bilangan *fuzzy* menjadi bilangan *crisp* (tegas). *Defuzzifikasi* dengan metode *Mean of Max* (MOM) dilakukan dengan mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki keanggotaan maksimum.

Terdapat enam langkah dalam menentukan pertimbangan berwisata di Pulau Lombok, Gambar 3 menunjukkan diagram alir dalam menentukan pertimbangan berwisata di Pulau Lombok dengan metode *fuzzy Mamdani*.



Gambar 3. Diagram alir FIS Mamdani

Langkah-langkah berikut merupakan contoh perhitungan aplikasi dalam memberikan pertimbangan wisata dengan metode *Fuzzy Mamdani*. Skenario perhitungan ini menggunakan *input budget* sebesar Rp 1.650.000, lama wisata selama 3 hari, perkiraan harga akomodasi Rp 181.500, makan Rp 165.000, dan transportasi Rp 145.500 :

3.2.1. Fuzzifikasi

Untuk mendapatkan nilai keanggotaan *fuzzy* dari lima variabel *input budget*, lama wisata, akomodasi/hotel, makanan dan minuman, serta transportasi digunakan fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan dibuat berdasarkan data kuesioner dari 100 orang responden/wisatawan di Lombok. Penyebaran kuesioner dilakukan pada tanggal 1-28 Juli 2018 bertempat di beberapa objek wisata di semua KSPD di Lombok sesuai perda provinsi NTB Nomor 7 Tahun 2013. Item-item berikut merupakan fungsi keanggotaan yang terbentuk :

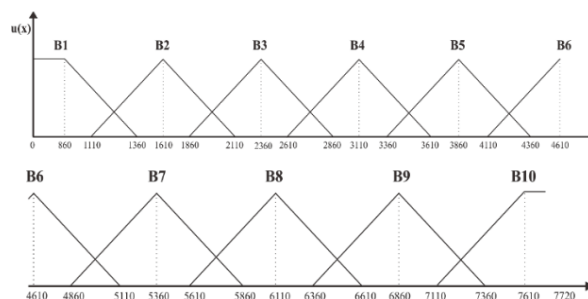
a) Budget

Berikut merupakan distribusi frekuensi jumlah *budget* yang dibawa oleh wisatawan berdasarkan data kuesioner dari 100 orang responden/wisatawan di Lombok.

Tabel 1. Distribusi frekuensi budget wisatawan di Pulau Lombok

No	Range Budget	Frekuensi	Presentase (%)
1	< Rp 1,000,000	0	0%
2	Rp 1,000,000 - Rp 5,000,000	74	74%
3	Rp 5,000,000 - Rp 9,000,000	21	21%
4	Rp 9,000,000 - Rp 13,000,000	5	5%
5	>= Rp 13,000,000	0	0%
Total		100	100%
Rata-Rata Budget		Rp 3,860,825	

Dari tabel 1 dapat dilihat bahwa frekuensi jumlah *budget* terbanyak terdapat pada *range* antara 1 juta sampai 5 juta, hal tersebut sesuai dengan nilai rata-rata yang dihitung dari data keseluruhan yaitu 3.860.000 (dibulatkan) berada pada *range* tersebut. Fungsi keanggotaan *budget* kemudian dibentuk berdasarkan nilai rata-rata tersebut yang menjadi pembentuk kurva himpunan *fuzzy* awal dan nilai akhir kurva menggunakan kelipatan dari nilai rata-rata tersebut menjadi 7.720.000. Kemudian dibuatlah fungsi keanggotaan *budget* yang dipetakan ke dalam sepuluh himpunan *fuzzy* yaitu B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B9 atau B10 yang direpresentasikan pada Gambar 4.



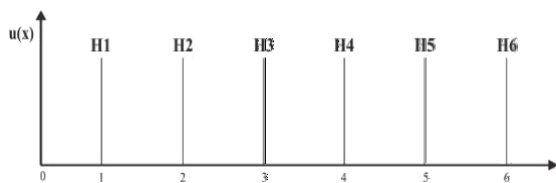
Gambar 4. Himpunan Fuzzy

Selain seperti pada tabel 1 yang merupakan distribusi frekuensi data *budget* dari 100 orang wisatawan, juga didapatkan data lainnya yang dibutuhkan untuk membuat fungsi keanggotaan penelitian ini, yaitu

data lama wisata, akomodasi/hotel, makanan dan minuman, dan transportasi.

b) *Lama Wisata*

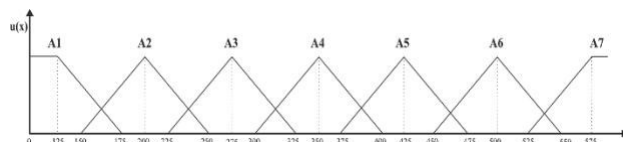
Berikut Fungsi keanggotaan lama wisata dipetakan ke dalam enam himpunan *fuzzy* yaitu H1, H2, H3, H4, H5, atau H6 yang direpresentasikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Fungsi keanggotaan lama wisata

c) *Akomodasi/hotel*

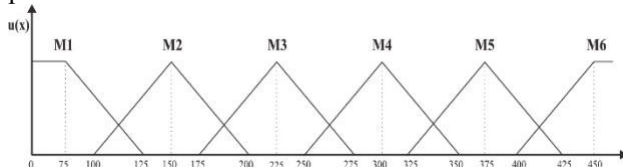
Fungsi keanggotaan akomodasi/hotel dipetakan ke dalam tujuh himpunan *fuzzy* yaitu A1, A2, A3, A4, A5, A6 atau H7 yang direpresentasikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Fungsi keanggotaan akomodasi/hotel

d) *Makanan dan minuman*

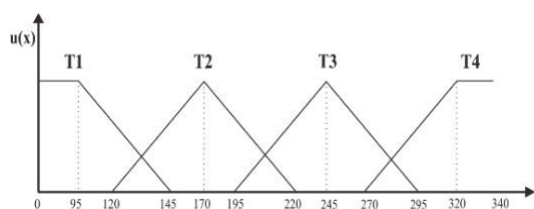
Fungsi keanggotaan makanan dan minuman dipetakan ke dalam empat himpunan *fuzzy* yaitu M1, M2, M3, M4, M5, atau M6 yang direpresentasikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Fungsi keanggotaan makanan dan minuman

e) *Transportasi*

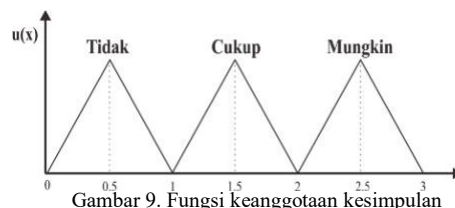
Fungsi keanggotaan transportasi dipetakan ke dalam empat himpunan *fuzzy* yaitu T1, T2, T3 atau T4 yang direpresentasikan pada Gambar 10.



Gambar 8. Fungsi keanggotaan transportasi

f) *Kesimpulan*

Fungsi keanggotaan kesimpulan memetakan nilai *fuzzy* ke dalam tiga himpunan *fuzzy* yaitu Tidak, Cukup, atau Mungkin yang direpresentasikan pada Gambar 9.



Gambar 9. Fungsi keanggotaan kesimpulan

Berdasarkan kelima variabel yang digunakan yaitu *budget*, lama wisata, akomodasi/hotel, makanan dan minuman, serta transportasi maka jumlah aturan *fuzzy* yang dapat dibentuk adalah sebanyak $10 \times 6 \times 7 \times 6 \times 4 = 10.080$ aturan/rule *fuzzy*. Tabel 2 merupakan aturan *fuzzy* yang terbentuk.

Tabel 2. Aturan *fuzzy*

No	T	M	A	H	B	Kesimpulan
1	T1	M1	A1	H1	B1	MUNGKIN
2	T1	M1	A1	H1	B2	MUNGKIN
3	T1	M1	A1	H1	B3	MUNGKIN
.
.
6719	T4	M4	A7	H6	B9	TIDAK
6720	T4	M4	A7	H6	B10	TIDAK

Dalam menentukan variabel kesimpulan digunakan persamaan sebagai berikut :

$$SB = B - (H \times (A + M + T)) \quad (1)$$

Keterangan :

T = Transportasi

M = Makanan dan minuman

A = Akomodasi/hotel

B = *Budget*

SB = Sisa *budget*

H = Lama Wisata

Nilai tiap himpunan *fuzzy* ditentukan berdasarkan fungsi keanggotaan masing-masing variabel dengan mengambil nilai rata-rata tiap himpunan *fuzzy*. Contoh : T2 memiliki nilai 170.000 karena mengambil nilai himpunan T2 pada fungsi keanggotaan transportasi.

Berdasarkan Persamaan 1 maka aturan untuk menentukan himpunan kesimpulan adalah jika sisa *budget* < Rp 100.000 maka “Tidak Memungkinkan”, jika sisa *budget* Rp 100.000 – Rp 500.000 maka “Cukup Memungkinkan”, dan jika > Rp. 500.000 maka kesimpulannya “Memungkinkan”. Aturan tersebut ditentukan berdasarkan data pola sisa *budget* wisatawan pada Tabel 3 :

Tabel 3. Pola sisa *budget* wisatawan

No	Range Sisa Budget	Frekuensi	(%)
1	< Rp 100,000	0	0%
2	Rp 100,000 – Rp 500,000	56	56 %
3	> Rp 500,000	44	44%
Total		100	100%

Hasil perhitungan tahap *fuzzifikasi* sesuai dengan fungsi keanggotaan ditunjukkan pada Gambar 10 dengan skenario perhitungan hasil pertimbangan wisata yang digunakan sesuai dengan section VA.

Himpunan Fuzzy Budget	Himpunan Fuzzy Lama Wisata	Himpunan Fuzzy Hotel/Akomodasi
B1 = 0.0	H1 = 0.0	A1 = 0.0
B2 = 0.92	H2 = 0.0	A2 = 0.63
B3 = 0.0	H3 = 1.0	A3 = 0.0
B4 = 0.0	H4 = 0.0	A4 = 0.0
B5 = 0.0	H5 = 0.0	A5 = 0.0
B6 = 0.0	H6 = 0.0	A6 = 0.0
B7 = 0.0	Himpunan Fuzzy Makanan/Minuman	A7 = 0.0
B8 = 0.0	M1 = 0.3	Himpunan Fuzzy Transportasi
B9 = 0.0	M2 = 0.2	T1 = 0.0
B10 = 0.0	M3 = 0.0	T2 = 0.51
	M4 = 0.0	T3 = 0.0
	M5 = 0.0	T4 = 0.0
	M6 = 0.0	

Gambar 10. Hasil *fuzzifikasi*

3.2.2. Implikasi

Implikasi adalah proses penarikan kesimpulan dari *IF-THEN rule* dengan menggunakan fungsi MIN dari aturan yang terbentuk. Gambar 11 merupakan hasil proses implikasi :

T2 M1 A2 H3 B2
Nilai minimum (0.51, 0.3, 0.63, 1.0, 0.92) = 0.3
cukup
T2 M2 A2 H3 B2
Nilai minimum (0.51, 0.2, 0.63, 1.0, 0.92) = 0.2
tidak
Max = 0.3

Gambar 11. Hasil proses implikasi

3.2.3. Agregasi/komposisi aturan

Agregasi adalah proses mengombinasikan semua keluaran *IF-THEN rule* jika terdapat hasil keluaran yang lebih dari satu pada proses implikasi, komposisi aturan/agregasi menggunakan fungsi MAX. Berdasarkan Gambar 13, terdapat 2 hasil implikasi yaitu 0.3 dan 0.2. Dengan proses agregasi maka :

$$\begin{aligned}\mu_{\text{Maks}}(x) &= \text{Max}(\alpha_1 ; \alpha_2) \\ &= \text{Max}(0,3 ; 0,2) \\ &= 0,3 \text{ (Cukup Memungkinkan)}\end{aligned}$$

3.2.4. Defuzzifikasi

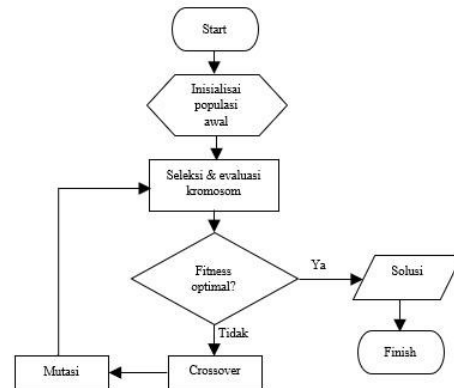
Model defuzzifikasi yang digunakan dalam menentukan pertimbangan berwisata di Pulau Lombok adalah *Mean of Maxima* (MOM), berikut perhitungan defuzzifikasi :

$$\begin{aligned}\mu_{\text{Maks}}(x) &= 0,3 \\ - \alpha_{\text{Max}} &= x_1 - 1/0.5 & - \alpha_{\text{Max}} &= 2 - x_2/0.5 \\ 0,3 &= x_1 - 1/0.5 & 0,3 &= 2 - x_2/0.5 \\ 0.15 &= x_1 - 1 & 0.15 &= 2 - z_2 \\ \mathbf{x_1} &= \mathbf{1.15} & \mathbf{z_2} &= \mathbf{1.85} \\ - x_{\text{Akhir}} &= \frac{x_1 + x_2}{2} = \frac{1.15 + 1.85}{2} = \frac{3}{2} = \mathbf{1.5}\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan *defuzzifikasi* di atas, didapatkan nilai *fuzzy* 1.5 yang berarti menghasilkan keluaran “Cukup Memungkinkan” karena berada pada rentang 1-2 sesuai dengan himpunan *fuzzy* kesimpulan pada Gambar 9.

3.3. Algoritma Genetika

Algoritma Genetika sebagai cabang dari algoritma evolusi merupakan metode *adaptive* yang bisa digunakan untuk memecahkan suatu pencarian nilai dalam sebuah masalah optimasi. Dengan meniru teori evolusi, algoritma genetika dapat digunakan untuk mencari solusi permasalahan-permasalahan dalam dunia nyata (Meutia, 2017). Gambar 12 menunjukkan tahapan umum pada Algoritma Genetika.



Gambar 12. Tahapan umum Algoritma Genetika

Gambar 12 menunjukkan Algoritma Genetika memiliki 4 tahapan umum dalam menentukan solusi optimum yaitu inisiasi populasi awal, seleksi dan evaluasi kromosom, *crossover*, dan mutasi. Inisiasi populasi awal dilakukan dengan memberikan nilai acak untuk tiap gen pada masing-masing kromosom, sehingga populasi yang terbentuk akan merepresentasikan solusi awal untuk sebuah permasalahan. Tahap kedua melakukan seleksi dan populasi kromosom untuk menentukan kromosom dengan *fitness* terbaik dan memberikan kesempatan pada kromosom dengan *fitness* terbaik melakukan reproduksi lebih banyak. Jika *fitness* optimal belum ditemukan maka selanjutnya dilakukan proses *crossover* yaitu persilangan antara kromosom-kromosom induk dan proses mutasi yang melakukan pergantian sebuah atau beberapa gen pada sebuah kromosom. Proses-proses tersebut terus dilakukan hingga ditemukannya kromosom dengan nilai *fitness* paling optimal.

Pada penelitian ini, setelah melakukan penentuan pertimbangan berwisata di Pulau Lombok dengan *fuzzy Mamdani*, jika aplikasi memberikan kesimpulan wisata cukup atau memungkinkan maka aplikasi akan memberikan alokasi penggunaan *budget* yang optimal dengan metode Algoritma Genetika. Persamaan berikut yang akan digunakan dalam mencari alokasi penggunaan *budget* optimal :

$$B = H \times (A + M + T) \quad (2)$$

Dari Persamaan 2, representasi kromosom yang akan terbentuk adalah variabel makanan dan minuman, akomodasi/hotel, dan transportasi menjadi

gen-gen penyusun tiap kromosom seperti persamaan 3.

Kromosom[i] = [Makanan; Hotel; Transportasi] (3)

3.3.1. Inisiasi populasi awal

Sebelum melakukan proses inisiasi populasi awal, terlebih dahulu dilakukan penentuan batasan untuk tiap variabel. Penentuan batasan dilakukan dengan hasil perkalian dari lama wisata dengan jumlah ketiga variabel tersebut harus memiliki hasil lebih besar dari *budget* yaitu Rp. 1.650.000. Jika hasil yang didapatkan kurang dari *budget*, maka tiap variabel ditambahkan Rp 50.000 sesuai dengan rentang titik fungsi keanggotaan tiap variabel sampai nilainya lebih besar dari *budget*. Dari skenario pengujian sesuai dengan *section VA* didapatkan nilai batasan untuk hotel Rp 181.000 - Rp. 231.000, untuk makanan dan minuman Rp 165.000 – Rp 240.000, dan untuk transportasi Rp 145.000 – Rp 195.000.

Gambar 13 menunjukkan hasil inisiasi populasi awal setelah nilai batasan tiap variabel didapatkan :

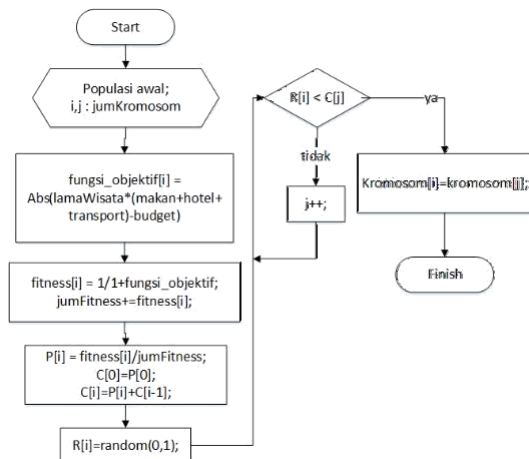
Nilai Fitness Populasi ke-0				
225	196	191	=	0.0053475935828877
203	193	148	=	0.05263157894736842
207	212	179	=	0.006896551724137931
188	223	163	=	0.0136986301369863
231	228	147	=	0.005917159763313609
231	190	163	=	0.009708737864077669
187	187	192	=	0.02040816326530612
240	201	154	=	0.007352941176470588
191	222	193	=	0.005917159763313609
199	202	158	=	0.03571428571428571

Gambar 13. Populasi awal

3.3.2. Evaluasi dan Seleksi Kromosom

Evaluasi dan seleksi kromosom bertujuan untuk mendapatkan kromosom/individu terbaik dalam sebuah populasi dan memberikan kromosom dengan nilai *fitness* terbaik tersebut memiliki kesempatan untuk bereproduksi lebih banyak.

Gambar 14 merupakan diagram alir dari tahap evaluasi dan seleksi kromosom dengan menghitung *fitness* dan melakukan seleksi *roulette wheel* :

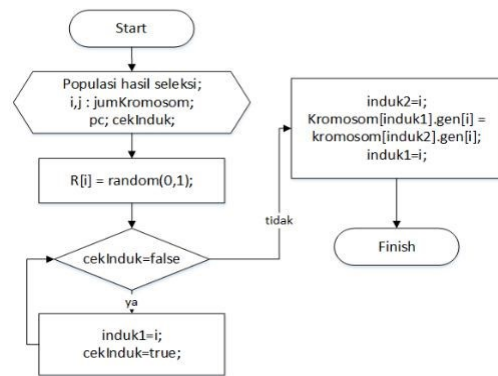


Gambar 14. Algoritma evaluasi dan seleksi kromosom

3.3.3. Crossover

Crossover merupakan persilangan antar dua kromosom induk untuk menghasilkan kromosom baru yang identik dengan induknya. Gambar 15 merupakan diagram alir dalam tahap *crossover*.

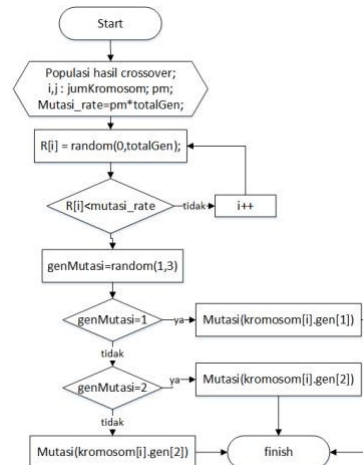
Gambar 16 menunjukkan kromosom optimal didapatkan pada generasi/populasi ke-8 di kromosom ke-4 setelah melalui proses evaluasi, seleksi, *crossover*, dan mutasi. nilai *fitness* optimal didapatkan pada populasi ke-8 di kromosom ke-4 dengan nilai alokasi penggunaan *budget* yaitu, untuk makanan/minuman Rp 209.000, untuk akomodasi/hotel Rp 193.000, dan untuk transportasi Rp 148.000.



Gambar 15. Algoritma tahap *crossover*

3.3.4. Mutasi

Gambar 16 merupakan diagram alir dalam tahapan mutasi.



Gambar 16. Algoritma tahap mutasi

Nilai Fitness Populasi ke-8				
199	193	148	=	0.03225806451612903
203	193	148	=	0.05263157894736842
199	193	148	=	0.03225806451612903
209	193	148	=	1.0
199	193	148	=	0.03225806451612903
215	193	148	=	0.05263157894736842
199	193	148	=	0.03225806451612903
215	218	148	=	0.010638297872340425
203	193	148	=	0.05263157894736842
203	193	148	=	0.05263157894736842

Gambar 17. Populasi terbaik

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini membahas hasil pengujian aplikasi yang menggunakan Logika *Fuzzy Mamdani* untuk memberikan pertimbangan wisata di Lombok dan Algoritma Genetika dalam memberikan saran alokasi penggunaan *budget* yang optimal.

4.1. Fuzzy Mamdani

Pengujian dilakukan untuk mengetahui model *fuzzy* yang digunakan sesuai dengan hasil perhitungan manual & untuk mengetahui apakah model defuzzifikasi yaitu model *Mean of Max* (MOM) sesuai dengan model defuzzifikasi *Centroid* & *Bisector*. Tabel 4 menunjukkan skenario pengujian

Tabel 4. Skenario pengujian aplikasi (satuan 1000).

No	Budget	Hari	Hotel	Makan	Transport
1	3,300	5	155	135	150
2	1,850	3	100	100	140
3	3,000	4	200	200	150
4	5,250	4	525	525	157.5
5	2,350	3	250	250	100
6	2,475	3	170	495	247.5
7	2,500	6	100	120	90
8	1,650	3	181.5	110	165
9	1,485	2	297	165	165
10	3,000	3	412	550	302.5
11	1,155	2	100	100	115.5
12	1,815	4	110	214.5	110
13	1,650	3	100	137	165
14	2,500	3	250	166	200
15	3,000	5	200	150	150
16	4,350	4	326.3	435	290
17	2,200	1	1,000	1,000	100
18	2,300	4	250	200	105
19	2,475	3	330	110	150
20	5,500	4	625	375	200

Tabel 5 menunjukkan hasil pengujian aplikasi dengan perhitungan manual.

Tabel 5. Pengujian *Fuzzy Mamdani* dengan perhitungan manual

No	<i>Fuzzy Mamdani</i>	Manual	Keterangan
1	Memungkinkan	Memungkinkan	Sesuai
2	Memungkinkan	Memungkinkan	Sesuai
3	Memungkinkan	Memungkinkan	Sesuai
4	Memungkinkan	Memungkinkan	Sesuai
5	Memungkinkan	Memungkinkan	Sesuai
6	Tidak	Tidak	Sesuai
7	Memungkinkan	Memungkinkan	Sesuai
8	Memungkinkan	Memungkinkan	Sesuai
9	Memungkinkan	Memungkinkan	Sesuai
10	Tidak	Tidak	Sesuai
11	Memungkinkan	Memungkinkan	Sesuai
12	Tidak	Tidak	Sesuai
13	Memungkinkan	Memungkinkan	Sesuai
14	Memungkinkan	Memungkinkan	Sesuai
15	Memungkinkan	Memungkinkan	Sesuai
16	Memungkinkan	Memungkinkan	Sesuai
17	Memungkinkan	Memungkinkan	Sesuai
18	Tidak	Tidak	Sesuai

No	<i>Fuzzy Mamdani</i>	Manual	Keterangan
19	Memungkinkan	Memungkinkan	Sesuai
20	Memungkinkan	Memungkinkan	Sesuai

Berdasarkan Tabel 5, disimpulkan bahwa hasil perhitungan manual memiliki keluaran yang sama dengan aplikasi menggunakan Logika *Fuzzy Mamdani* dengan model defuzzifikasi *Mean of Max* (MOM).

Tabel 6 menunjukkan hasil aplikasi dengan model defuzzifikasi *Centroid*, selain itu juga dilakukan model defuzzifikasi dengan *Bisector*.

Tabel 6. Pengujian *Fuzzy Mamdani* dengan *Centroid*

No	MOM		Centroid	
	NF	Kesimpulan	NF	Kesimpulan
1	2.5	Memungkinkan	2.5	Memungkinkan
2	1.5	Cukup	1.73	Cukup
3	2.5	Memungkinkan	2.5	Memungkinkan
4	2.5	Memungkinkan	2.5	Memungkinkan
5	2.5	Memungkinkan	2.5	Memungkinkan
6	0.5	Tidak	0.5	Tidak
7	1.5	Cukup	1.73	Cukup
8	1.5	Cukup	1.09	Cukup
9	1.5	Cukup	1.5	Cukup
10	0.5	Tidak	0.5	Tidak
11	2.5	Memungkinkan	2.5	Memungkinkan
12	0.5	Tidak	0.5	Tidak
13	1.5	Cukup	1.5	Cukup
14	2.5	Memungkinkan	2.27	Memungkinkan
15	2.5	Memungkinkan	2.5	Memungkinkan
16	1.5	Cukup	1.35	Cukup
17	2.5	Memungkinkan	2.5	Memungkinkan
18	0.5	Tidak	0.5	Tidak
19	2.5	Memungkinkan	2.09	Memungkinkan
20	2.5	Memungkinkan	2.5	Memungkinkan

Keterangan : NF = Nilai *Fuzzy*

Hasil Pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 6, hasil defuzzifikasi pada kasus ini dengan menggunakan model defuzzifikasi *Centroid*, dan *Bisector*, serta MOM, dapat disimpulkan bahwa mereka memiliki hasil yang sama meskipun terdapat nilai keluaran *Fuzzy* yang berbeda pada beberapa skenario pengujian. Perbedaan nilai *fuzzy* tersebut tidak mempengaruhi hasil kesimpulan karena nilai *fuzzy* yang dihasilkan pada defuzzifikasi *MOM*, *Centroid*, dan *Bisector* masih berada pada rentang kesimpulan pertimbangan wisata yang sama seperti ditunjukkan pada Gambar 9.

Seperti pada Tabel 6, skenario pengujian nomor 2 dengan model defuzzifikasi MOM menghasilkan nilai *fuzzy* 1.5 dengan kesimpulan “Cukup Memungkinkan”, sedangkan model *Centroid* menghasilkan nilai *fuzzy* 1.73 dengan kesimpulan “Cukup Memungkinkan” juga. Meskipun nilai *fuzzy* yang dihasilkan berbeda dari kedua model defuzzifikasi tersebut, kesimpulan yang diberikan sama karena masih berada pada rentang 1.1-2.0 untuk jenis kesimpulan “Cukup Memungkinkan” sesuai

dengan fungsi keanggotaan kesimpulan pada Gambar 9.

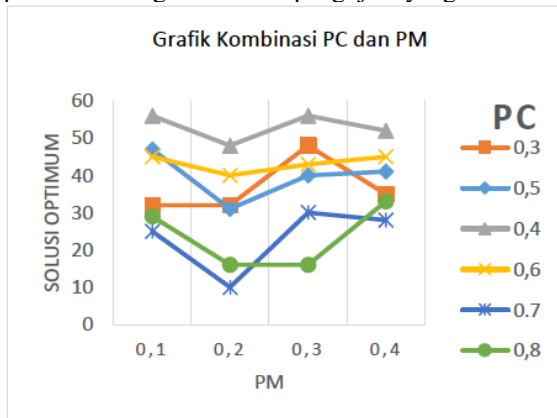
4.2. Algoritma Genetika

Pengujian dilakukan untuk mengetahui solusi optimum dalam memberikan alokasi penggunaan *budget* optimal terhadap skenario pengujian pada *section* VA. Pengujian ini juga diharapkan mampu mengetahui pengaruh kombinasi nilai probabilitas *crossover* (pc) dan probabilitas mutasi (pm) dalam memberikan solusi yang optimal. Hasil pengujian akan ditampilkan dalam bentuk grafik yang dihasilkan dari setiap kombinasi probabilitas *crossover* (pc) dan probabilitas mutasi (pm), nilai pc yang digunakan antara 0.3 – 0.8 dan nilai pm kurang dari 0.5 (Mahmudy, 2014).

Dalam menentukan kombinasi terbaik dari variabel pc dan pm dengan skenario yang diberikan, digunakanlah variabel waktu eksekusi (t) dengan jumlah generasi (i) hingga nilai *fitness* optimal ditemukan sesuai dengan Persamaan 4.

$$\text{solusi optimum} = \frac{\text{Jumlah iterasi (i)}}{\text{waktu iterasi (t)}} \quad 4$$

Persamaan 4 digunakan jika solusi optimal didapatkan pada nilai iterasi/jumlah generasi yang sama, untuk nilai iterasi/jumlah generasi yang berbeda ditentukan berdasarkan iterasi/jumlah generasi (i) karena nilai iterasi (i) berbanding lurus dengan nilai waktu eksekusi (t). Artinya semakin besar nilai iterasi (i) maka semakin besar waktu eksekusinya (t), sehingga nilai (i) terkecil merupakan solusi optimum (hasil kombinasi terbaik). Gambar 17 menunjukkan hasil dari proses kombinasi nilai pc dan pm sesuai dengan skenario pengujian yang diberikan.



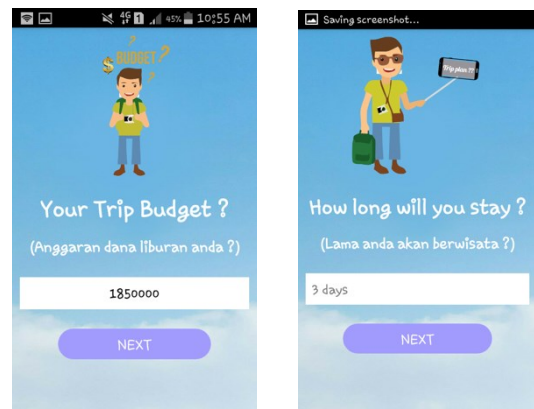
Gambar 17. Grafik kombinasi pc dan pm

Berdasarkan grafik pada Gambar 17 tersebut, nilai solusi optimum dengan nilai probabilitas mutasi (pm) = 0.2 dengan kombinasi nilai probabilitas *crossover* (pc) antara 0.3 – 0.8 menghasilkan nilai solusi optimum yang relatif lebih kecil. Hal itu terlihat dari nilai rata-rata yang dihasilkan yaitu 30 dari seluruh kombinasi probabilitas mutasi (pm) terhadap probabilitas *crossover* (pc) yang lebih kecil

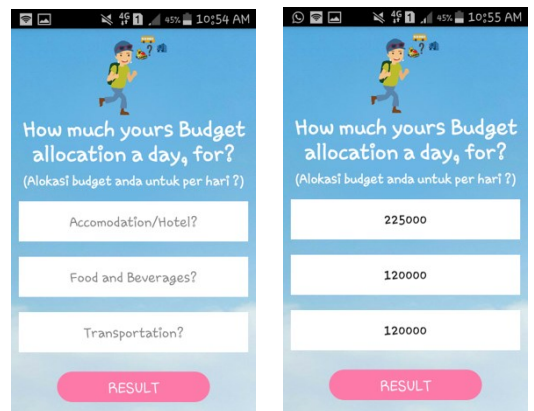
dibandingkan nilai probabilitas mutasi (pm) lainnya. Nilai solusi optimum terbaik juga diperoleh pada nilai probabilitas mutasi (pm) 0.2 dengan nilai probabilitas *crossover* (pc) = 0.7, dapat dilihat pada Gambar 17 yang menghasilkan nilai optimum 10.

4.3. Screenshot Aplikasi

Gambar 18 – 21 menunjukkan screenshot fitur-fitur pada aplikasi Pertimbangan Wisata di Pulau Lombok dengan Metode *Fuzzy Mamdani* dan Algoritma Genetika.

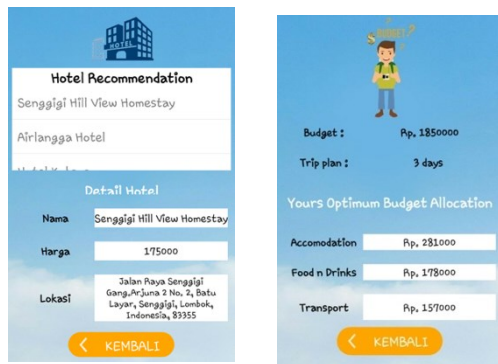


Gambar 18. Tampilan *input-an budget* dan lama wisata



Gambar 19. Tampilan *input-an akomodasi*, makanan dan minuman, dan transportasi





Gambar 20. Tampilan hasil pertimbangan

Gambar 21. Tampilan saran hotel dan alokasi budget

5. KESIMPULAN

Hasil pengujian aplikasi dalam memberikan rekomendasi/pertimbangan wisata menggunakan Logika Fuzzy Mamdani dengan perhitungan manual menghasilkan keluaran yang sama dalam 20 kasus/skenario pengujian. Selain itu hasil pengujian aplikasi dalam memberikan pertimbangan wisata menggunakan Logika Fuzzy Mamdani pada model defuzzifikasi *Mean of Max* (MOM) dengan model defuzzifikasi *Centroid* dan *Bisector* menghasilkan keluaran/pertimbangan wisata yang sama. Beberapa skenario pengujian menggunakan model defuzzifikasi MOM, *Centroid*, dan *Bisector* menghasilkan nilai fuzzy yang berbeda, namun perbedaan tersebut masih dalam satu rentang himpunan fuzzy pada fungsi keanggotaan kesimpulan, sehingga keluaran yang dihasilkan tetap sama. Kemudian nilai kombinasi dari variabel probabilitas *crossover* (pc) dan probabilitas mutasi berpengaruh untuk menentukan nilai *fitness* dalam memberikan saran penggunaan alokasi budget yang optimal. Kombinasi nilai probabilitas *crossover* (pc) dan probabilitas mutasi (pm) yang paling optimum didapatkan pada kombinasi nilai pc = 0.7 dan nilai pm = 0.2. Dalam skenario pengujian yang telah diberikan, kombinasi tersebut mendapatkan *fitness* terbaik pada generasi ke-10.

Saran untuk penelitian selanjutnya pada penerapan Logika Fuzzy, fungsi keanggotaan setiap variabel dibuat dengan menggunakan sebuah metode pendukung untuk mendapatkan fungsi keanggotaan yang lebih optimal. Selain itu, sistem yang telah dibuat diharapkan mampu dikembangkan ke dalam sebuah aplikasi yang lebih kompleks sesuai kebutuhan wisatawan.

DAFTAR PUSTAKA

- ARIFIN, Saiful. 2015. Implementasi Logika Fuzzy Mamdani untuk Mendeteksi Kerentanan Daerah Banjir di Semarang Utara. Skripsi. Semarang. Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Semarang.
- ARINANTA, Firminda R. 2017. Penerapan Logika Fuzzy dengan Metode Logika Fuzzy Tsukamoto dalam menentukan Pertimbangan Berwisata di Pulau Lombok. Skripsi. Mataram. Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Mataram.
- AYUNINGTIAS Laras P, Irfan M, dan Jumaidi. 2017. Analisa Perbandingan Logik Fuzzy metode Tsukamoto, Sugeno, dan Mamdani (Studi Kasus: Prediksi Jumlah Pendaftaran Mahasiswa Baru Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Gunung Djati Bandung). Bandung. Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Jati Bandung.
- ISMAYA, Ulvi. 2016. Penerapan Logika Fuzzy Mamdani untuk Prediksi Jumlah Produksi Tahu. Skripsi. Yogyakarta. Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.
- MAHMUDY, W.F. 2014. Algoritma Evolusi. PTIIK : Universitas Brawijaya
- MASLIM, Martinus. 2013. Aplikasi Logika fuzzy pada Sistem pakar Pariwisata. Seminar Nasional TIK 2013. Yogyakarta. PS Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- MEUTIA, Nur Shabrina. 2017. Penjadwalan Mata Kuliah Menggunakan Metode Algoritma Genetika. Skripsi. PS Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Mataram.
- SOLIKIN, Fajar. 2011. Aplikasi Logika Fuzzy dalam Optimasi Produk banrang Menggunakan Metode Mamdani dan Metode Sugeno. PS Matematika, Jurusan Pendidikan Matematika, FMIPA, Universitas Negeri yogyakarta.
- SUKANDY Dwi Martha, Basuki Agung T, dan Pusoasari Shinta. 2014. Penerapan Metode Fuzzy Mamdani untuk Memprediksi Jumlah Produksi Minyak Sawit Berdasarkan Data Persediaan dan Jumlah Permintaan (Studi Kasus PT Perkebunan Mitra Ogan Baturaja). Program Studi Teknik Informatika, STMIK GI MDP.
- SUKATON, Rama M. 2011. Penggunaan Algoritma Genetika dalam Masalah jalur Terpendek Pada jaringan Data. Skripsi. Depok. FMIPA, Program Studi Sarjana Matematika, Universitas Indonesia.
- WIDODO Agus Wahyudi dan Nahnudy Wayan Firdaus. 2010. Penerapan Algoritma Genetika pada Sistem Rekomendasi Wisata Kuliner. Malang. Program Studi Ilmu Komputer, Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Brawijaya.