

## OPTIMASI KOMPOSISI MAKANAN PADA PENDERITA DIABETES MELITUS DAN KOMPLIKASINYA MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA

Maryamah<sup>1</sup>, Rekyan Regasari Mardi Putri<sup>2</sup>, Satrio Agung Wicaksono<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya  
Email: <sup>1</sup>maryamahfaisol02@gmail.com, <sup>2</sup>rekyan.rmp@ub.ac.id, <sup>3</sup>satrio@ub.ac.id

(Naskah masuk: dd mmm yyyy, diterima untuk diterbitkan: dd mmm yyy) → jangan hapus

### Abstrak

Diabetes Melitus (DM) merupakan penyebab kematian no 4 terbesar di dunia dan menyebabkan kematian lebih banyak dibandingkan dengan penyakit lain sehingga diperlukan perhatian yang serius. Salah satu yang dapat dilakukan adalah dengan terapi diet yakni menyusun menu makanan harian. Diet penderita diabetes dilakukan dengan memperhatikan kebutuhan energi, karbohidrat, protein, dan lemak dengan tepat dan akurat. Perhitungan energi pasien dapat dilakukan dengan manual atau dengan bantuan sistem yang menerapkan suatu algoritma. Jika dilakukan dengan proses manual akan membutuhkan waktu yang lama terutama apabila bahan makanan yang tersedia sangat banyak dan diet diabetes setiap komplikasi memiliki kebutuhan yang berbeda. Dengan bantuan sistem proses komputasi akan berlangsung dengan cepat dan jika diterapkan suatu algoritma perhitungan akan menghasilkan solusi yang lebih optimal, salah satu algoritma tersebut adalah algoritma genetika. Algoritma genetika merupakan metode heuristik yaitu suatu metode pencarian, dalam pelaksanaannya terdapat aturan-aturan untuk memperoleh solusi yang lebih baik daripada solusi sebelumnya. Algoritma genetika banyak diterapkan pada berbagai permasalahan optimasi sehingga diharapkan juga dapat mengoptimalkan masalah pada optimasi komposisi makanan. Hasil yang didapatkan dari penelitian yang dilakukan adalah individu dalam populasi yang optimal berjumlah 250 individu dengan jumlah generasi 145 dan kombinasi cr dan mr paling optimal adalah 0.7 dan 0.3 dengan fitness 0.01857.

**Kata kunci:** Diabetes Mellitus, Optimasi, Algoritma Genetika

### Abstract

*Diabetes Mellitus (DM) is the 4th largest cause of death in the world and causes more deaths than other diseases so needed serious attention is required. One that can be done is by diet therapy that is composing daily food menu. Diabetic diet is done with attention of energy, carbohydrates, proteins, and fats with precise and accurate. The calculation of the patient's energy can be done manually or with the help of a system that implements an algorithm. If done by manual process will take a long time especially if the available food is very much and diabetic diet every complication has different needs. With the help of computation process system will take place quickly and if applied a calculation algorithm will yield more optimal solution, one of the algorithm is genetic algorithm. Genetic algorithm is a heuristic method that is a search method, in implementation there are rules to obtain a better solution than the previous solution. Genetic algorithm is widely applied to various optimization problems so it is also expected to optimize the problem on the optimization of food composition. The results obtained from the research conducted are individuals in the optimal population of 250 individuals with the number of generations of 145 and the combination of cr and mr most optimal is 0.7 and 0.3 with fitness 0.01857.*

**Keywords:** Diabetes Mellitus, Optimization, Genetic Algorithm

## 1. PENDAHULUAN

Diabetes Melitus (DM) merupakan penyakit yang disebabkan oleh gangguan keseimbangan antara transportasi glukosa ke dalam sel, yang disimpan dalam hati dan dikeluarkan oleh hati sehingga mengakibatkan kadar glukosa dalam darah meningkat (Tandra, 2013). Dengan adanya gangguan metabolisme, kondisi tubuh tidak dapat memproduksi insulin dengan benar atau tubuh mengalami kekurangan insulin. Sehingga glukosa dalam tubuh menumpuk (Sutanto, 2010). Selain itu diabetes melitus secara umum disebabkan oleh tiga faktor yaitu

pola makan yang salah, gaya hidup yang modern dan obesitas (Susilo & Wulandari, 2011).

Penyakit diabetes melitus memiliki beberapa gejala yaitu sering buang air kecil, sering merasa haus, sering merasa lapar dan penurunan berat badan secara drastis (Susilo & Wulandari, 2011). Namun satu dari empat orang tidak menyadari bahwa mereka memiliki penyakit diabetes (Sutanto, 2010). Padahal diabetes merupakan penyebab kematian no 4 terbesar di dunia dan merupakan penyakit yang memiliki pertumbuhan terpesat dan telah menyebabkan kematian lebih banyak dibandingkan dengan penyakit lain (Tandra, 2013). Pada tahun 2012 4,8 juta penduduk penderita diabetes melitus

mengalami kematian dan setiap menit terdapat 6 orang yang meninggal diakibatkan penyakit diabetes (Tandra, 2013).

Jika penderita diabetes tidak mengontrol kadar gula dalam tubuhnya dengan teratur, tidak memperbaiki gaya hidup, diet yang tepat dan berolahraga dengan teratur dapat mengakibatkan penyakit diabetes mengalami komplikasi dengan penyakit mematikan. Adapun komplikasi tersebut adalah jantung, stroke, mata, ginjal, saraf, hipertensi, dan lambung (Prameswari, Penyakit Diabetes Mellitus dan Komplikasinya, 2016). Gula darah yang terkontrol dengan baik, pengaturan diet yang benar dapat menghindari diabetes melitus dari berbagai komplikasi bahkan dapat mencegah dan mengobati penyakit diabetes (Tandra, 2013).

Hal yang perlu diperhatikan dalam diet yang tepat adalah menentukan komposisi makanan yang tepat yaitu bagaimana cara mengoptimalkan gizi dan nutrisi pada makanan yang dikonsumsi oleh penderita diabetes melitus. Cara menentukan komposisi makanan yang tepat dapat dilakukan manual dan menggunakan *software*. Cara manual memiliki banyak kelemahan yaitu waktu penentuan membutuhkan waktu yang lama dan nutrisi yang terkandung belum tentu benar-benar optimal. Sedangkan dengan *software* penentuan komposisi makanan yang tidak menggunakan metode pendukung tidak membutuhkan waktu yang lama namun nutrisi yang dihasilkan juga belum tentu optimal. Sehingga diperlukan metode pendukung yang diimplementasikan pada *software* dan menghasilkan komposisi makanan yang cepat, nutrisi yang optimal dan harga makanan yang lebih murah.

Pada penelitian sebelumnya mengenai optimasi komposisi makanan yang dilakukan pada penderita penyakit diabetes melitus menggunakan algoritma genetika mendapatkan hasil kombinasi makanan yang dibutuhkan oleh penderita diabetes melitus dan biaya yang minimum. *Output* yang dihasilkan berupa list makan pagi, siang, dan malam (Rianawati & Mahmudy, 2015). Namun pada kenyataannya sangat jarang pasien yang menderita penyakit diabetes melitus saja tanpa komplikasi penyakit lain. Hal ini dikarenakan penyakit diabetes melitus menjadi sangat berbahaya karena penyakit tersebut menyebabkan komplikasi dengan penyakit lain (Prameswari, Penyakit Diabetes Mellitus dan Komplikasinya, 2016). Sehingga sangat penting dilakukan penelitian mengenai optimasi komposisi makanan bagi penderita diabetes melitus dan komplikasinya.

Algoritma genetika banyak diterapkan pada berbagai macam permasalahan optimasi seperti pada penelitian sebelumnya mengenai optimasi bahan makanan pada penderita diabetes melitus (Rianawati & Mahmudy, 2015), optimasi lahan pertanian (Saputro & Mahmudy, 2015), optimasi barang dalam produksi (Ramuna & Mahmudy, 2015), optimasi penjadwalan (Sari & Mahmudy, 2015). Penelitian-penelitian tersebut dapat menghasilkan solusi yang mendekati optimum karena algoritma genetika merupakan metode heuristik yaitu suatu metode pencarian yang dalam pelaksanaannya

terdapat aturan-aturan untuk memperoleh solusi yang lebih baik daripada solusi yang telah diperoleh sebelumnya. Serta dalam pelaksanaannya waktu yang digunakan untuk mencari solusi relatif cepat (Mahmudy, 2015). Dengan banyaknya penelitian yang menggunakan algoritma genetika pada berbagai permasalahan optimasi, algoritma genetika juga digunakan dalam penyelesaian permasalahan optimasi bahan makanan pada penderita penyakit diabetes melitus dan komplikasinya serta diharapkan dapat menghasilkan hasil yang optimum juga. Hasil dari penelitian dapat dikatakan optimum jika menu makananan yang dihasilkan tidak melebihi batasan kalori harian dari pasien penderita diabetes melitus.

Penelitian ini memiliki manfaat terutama bagi pasien penderita diabetes melitus yaitu pasien tidak kesulitan dalam menentukan makanan yang memenuhi gizi dengan harga yang terjangkau. Serta para penderita diabetes melitus harus hati-hati terhadap makanan yang dikonsumsi agar tidak memperparah kondisi dan terjangkit komplikasi yang lain. Berdasarkan uraian diatas, maka perlu dilakukan penelitian yang berjudul "Optimasi Komposisi Makanan pada Penderita Diabetes Mellitus dan Komplikasinya menggunakan Algoritma Genetika".

## 2. DASAR TEORI

Terdapat beberapa teori yang akan dibahas sesuai dengan penelitian yang terkait. Teori-teori mengenai diabetes mellitus, penyakit komplikasi pada diabetes mellitus, perhitungan asupan kalori yang nantinya akan digunakan sebagai terapi diet, diet pasien diabetes mellitus dan komplikasinya serta penjelasan tentang algoritma genetika.

### 2.1 Diabetes Mellitus

Diabetes mellitus merupakan penyakit yang dapat dimiliki orang dalam jangka waktu yang panjang (penyakit menahun) karena tidak mudah untuk menurunkan kadar gula dalam darah sehingga membutuhkan penanganan yang tepat (Ernawati, 2013). Diabetes adalah kondisi tubuh tidak dapat memproduksi insulin dengan benar atau tubuh mengalami kekurangan insulin sehingga glukosa dalam darah menumpuk (Sutanto, 2010).

#### 2.1.1 Komplikasi Diabetes Mellitus

Menurut (Prameswari, 2016) komplikasi-komplikasi yang dialami oleh penderita diabetes mellitus dibagi menjadi dua yaitu

##### 2.1.1.1 Mikrovaskular

Komplikasi mikrovaskular merupakan komplikasi dari penyakit diabetes mellitus yang menyerang pembuluh darah arteri yang berukuran kecil. Komplikasi mikrovaskuler terdiri dari empat jenis yaitu

1. Diabetes Retinopati. Diabetes retinopati adalah penyakit kerusakan yang terjadi pada retina. Penyebab terjadinya retinopati adalah menumpuknya glukosa pada darah pada retina sehingga dapat menyebabkan rusaknya pembuluh.

2. Diabetes Neuropati. Neuropati atau kerusakan saraf pada penderita diabetes biasanya menyerang daerah kaki pasien. Gangguan saraf yang terjadi adalah kaki tidak dapat merasakan panas, nyeri dan kesemutan sehingga pasien tidak menyadari jika terjadi luka. Luka yang diderita penderita diabetes sangat lama untuk disembuhkan dan beresiko terkena infeksi dan menyebabkan kaki harus diamputasi.
3. Diabetes Nefropati. Nefropati atau kerusakan yang terjadi pada ginjal. Kerusakan pada ginjal disebabkan oleh pengobatan yang dilakukan oleh pasien penderita diabetes.
4. Diabetes Gastropati. Gastropati atau kerusakan lambung disebabkan oleh obat-obatan untuk mengobati diabetes yang diderita.

#### 2.1.1.2 Makrovaskular

Komplikasi Makrovaskular merupakan kebalikan dari mikrovaskular yaitu komplikasi dari penyakit diabetes mellitus yang mengenai pembuluh darah arteri berukuran besar. Adapun macam-macam komplikasi makrovaskular adalah

1. Diabetes Kardiomiopati. Komplikasi diabetes ini dikarenakan glukosa menumpuk pada darah dan jantung sebagai organ yang mengatur peredaran darah tubuh bekerja lebih berat dan jika hal ini terus berlangsung dapat menyebabkan penyakit jantung. Penyakit jantung terdiri dari beberapa jenis diantaranya penyakit jantung coroner, serangan jantung dan gagal jantung.
2. Stroke. Komplikasi stroke ini dikarenakan pembuluh darah menyempit sehingga saluran darah tidak lancar bahkan tersumbat. Tidak menutup kemungkinan aliran darah pada otak terhambat dan menyebabkan terjadinya stroke.

## 2.2 Perhitungan Asupan Kalori

Perhitungan status gizi berdasarkan IMT (Indeks Masa Tubuh) ditunjukkan pada persamaan 1

$$IMT = \frac{\text{Berat Badan}}{(\text{Tinggi Badan})^2} \quad (1)$$

Setelah menghitung IMT, kemudian menghitung BBI. Menurut rumus broca dengan menghitung BBI (Berat Badan Ideal)

$$BBI = (\text{Tinggi badan} - 100) - 10\% \text{ Atau}$$

$$BBI = 90\% \times (\text{Tinggi badan dalam cm} - 100) \times 1 \text{ kg} \quad (2)$$

Bagi laki-laki yang memiliki tinggi badan <160 cm dan perempuan dibawah <150 cm menggunakan rumus:

$$BBI = (\text{Tinggi badan dalam cm} - 100) \times 1 \text{ kg} \quad (3)$$

Tabel 1 Kategori BBI

Kategori gizi	Berat badan ideal
BB Kurus	BB < 90% BBI
BB Normal	BB 90-110% BBI
BB Lebih	BB 110-120% BBI
Gemuk	BB > 120% BBI

### 1. Jenis Kelamin

Menurut perhitungan rumus PERKENI atau Perkumpulan Endokrinologi Indonesia (Wahyuningsih, 2013), rumus perhitungan sesuai dengan jenis kelamin adalah

$$\text{Laki - laki} = BBI \text{ (kg)} \times 30 \text{ kalori} \quad (4)$$

$$\text{Perempuan} = BBI \text{ (kg)} \times 25 \text{ kalori} \quad (5)$$

### 2. Umur

Perhitungan umur yang dilakukan menurut perhitungan rumus PERKENI atau Perkumpulan Endokrinologi Indonesia (Wahyuningsih, 2013) adalah

$$\text{Umur } 40 - 59 \text{ tahun} = -5\%$$

$$\text{Umur } 60 - 69 \text{ tahun} = -10\%$$

$$\text{Umur } \geq 70 \text{ tahun} = -20\% \quad (6)$$

### 3. Aktivitas Fisik

Aktivitas fisik dihitung sesuai dengan pekerjaan dan aktivitas yang dilakukan. Perhitungan menurut rumus PERKENI atau Perkumpulan Endokrinologi Indonesia (Wahyuningsih, 2013) pada persamaan 7

$$\text{Keadaan Istirahat} = +10\% \times \text{kebutuhan basal (AMB)}$$

$$\text{Aktivitas Ringan} = +20\% \times \text{kebutuhan basal (AMB)}$$

$$\text{Aktivitas Sedang} = +30\% \times \text{kebutuhan basal (AMB)}$$

$$\text{Aktivitas Berat} = +50\% \times \text{kebutuhan basal (AMB)}$$

$$\text{Aktivitas Sangat Berat} = +50\% \times \text{kebutuhan basal (AMB)} \quad (7)$$

Pengelompokan kategori masing-masing aktivitas dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2 Kategori aktivitas

Kategori	Aktivitas
Ringan	Pegawai toko, Guru, Pegawai kantor, Ibu rumah tangga, dan Sekretaris
Sedang	Mahasiswa dan Pegawai Industri Ringan
Berat	Buruh, Penari, Pelaut, dan Atlet
Sangat berat	Tukang Becak, Pandai Besi, Tukang gali

### 4. Berat badan

Perhitungan berat badan sesuai dengan kategori BBI pada Tabel 1 dibawah ini

$$\text{Berat Badan gemuk} = -20\%$$

$$\text{Berat Badan lebih} = -10\%$$

$$\text{Berat Badan kurus} = +20\% \quad (8)$$

Langkah selanjutnya adalah menghitung total kalori pada persamaan 9

$$\text{Total kalori} = \text{kalori jenis kelamin} - \text{kalori umur} + \text{kalori aktivitas} + \text{kalori berat badan} \quad (9)$$

### 2.3 Diet Diabetes Melitus dan Komplikasinya

Menurut (Prameswari, 2016) diet diabetes dan komplikasinya dibagi menjadi dua yaitu

#### 2.3.1 Komplikasi dengan penyakit jantung, ginjal dan stroke

Penyakit diabetes mellitus yang berkomplikasi dengan penyakit jantung, ginjal atau stroke adalah komplikasi yang harus benar-benar melakukan diet. Diet yang dilakukan adalah kandungan lemak yang masuk dalam tubuh  $\pm 30\%$  dan  $\pm 12\%$  kandungan protein dari total kalori harian serta sisanya untuk karbohidrat ( $\pm 68\%$ ).

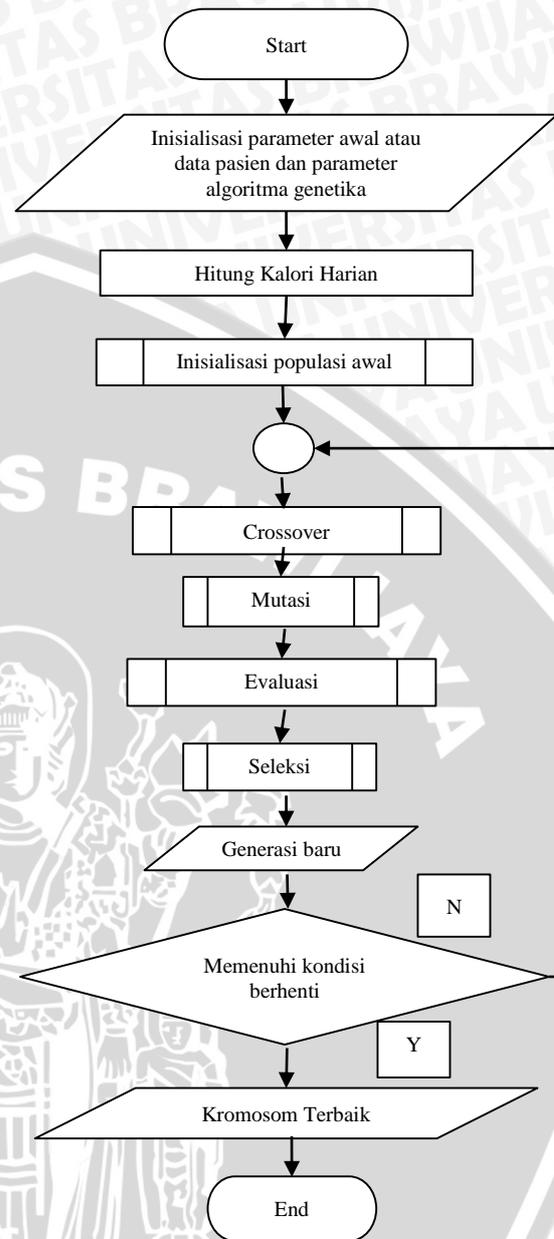
#### 2.3.2 Komplikasi dengan penyakit mata, saraf dan lambung

Pada komplikasi diabetes mellitus dengan penyakit mata, saraf, dan lambung, diet yang dilakukan hampir sama dengan diet pada penderita diabetes mellitus yang tidak berkomplikasi. Diet dilakukan dengan kebutuhan karbohidrat 50%, lemak 30% dan protein 20% dari total kalori harian.

### 2.4 Algoritma Genetika

Algoritma genetika (Genetic Algorithms, GAs) merupakan salah satu jenis algoritma evolusi yang paling populer. Algoritma genetika berkembang seiring dengan perkembangan teknologi informasi yang sangat pesat. Hal ini dikarenakan kemampuan algoritma genetika yang umumnya untuk menyelesaikan berbagai masalah kompleks, algoritma ini banyak digunakan dalam berbagai bidang seperti bidang fisika, biologi, ekonomi, sosiologi dan lain-lain yang sering menghadapi masalah optimasi yang memiliki model matematika kompleks atau sulit untuk dibangun (Mahmudy 2015).

Algoritma genetika merupakan suatu metode heuristic yang berkembang berdasarkan prinsip genetika dan proses seleksi alamiah dari teori evolusi Darwin (Zukhri, 2014). Tahapan algoritma genetika meliputi representasi kromosom, reproduksi yang terdiri dari crossover dan mutasi, menghitung fitness dan seleksi. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1 Diagram Alir Algoritma Genetika

## 3. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

### 3.1 Perancangan

Diabetes mellitus merupakan penyakit yang sangat mematikan terutama penyakit tersebut telah berkomplikasi dengan penyakit lain terutama penyakit yang mematikan lain seperti penyakit jantung dan stroke. Menurut (Prameswari, 2016) pasien yang menderita penyakit diabetes perlu memperbaiki gaya hidup dan melakukan diet yang tepat sehingga dapat mengurangi komplikasi penyakit pada diabetes serta dapat meringankan kondisi penderita penyakit diabetes. Diet penderita diabetes dilakukan dengan memperhatikan kebutuhan energi pasien. Kebutuhan energi didapatkan dengan perhitungan asupan karbohidrat, protein, dan lemak dengan tepat dan akurat. Perhitungan energi pasien

dapat dilakukan dengan manual atau dengan bantuan sistem yang menerapkan suatu algoritma. Jika dilakukan dengan proses manual akan membutuhkan waktu yang lama terutama apabila bahan makanan yang tersedia sangat banyak dan diet diabetes setiap komplikasi memiliki kebutuhan yang berbeda.

### 3.1.1 Desain Kromosom

Desain atau representasi kromosom yang digunakan pada penelitian ini adalah representasi kromosom bilangan integer berbasis nomor makanan yang dibagi sesuai dengan jenis makanannya. Terdapat 15 gen penyusun kromosom setiap individu. 15 gen tersebut mewakili 5 gen untuk makan pagi, 5 gen untuk makan siang dan 5 gen makan malam. Masing-masing 5 gen terdiri dari sumber makanan pokok, sumber nabati, sumber hewani, sumber sayuran dan pelengkap. Setiap bahan makanan mengandung karbohidrat, protein dan lemak.

SP			SN			SH			SS			P							
E1	Kb1	Pr1	L1	E2	Kb2	Pr2	L2	E3	Kb3	Pr3	L3	E4	Kb4	Pr4	L4	E5	Kb5	Pr5	L5

Gambar 2 Desain Kromosom

Keterangan :

SP = Sumber Makanan Pokok

SS = Sumber Sayuran

SN = Sumber Nabati

P = Pelengkap

SH = Sumber Hewani

E1, E2, E3, E4, E5 = Berat Energi

L1,L2,L3,L4,L5 = Berat bobot lemak

Kb1,Kb2,Kb3,Kb4,Kb5 = Berat bobot karbohidrat

Pr1,Pr2,Pr3,Pr4,Pr5 = Berat bobot protein

Contoh representasi kromosom dapat dilihat pada Gambar 3

Makan pagi					Makan Siang					Makan Malam				
SP	SN	SH	SS	P	SP	SN	SH	SS	P	SP	SN	SH	SS	P
22	1	13	5	4	14	5	40	36	16	12	3	32	24	1

Gambar 3 Contoh Desain Kromosom

### 3.1.2 Desain Fitness

Sebelum membahas desain fitness, terdapat perhitungan penalti yang nantinya akan digunakan dalam perhitungan fitness. Cara melakukan perhitungan penalti adalah menghitung selisih total kandungan kalori, gizi karbohidrat, protein, dan lemak dengan kandungan kalori, gizi seimbang karbohidrat, protein dan lemak. Cara perhitungan penalti adalah sebagai berikut.

$$\text{Total penalti} = \text{penalti}_1 + \text{penalti}_2 + \text{penalti}_3 + \text{penalti}_4 \quad (9)$$

Keterangan:

penalti<sub>1</sub> = Penalti kalori

penalti<sub>2</sub> = Penalti karbohidrat

penalti<sub>3</sub> = Penalti protein

penalti<sub>4</sub> = Penalti lemak

Penalti merupakan kondisi dimana terdapat nilai yang tidak sesuai dengan aturan. Penalti sangat penting dalam melakukan perhitungan diet diabetes mellitus dan komplikasinya. Terdapat beberapa aturan yang harus

diterapkan dalam permasalahan optimasi makanan pada penderita diabetes mellitus dan komplikasinya yaitu kandungan kalori, karbohidrat, protein dan lemak tidak kurang atau lebih dari kandungan gizi seimbang kalori, karbohidrat, protein dan lemak. Untuk memenuhi aturan tersebut diperlukan bobot penalti.

Bobot penalti kalori, karbohidrat, protein, lemak mempunyai bobot yang berbeda. Bobot penalti kalori memiliki bobot terbesar karena kalori merupakan penalti yang sangat serius. Namun bobot karbohidrat, protein dan lemak memiliki bobot yang berbeda sesuai dengan penyakit komplikasi yang diderita. Hal ini berdasarkan pengetahuan pakar bahwa terdapat kondisi dimana penyakit komplikasi harus memenuhi kebutuhan wajib. Kondisi bobot penalti setiap komplikasi adalah

#### • Komplikasi penyakit ginjal

Pada komplikasi dengan penyakit ginjal, kebutuhan protein merupakan kebutuhan yang sangat penting untuk diperhatikan. Sehingga nilai penalti dari pasien yang memiliki penyakit komplikasi ginjal adalah nilai  $\alpha_1 = 3$ ,  $\alpha_2 = 1$ ,  $\alpha_3 = 3$  dan  $\alpha_4 = 1$ .

#### • Komplikasi penyakit jantung dan stroke

Pada komplikasi dengan penyakit jantung dan stroke, kebutuhan makanan yang harus diperhatikan adalah lemak. Total lemak harus memenuhi kebutuhan lemak seimbang. Sehingga penalti penderita penyakit komplikasi jantung dan stroke adalah nilai  $\alpha_1 = 3$ ,  $\alpha_2 = 1$ ,  $\alpha_3 = 1$  dan  $\alpha_4 = 3$ .

#### • Komplikasi penyakit mata, syaraf, lambung dan tidak komplikasi

Penyakit diabetes mellitus yang berkomplikasi dengan penyakit mata, syaraf dan lambung serta tidak komplikasi hanya melakukan aturan total kalori tidak melebihi total kalori seimbang. Sehingga penalti pada penyakit komplikasi mata, syaraf, lambung, dan tidak berkomplikasi adalah  $\alpha_1 = 3$ ,  $\alpha_2 = 1$ ,  $\alpha_3 = 1$  dan  $\alpha_4 = 3$ .

Setelah menghitung nilai penalti, selanjutnya menghitung nilai fitness dengan rumus

$$\text{Fitness} = \frac{1000}{(\text{Penalti} \times 100) + \sum \text{harga}} \quad (10)$$

Pada rumus fitness terdapat angka 1000 yang artinya untuk menyetarakan harga dari bahan makanan berkisar antara ribuan. Selain itu terdapat jumlah harga yang diperoleh dari total harga semua bahan makan pada setiap kromosom. Pada penalti dikalikan 100 untuk memperbesar nilai dari penalti sehingga nilai fitness yang dihasilkan akan kecil dan kemungkinan solusi terpilih akan kecil. Dalam penyelesaian permasalahan tersebut terdapat beberapa tahapan yang dilakukan yaitu

### 1. Tahapan Menghitung Kalori Harian

Contoh kasus implementasi algoritma genetika pada permasalahan optimasi makanan pada penderita diabetes mellitus dan komplikasi sebagai berikut.

#### ▪ Inisialisasi Parameter Awal

##### a. Data Pasien

Nama Pasien : Abdullah

Jenis Kelamin: Laki-laki

Usia : 52 Tahun

Berat badan : 65 kg  
 Tinggi Badan: 165 cm  
 Aktifitas : Keadaan istirahat  
 Komplikasi : Jantung

b. Parameter Algoritma Genetika

Jumlah Generasi = 1  
 Ukuran populasi (popsize) = 10  
 Crossover Rate (cr) = 0.5  
 Mutation Rate (mr) = 0.2

▪ Menghitung Kalori harian

BBI =  $0.9 * (165-100)*1 \text{ kg} = 58.50 \text{ kg}$   
 IMT =  $65/(1.65)^2 = 23.875115 \text{ kg}$   
 AMB Pria =  $58.50 \text{ kg} \times 30 \text{ Kkal/kg} = 1755 \text{ Kkal}$   
 AMB Umur =  $- 5 \% \times 1755 \text{ Kkal} = 87.75 \text{ Kkal}$   
 TEE ringan =  $10\% \times 1755 \text{ Kkal} = 175.5 \text{ Kkal}$   
 AMB Berat badan =  $20 \% \times 1755 \text{ Kkal} = 351 \text{ Kkal}$   
 Sehingga total kalori harian yang dibutuhkan oleh pasien diabetes mellitus adalah  
 Total Kalori =  $1755 - 87.75 + 175.5 + 351$   
 = 2193.75 Kkal  
 Karbohidrat (Kkal) =  $68\% \times 2193.75 \text{ Kkal}$   
 = 1491.75 Kkal atau 372.9375 gr  
 Protein (Kkal) =  $30\% \times 2193.75 \text{ Kkal}$   
 = 658.125 Kkal atau 164.5313 gr  
 Lemak (Kkal)=  $12\% \times 2193.75 \text{ Kkal}$   
 = 263.25 Kkal atau 29.22075 gr

Dari perhitungan kalori harian diperoleh kebutuhan karbohidrat 372.9375 gram, Protein 164.5313 gram, dan lemak 29.22075 gram.

2. Inisialisasi Populasi Awal

Sebelum melakukan inisialisasi populasi awal dilakukan representasi kromosom terlebih dahulu. Representasi kromosom pada permasalahan ini dapat dilihat pada Gambar 4

Makan pagi					Makan Siang					Makan Malam				
SP	SN	SH	SS	P	SP	SN	SH	SS	P	SP	SN	SH	SS	P
22	1	13	5	4	14	5	40	36	16	12	3	32	24	1

Gambar 4 Representasi Kromosom

Dari contoh representasi kromosom individu Gambar 3 dapat dilihat bahwa kromosom dibagi menjadi 15 gen penyusun yang terdiri dari 5 gen makan pagi, 5 gen makan siang dan 5 gen makan malam. Masing-masing 5 gen mewakili sumber makanan pokok, sumber nabati, sumber hewani, sumber sayuran dan pelengkap atau buah-buahan. Setelah melakukan representasi kromosom selanjutnya melakukan inisialisasi populasi awal. Inisialisasi populasi awal dilakukan dengan mengacak menu makanan dalam individu namun sesuai dengan batas masing-masing menu. Individu yang dibentuk sesuai dengan jumlah populasi awal yaitu 10.

3. Crossover

Crossover merupakan salah satu tahap reproduksi yang berfungsi untuk menghasilkan keturunan. Crossover yang digunakan adalah one-cut point. Crossover tersebut dilakukan dengan memilih 2 parent secara acak dari individu, menentukan titik potong secara random, dan menukar gen-gen dalam kromosom yang dibatasi titik

potong. Langkah-langkah tersebut dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6.

P4	15	12	5	35	15	2	10	35	17	31	6	4	23	14	22
P7	20	9	45	18	14	4	6	43	27	25	5	11	34	23	38

Gambar 5 Parent Crossover

Offspring 1	15	12	5	35	15	2	10	43	27	25	5	11	34	23	38
Offspring 2	20	9	45	18	14	4	6	35	17	31	6	4	23	14	22

Gambar 6 Child Crossover

4. Mutasi

Mutasi yang digunakan adalah reciprocal exchange mutation yang dilakukan dengan memilih satu parent secara acak, memilih dua titik secara acak namun harus sumber makanan yang sama dan menukar masing-masing titik. Mutasi dapat dilihat pada gambar Gambar 7 dan 8

P2	1	3	21	33	5	22	9	11	14	29	7	6	44	12	2
----	---	---	----	----	---	----	---	----	----	----	---	---	----	----	---

Gambar 7 Parent Mutasi

C6	1	3	29	33	5	22	9	11	14	21	7	6	44	12	2
----	---	---	----	----	---	----	---	----	----	----	---	---	----	----	---

Gambar 8 Child Mutasi

5. Evaluasi

Evaluasi dilakukan untuk menghitung fitness dari seluruh individu baik parent maupun child yang dihasilkan. Perhitungan fitness dapat dilihat pada persamaan 10. Adapun hasil evaluasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Evaluasi

Individu	Total pinalti	Total harga	fitness
P1	1070.784	28650	0.000349
P2	802.902	36450	0.000274
P3	539.235	33913	0.000295
P4	772.103	35950	0.000278
P5	627.321	29650	0.000337
P6	740.399	32650	0.000306
P7	395.388	23980	0.000417
P8	407.135	24530	0.000408
P9	680.865	26700	0.000374
P10	642.623	32500	0.000308
C1	475.965	32050	0.000312
C2	198.933	26980	0.000371
C3	471.608	26350	0.000379
C4	934.938	33800	0.000296
C5	205.995	30350	0.000329
C6	830.283	35650	0.000280
C7	469.456	29350	0.000341

6. Seleksi

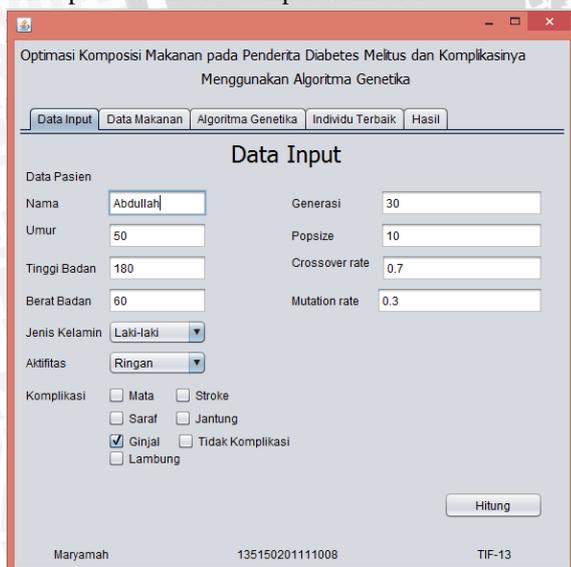
Seleksi dilakukan menggunakan seleksi elitism dimana seleksi dilakukan dengan memilih individu yang memiliki fitness tertinggi sejumlah popsize. Hasil seleksi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Seleksi

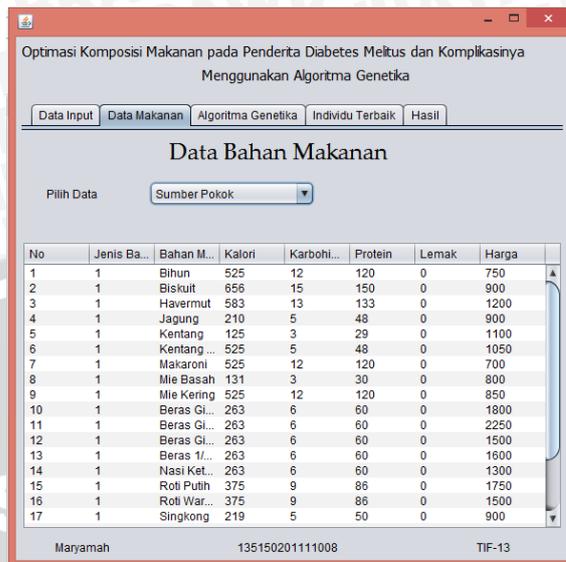
Individu	Fitness
P7	0.000417
P8	0.000408
C3	0.000379
C2	0.000371
P1	0.000349
C7	0.000341
P5	0.000337
C5	0.000329
C1	0.000312
P10	0.000308

### 3.2 Implementasi

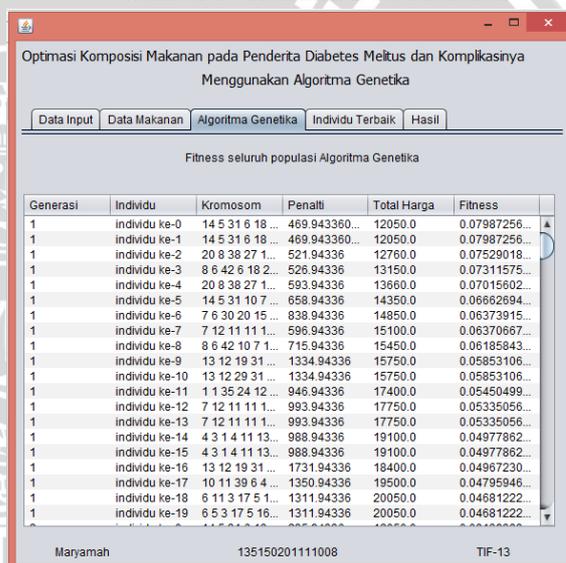
Implementasi pada permasalahan pemilihan menu optimal pada penderita diabetes mellitus menggunakan bahasa pemrograman java. Terdapat 5 UI yang ditampilkan. Tampilan beranda berisi data input. Tampilan kedua menampilkan data makanan, tampilan ketiga menampilkan history individu dalam populasi setiap generasi memiliki kromosom, penalty dan nilai fitness. Tampilan keempat menampilkan individu terbaik dan yang terakhir menampilkan data pasien yang diinputkan sebelumnya lalu kebutuhan kalori, karbohidrat, protein, dan lemak seimbang pasien serta menu makanan dalam sehari. Adapun tampilan dapat dilihat pada Gambar 9 sampai Gambar 13.



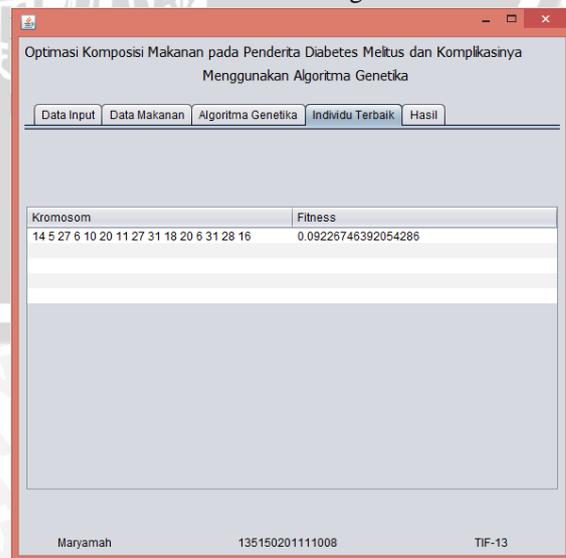
Gambar 9 Halaman Data Input



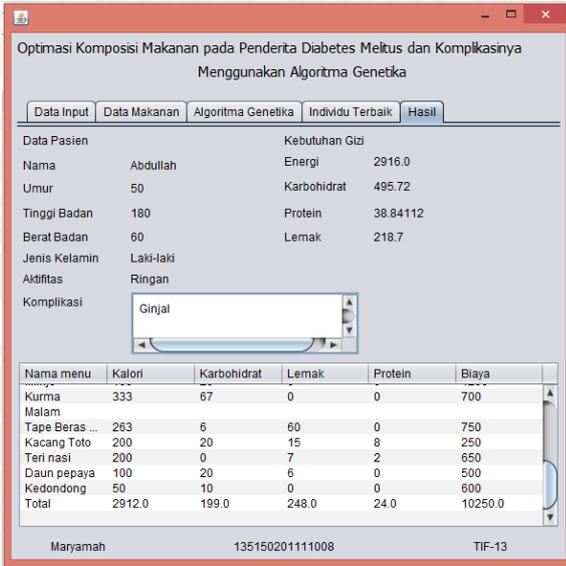
Gambar 10 Halaman Data Makanan



Gambar 11 Halaman Algoritma Genetika



Gambar 12 Halaman Individu Terbaik



Gambar 13 Halaman Hasil

#### 4. PENGUJIAN DAN ANALISIS

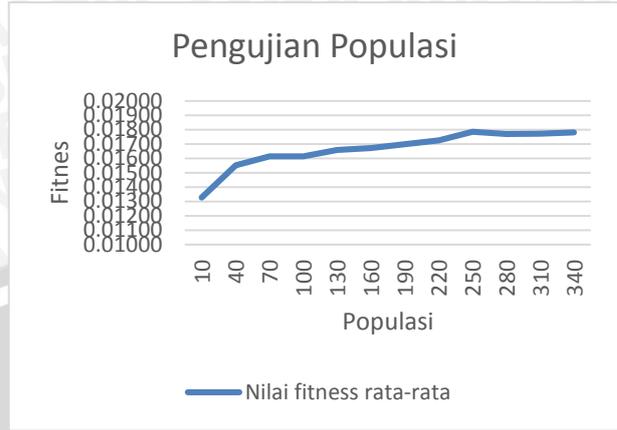
Pengujian dilakukan dengan empat tahap yaitu pengujian populasi, pengujian kombinasi crossover dan mutation rate, pengujian generasi, dan pengujian kromosom.

##### 4.1 Pengujian Populasi

Pengujian populasi digunakan untuk mencari populasi yang optimal. Pengujian populasi dilakukan dengan 5 kali percobaan lalu dihitung rata-rata fitness yang didapat. Pada pengujian populasi dilakukan dengan mengimpulan generasi sebesar 30,  $cr = 0.5$  dan  $mr=0.5$ . Selain itu data pasien menggunakan tinggi badan 180 cm, berat badan 60 cm, umur 50 tahun, aktifitas ringan, dan komplikasi adalah ginjal. Hasil pengujian populasi dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil Pengujian Populasi

Pop size	Nilai Fitness					Nilai fitness rata-rata
	Percobaan ke					
	1	2	3	4	5	
10	0.012	0.013	0.014	0.013	0.015	0.0133
40	0.014	0.016	0.016	0.016	0.015	0.0155
70	0.016	0.017	0.016	0.016	0.016	0.0161
100	0.015	0.016	0.017	0.016	0.017	0.0161
130	0.016	0.016	0.018	0.016	0.016	0.0166
160	0.016	0.018	0.017	0.016	0.016	0.0167
190	0.016	0.016	0.017	0.018	0.018	0.0170
220	0.017	0.018	0.018	0.017	0.016	0.0172
250	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.0179
280	0.018	0.018	0.018	0.017	0.018	0.0177
310	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.0177
340	0.018	0.018	0.017	0.018	0.018	0.0178



Gambar 14 Grafik Penguian Populasi

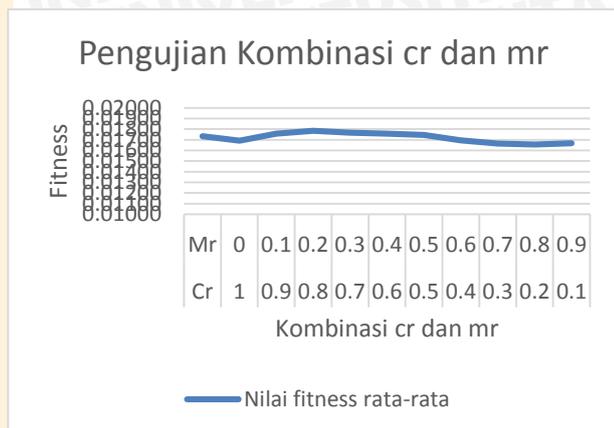
Berdasarkan hasil pengujian populasi Gambar 14 menunjukkan bahwa bertambahnya jumlah populasi rata-rata nilai fitness cenderung meningkat. Pada pengujian pertama jumlah popsize 10 memiliki fitness yang paling rendah yaitu 0.0133 dan jumlah populasi yang optimal adalah 250 dengan nilai rata-rata fitness 0.0179. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah populasi maka fitness yang diperoleh akan cenderung meningkat.

##### 4.2 Pengujian Kombinasi Crossover Rate dan Mutation Rate

Setelah menemukan jumlah populasi (popsize) yang paling optimal, perlu melakukan percobaan untuk mengetahui kombinasi crossover rate dan mutation rate yang optimal. Pada pengujian ini menggunakan populasi dengan rata-rata fitness yang memiliki jumlah populasi tertinggi yaitu 250 individu dalam pengujian populasi. Hasil pengujian crossover rate dan mutation rate dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6 Hasil Pengujian Kombinasi Crossover dan Mutation Rate

Kombinasi	Nilai Fitness					Nilai fitness rata-rata	
	Percobaan ke						
	Cr	Mr	1	2	3		4
1	0	0.017	0.017	0.018	0.018	0.018	0.0174
0.9	0.1	0.016	0.016	0.016	0.018	0.018	0.0169
0.8	0.2	0.018	0.018	0.018	0.018	0.017	0.0176
0.7	0.3	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.0179
0.6	0.4	0.018	0.017	0.018	0.018	0.018	0.0177
0.5	0.5	0.017	0.018	0.018	0.018	0.018	0.0176
0.4	0.6	0.018	0.018	0.017	0.018	0.017	0.0175
0.3	0.7	0.018	0.016	0.017	0.017	0.017	0.0170
0.2	0.8	0.016	0.017	0.017	0.016	0.017	0.0167
0.1	0.9	0.016	0.017	0.017	0.016	0.017	0.0166
0	1	0.017	0.017	0.017	0.016	0.016	0.0167



Gambar 15 Grafik Pengujian Kombinasi Crossover dan Mutation Rate

Dari hasil pengujian crossover rate dan mutation rate pada Gambar 15 didapatkan hasil bahwa kombinasi crossover rate 0.7 dan mutation rate 0.3 adalah kombinasi crossover rate dan mutation rate yang paling optimal. Kombinasi tertinggi kedua adalah kombinasi cr=0.8 dan mr=0.2, ketiga cr=0.6 dan mr=0.4 dan yang terendah adalah kombinasi cr=0 dan mr=1. Sehingga kombinasi cr dan mr yang paling optimal adalah kombinasi cr=0.7 dan mr=0.3.

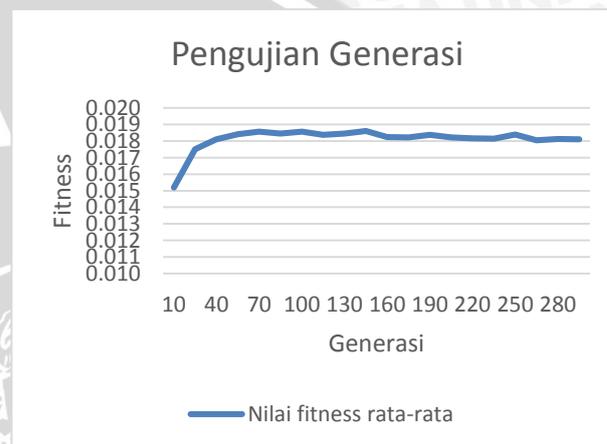
#### 4.3 Pengujian Generasi

Pengujian dilanjutkan dengan melakukan uji coba untuk mengetahui generasi yang paling optimal. Pengujian yang dilakukan hampir sama dengan pengujian populasi dan crossover rate serta mutation rate namun populasi, crossover rate dan mutation rate yang digunakan yaitu populasi = 130, crossover rate = 0.7 dan mutation rate = 0.3. Hasil dari pengujian generasi dapat dilihat pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7 Hasil Pengujian Generasi

Ukuran generasi	Nilai fitness					Nilai fitness rata-rata
	Percobaan ke					
	1	2	3	4	5	
10	0.015	0.015	0.016	0.015	0.015	0.0152
25	0.017	0.018	0.018	0.018	0.017	0.0175
40	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.0181
55	0.019	0.018	0.018	0.019	0.018	0.0184
70	0.019	0.019	0.018	0.019	0.019	0.0186
85	0.019	0.018	0.018	0.019	0.018	0.0185
100	0.019	0.018	0.019	0.019	0.019	0.0186
115	0.018	0.018	0.018	0.019	0.018	0.0184
130	0.018	0.019	0.018	0.019	0.018	0.0185
145	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.0186
160	0.018	0.018	0.019	0.019	0.018	0.0182
175	0.019	0.019	0.018	0.019	0.017	0.0182

190	0.018	0.018	0.018	0.019	0.019	0.0184
205	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.0182
220	0.019	0.017	0.018	0.019	0.018	0.0182
235	0.019	0.018	0.017	0.018	0.018	0.0181
250	0.018	0.018	0.019	0.018	0.018	0.0184
265	0.018	0.018	0.019	0.018	0.017	0.0181
280	0.019	0.018	0.018	0.018	0.017	0.0181
295	0.018	0.017	0.018	0.019	0.018	0.0181



Gambar 16 Pengujian Generasi

Dari hasil pengujian generasi pada Gambar 16 didapatkan bahwa generasi terbaik adalah generasi 145 dengan rata-rata fitness 0.0186001. Hasil pengujian generasi juga dapat dilihat pada Gambar 6.3 yang menunjukkan bahwa rata-rata fitness semakin meningkat dengan bertambahnya jumlah generasi namun mulai generasi 55 sampai generasi 250 memiliki rata-rata fitness meningkat dan menurun serta puncak tertinggi generasi adalah 145. Setelah mendapatkan nilai tertinggi rata-rata fitness menurun dan agak meningkat pada generasi 190 namun kembali menurun lagi di generasi selanjutnya. Pada generasi 250 memiliki kenaikan fitness yang hampir sama dengan 190 namun kembali menurun. Sehingga generasi paling optimal dalam permasalahan ini adalah 145.

#### 4.4 Pengujian Kromosom

Pengujian kromosom merupakan pengujian yang dilakukan untuk menguji kromosom yang sudah dirancang sesuai atau tidak dengan permasalahan yang diteliti. Kromosom dikatakan sesuai jika jumlah gen dalam kromosom berjumlah 15 dan masing-masing nilai gen tidak melebihi batas dari jumlah makanan. Hasil pengujian kromosom dapat dilihat pada Gambar 17.

Kromosom	Fitness
17 11 25 23 18 20 11 25 23 11 8 11 47 23 18	0.018738426094007873

Gambar 17 Pengujian Kromosom

Masing-masing bahan makanan memiliki jumlah bahan yang berbeda-beda yaitu 22 bahan makanan pokok, 12 bahan makanan nabati, 48 bahan makanan hewani, 36 bahan makanan sayuran dan 38 bahan makanan pelengkap (buah). Setiap gen dalam kromosom wajib tidak melebihi jumlah atau menu yang dihasilkan akan tidak sesuai dengan kebutuhan atau menu yang akan dirancang. Pada Tabel 6.4 sumber pokok memiliki gen 17, 20 dan 8. Ketiga gen tersebut tidak melebihi batas jumlah makanan pokok yakni 22 sehingga sumber pokok sesuai. Pada sumber nabati terdiri dari gen bernomor 11, 11, 11 ketiganya tidak melebihi jumlah sumber nabati sehingga gen sumber nabati sesuai. Pada sumber hewani terdiri dari gen 25, 25, 47 yang ketiganya juga sesuai. Sumber sayuran memiliki gen 23, 23, 23 yang ketiganya tidak melebihi batas dan sumber pelengkap yang terdiri dari 18, 11, 18 dimana ketiganya tidak memiliki batas. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perancangan kromosom yang dilakukan pada komposisi makanan sudah sesuai.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang didapat adalah bahwa dengan menggunakan algoritma genetika dalam pengoptimalkan penyusunan menu makanan bagi penderita penyakit diabetes mellitus dan komplikasinya memperoleh hasil populasi yang paling optimal adalah 250 individu, kombinasi  $cr = 0.7$  dan  $mr = 0.3$  serta generasi optimal berjumlah 145 generasi dengan fitness 0.01857.

Saran yang dapat dilakukan dalam pengembangan selanjutnya yaitu dengan menerapkan metode crossover dan mutasi yang lain sehingga membandingkan hasil mana yang lebih optimal. Algoritma genetika merupakan algoritma berbasis global search dalam menyelesaikan masalah. Jika algoritma tersebut dihibrid dengan algoritma local search seperti *Variable Neighborhood Search*, *Simulated Annealing*, atau metode yang lain dapat menghasilkan hasil yang lebih optimal.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Mahmudy, W. F. (2015). *Algoritma Genetika*. Malang: Fakultas Ilmu Komputer.
- Prameswari, d. (2016, November 11). Penyakit Diabetes Mellitus dan Komplikasinya.
- Prameswari, d. (2016, November 11). Penyakit Diabetes Mellitus dan Komplikasinya. Malang.

- Ramuna, M., & Mahmudy, W. F. (2015). Optimasi persediaan barang dalam produksi jilbab menggunakan algoritma genetika. *DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya*, 5, 14.
- Rianawati, A., & Mahmudy, W. F. (2015). Implementasi Algoritma Genetika untuk Optimasi Komposisi Makanan bagi Penderita Diabetes Mellitus. *V*, 14.
- Saputro, H., & Mahmudy, W. F. (2015). Implementasi Algoritma Genetika untuk optimasi penggunaan lahan pertanian. *DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya*, 5, 12.
- Sari, D., & Mahmudy, W. F. (2015). Optimasi penjadwalan mata pelajaran menggunakan algoritma genetika (studi kasus : SMPN 1 Gondang Mojokerto). *DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya*, 5, 13.
- Susilo, d., & Wulandari, A. (2011). *Cara Jitu Mengatasi Diabetes Melitus (Kencing Manis)*. Yogyakarta: Andi.
- Sutanto. (2010). *CEKAL (Cegah & Tangkal) Penyakit Modern*. Yogyakarta: Andi.
- Tandra, P. (2013). *Life Healty with Diabetes Diabetes Mengapa & Bagaimana?* Yogyakarta: Andi.
- Zukhri, Z. (2014). *Algoritma Genetika*. Yogyakarta: Andi Yogyakarta.