

OPTIMASI KOMPOSISI MAKANAN UNTUK KELUARGA PENDERITA DIABETES MELITUS MENGGUNAKAN ALGORITME GENETIKA

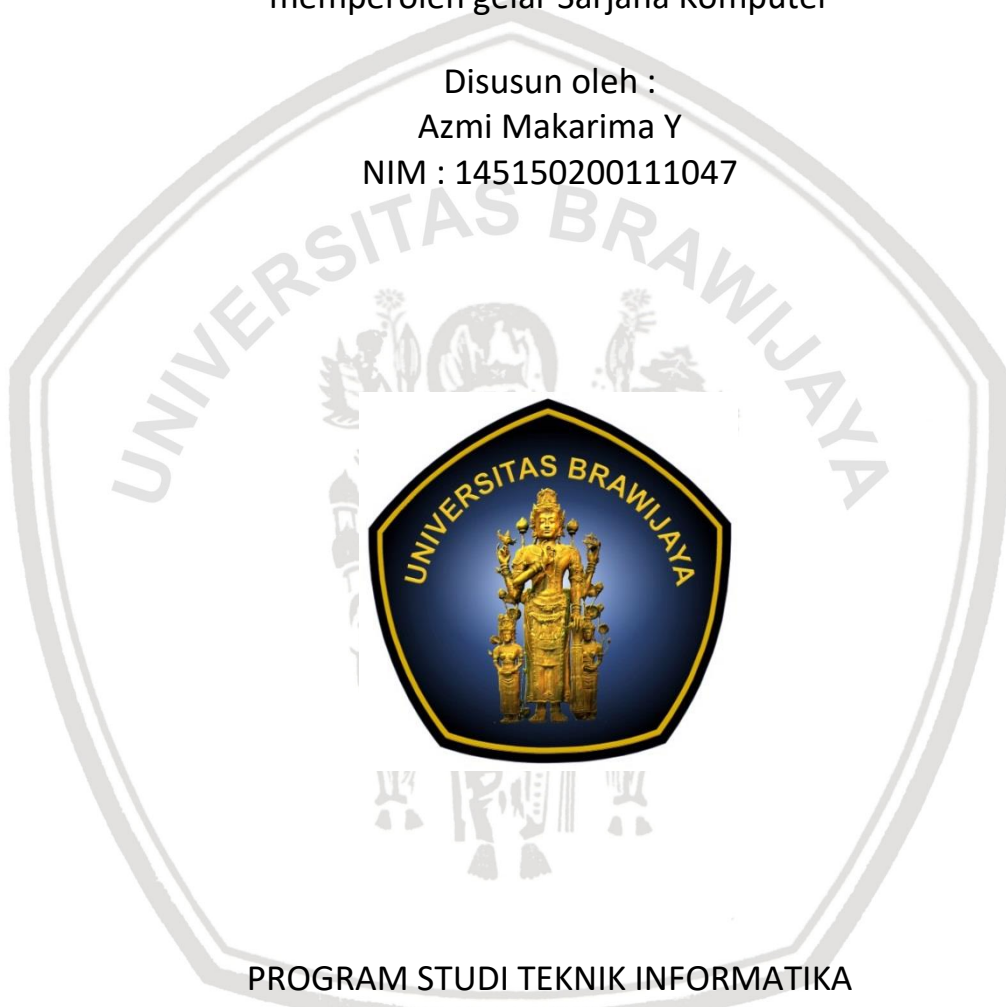
SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun oleh :

Azmi Makarima Y

NIM : 145150200111047



PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018

PENGESAHAN

OPTIMASI KOMPOSISI MAKANAN UNTUK KELUARGA PENDERITA DIABETES
MELITUS MENGGUNAKAN ALGORITME GENETIKA

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun Oleh :
Azmi Makarima Y
NIM: 145150200111047

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
26 Desember 2018

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Imam Cholissodin, S.Si, M.Kom
NIK: 201201 850719 1 001

Budi Darma Setiawan, S.Kom, M.Cs
NIP: 198410 152014 04 1 002

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Informatika

Tri Astoto Kurniawan, S.T, M.T, Ph.D
NIP: 19710518 200312 1 001

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (sarjana) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 26 Desember 2018

Azmi Makarima Y
NIM: 145150200111047



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas anugerah serta limpahan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Optimasi Komposisi Makanan Untuk Keluarga Penderita Diabetes Melitus Menggunakan Algoritme Genetika” ini. Skripsi ini disusun sebagai syarat memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya.

Dalam proses penyelesaian skripsi ini penulis mendapatkan banyak bantuan, baik bantuan moral maupun materiil dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Ummi (Sa’adah Daroini), Abi (Khairullah), adik, serta keluarga penulis yang selalu memberikan doa, motivasi, kasih sayang, serta dukungan moril dan materiil sebagai penyemangat dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Imam Cholissodin, S.Si, M.Kom selaku Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan, ilmu, dan masukan dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Bapak Budi Darma Setiawan, S.Kom, M.Cs selaku Pembimbing II yang juga telah memberikan bimbingan, arahan, ilmu, dan masukan dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Ibu Anindita Chandrintan Prathami, S.Gz, RD selaku pakar dari Klinik UB yang telah menjelaskan penyakit diabetes melitus serta menyempurnakan data yang penulis butuhkan.
5. Bapak Tri Astoto Kurniawan, S.T, M.T, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya.
6. Bapak Agus Wahyu Widodo S.T, M.Cs selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya.
7. Bapak dan Ibu dosen yang telah mendidik dan memberikan ilmu selama Penulis menempuh pendidikan di Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya.
8. Teman-teman penulis dari Halalina, Abu Hasan Baskara, Hero Wijaya, Mochammad Rizal, dan Yoshua Aditya Kurnia yang telah menemani, memberikan contoh dan semangat dalam pengerjaan skripsi ini.
9. Teman-teman angkatan 2014 yang selalu peduli dengan menanyakan progres pengerjaan skripsi ini.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah membantu dan terlibat baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penulisan skripsi ini.

Terima kasih atas semua bentuk dukungan yang telah diberikan untuk kelancaran pembuatan skripsi ini. Hanya doa yang dapat penulis berikan, semoga Allah SWT memberikan balasan yang setimpal atas daya dan upaya yang diberikan. Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu, Penulis bersedia menerima kritik dan saran yang membangun untuk memperbaiki diri. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberi manfaat.

Malang, 26 Desember 2018

Penulis

amy.azmim@gmail.com



ABSTRAK

Azmi Makarima Y, Optimasi Komposisi Makanan Untuk Keluarga Penderita Diabetes Melitus Menggunakan Algoritme Genetika

Pembimbing: Imam Cholissodin, S.Si, M.Kom. dan Budi Darma Setiawan, S.Kom, M.Cs.

Indonesia menempati urutan ke-6 terbesar dalam jumlah penderita Diabetes Melitus di dunia. Dari 10,3 juta penduduk Indonesia yang mengidap diabetes baru 36,3 persen yang terdiagnosis. Akibatnya banyak masyarakat yang belum memiliki pola makan yang benar. Keluarga penderita diabetes melitus berarti keluarga yang setidaknya salah satu anggotanya menderita penyakit diabetes melitus. Keluarga ini merupakan salah satu faktor yang dapat meningkatkan risiko menderita diabetes melitus dua hingga enam kali lipat. Gaya hidup tidak sehat juga merupakan faktor penyebab diabetes melitus yang membuat diabetes menjadi penyakit yang dapat dicegah dengan mengkonsumsi bahan pangan yang tepat dimulai dari makanan sehari-hari dalam keluarga. Algoritme genetika yang memiliki kehandalan dalam menghasilkan output yang optimal, dapat dimanfaatkan dalam penyusunan komposisi makanan sehari-hari. Digunakan representasi kromosom integer, metode crossover extended intermediate, metode mutasi reciprocal exchange, dan metode seleksi elitism selection. Solusi terbaik didapatkan menggunakan parameter jumlah generasi sebanyak 709 generasi, ukuran populasi sebanyak 250 individu; crossover rate sebesar 0,4; dan mutation rate sebesar 0,6. Hasil analisis global menunjukkan kandungan kalori komposisi makanan keluaran sistem memenuhi standar toleransi pakar dan rata-rata sistem dapat menghemat biaya sebesar 27,27%.

Kata kunci: optimasi, komposisi makanan, diabetes melitus, algoritme genetika

ABSTRACT

Azmi Makarima Y, Optimization of Food Composition for Families with Diabetes Mellitus Patients Using Genetic Algorithm

Supervisors: Imam Cholissodin, S.Si, M.Kom. and Budi Darma Setiawan, S.Kom, M.Cs.

Indonesia ranks 6th in the number of people with diabetes mellitus in the world. Of the 10.3 million Indonesians who have diabetes only 36.3 percent are diagnosed. As a result, many people do not have the right diet. The family of people with diabetes mellitus means a family with at least one member suffering from diabetes mellitus. This family is one of the factors that can increase the risk of suffering from diabetes mellitus by two to six times. Unhealthy lifestyles are also a cause of diabetes mellitus which makes diabetes a disease that can be prevented by consuming the right food starting from daily food in the family. Things that need to be considered in the right diet is to determine the composition of the right food, namely how to optimize nutrition in foods consumed by people with diabetes mellitus. Genetic algorithms that have reliability in producing optimal output, can be utilized in the preparation of daily food composition. In this study used integer chromosome representation, extended intermediate crossover method, reciprocal exchange mutation method, and elitism selection method. The best solution is obtained using max generation of 709 generation; population size of 250 individual; crossover rate of 0,4; and mutation rate of 0,6. The results of the global analysis show the calorie content of the food composition of the system meets expert tolerance standards and on average system can save costs by 27,27%.

Keywords: optimization, food composition, diabetes mellitus, genetic algorithm

DAFTAR ISI

OPTIMASI KOMPOSISI MAKANAN UNTUK KELUARGA PENDERITA DIABETES MELITUS MENGGUNAKAN ALGORITME GENETIKA	i
PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR KODE PROGRAM	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat.....	2
1.5 Batasan masalah	2
1.6 Sistematika pembahasan.....	3
BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN	4
2.1 Kajian Pustaka	4
2.2 Diabetes Melitus	5
2.2.1 Tipe Diabetes Melitus	6
2.2.1.1 Diabetes Melitus Tipe 1.....	6
2.2.1.2 Diabetes Melitus Tipe 2.....	6
2.2.1.3 Diabetes Melitus Tipe 3.....	7
2.2.2 Keluarga Penderita Diabetes.....	7
2.3 Perhitungan Asupan Gizi.....	7
2.3.1 Kalori Jenis Kelamin.....	8
2.3.2 Kalori Usia.....	8
2.3.3 Kalori Aktivitas Fisik.....	9

2.3.4 Kalori Berat Badan.....	9
2.3.5 Total Kalori	9
2.4 Nilai Kebutuhan Nutrisi.....	9
2.5 Algoritme Genetika	11
2.5.1 Keunggulan Algoritme Genetika	11
2.5.2 Langkah-Langkah Algoritme Genetika	11
2.5.2.1 Inialisasi.....	12
2.5.2.2 Reproduksi.....	12
2.5.2.3 Evaluasi.....	13
2.5.2.4 Seleksi.....	14
2.5.2.5 Pemberhentian Iterasi.....	14
2.6 Perhitungan <i>Fitness</i>	14
2.6.1 <i>Fitness</i> Gizi.....	14
2.6.2 <i>Fitness</i> Harga	15
2.6.3 <i>Fitness</i> Total	16
BAB 3 METODOLOGI	17
3.1 Studi Pustaka.....	18
3.2 Pengumpulan Data	18
3.3 Perancangan	19
3.4 Implementasi	19
3.5 Pengujian	19
3.6 Penarikan Kesimpulan	20
BAB 4 PERANCANGAN.....	21
4.1 Deskripsi Masalah	21
4.2 Perhitungan Manual	21
4.2.1 Inialisasi Parameter Awal	21
4.2.1.1 Parameter Algoritme Genetika	21
4.2.1.2 Data Anggota Keluarga.....	22
4.2.2 Perhitungan Gizi Ideal	22
4.2.3 Inialisasi Populasi Awal	23
4.2.4 Reproduksi <i>Crossover</i>	24
4.2.5 Reproduksi <i>Mutation</i>	25
4.2.6 Perhitungan <i>Fitness</i>	25

4.2.6.1 Perhitungan Fitness Gizi	25
4.2.6.2 Perhitungan Fitness Harga	32
4.2.6.3 Perhitungan Fitness Total.....	33
4.2.7 Seleksi.....	34
4.3 Siklus Algoritme Genetika	34
4.3.1 Proses Algoritme Genetika.....	34
4.3.2 Proses Inialisasi Populasi Awal	35
4.3.3 Proses <i>Crossover</i>	37
4.3.4 Proses Mutasi.....	38
4.3.5 Proses Evaluasi	39
4.3.6 Proses Perhitungan <i>Fitness</i> Gizi	40
4.3.7 Proses Perhitungan <i>Fitness</i> Harga.....	40
4.3.8 Proses Seleksi	42
4.3.9 Proses <i>Parent</i> Acak.....	43
4.4 Perancangan Pengujian Sistem.....	43
4.4.1 Pengujian Ukuran Populasi	44
4.5.2 Pengujian Kombinasi <i>Crossover Rate</i> dan <i>Mutation Rate</i>	44
4.5.3 Pengujian Konvergensi.....	45
BAB 5 IMPLEMENTASI	46
5.1 Spesifikasi Sistem	46
5.1.1 Spesifikasi Perangkat Keras.....	46
5.1.2 Spesifikasi Perangkat Lunak	46
5.1.3 Spesifikasi Sistem	46
5.2 Implementasi Algoritme	47
5.2.1 Implementasi Algoritme Genetika	47
5.2.2 Implementasi Algoritme Inialisasi Populasi Awal.....	48
5.2.3 Implementasi Algoritme <i>Extended Intermediate Crossover</i>	48
5.2.4 Implementasi Algoritme <i>Reciprocal Exchange Mutation</i>	49
5.2.5 Implementasi Algoritme <i>Elitism Selection</i>	50
BAB 6 PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN.....	51
6.1 Pengujian Ukuran Populasi	51
6.1.1 Hasil Pengujian Ukuran Populasi.....	51



6.1.2 Analisis Pengujian Variasi Fitur	51
6.2 Pengujian Kombinasi <i>Crossover Rate</i> dan <i>Mutation Rate</i>	52
6.2.1 Hasil Pengujian Kombinasi <i>Crossover Rate</i> dan <i>Mutation Rate</i> ..	52
6.2.2 Analisis Pengujian Kombinasi <i>Crossover Rate</i> dan <i>Mutation Rate</i>	53
6.3 Pengujian Konvergensi.....	54
6.3.1 Hasil Pengujian Konvergensi	54
6.3.2 Analisis Pengujian Konvergensi.....	54
6.4 Analisis Global.....	55
BAB 7 PENUTUP	63
7.1 Kesimpulan.....	63
7.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA.....	64
LAMPIRAN A DATA BAHAN MAKANAN.....	66
LAMPIRAN B DATA KELUARGA PENDERITA DIABETES MELITUS	73
LAMPIRAN C DATA KOMPOSISI MAKANAN HASIL KELUARAN SISTEM	74



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kajian Pustaka	5
Tabel 2.2 Kategori Status Gizi Berdasarkan IMT	7
Tabel 2.3 Kategori Status Gizi Berdasarkan Broca	8
Tabel 2.4 Kategori Aktivitas.....	9
Tabel 2.5 Nilai Kebutuhan Nutrisi	10
Tabel 3.1 Contoh Daftar Bahan Makanan Penukar	18
Tabel 3.2 Contoh Daftar Keluarga Penderita Diabetes Melitus.....	19
Tabel 4.1 Data Anggota Keluarga.....	22
Tabel 4.2 Representasi Kromosom	23
Tabel 4.3 Daftar Makanan Pokok.....	24
Tabel 4.4 Hasil Proses <i>Crossover</i>	25
Tabel 4.5 Hasil Proses <i>Mutation</i>	25
Tabel 4.6 Takaran Komposisi Makanan Keluarga	26
Tabel 4.7 Kandungan Kalori Makanan Keluarga	27
Tabel 4.8 Kandungan Karbohidrat Makanan Keluarga	28
Tabel 4.9 Kandungan Protein Makanan Keluarga.....	29
Tabel 4.10 Kandungan Lemak Makanan Keluarga.....	31
Tabel 4.11 <i>Fitness</i> Gizi.....	32
Tabel 4.12 Total Harga Makanan Keluarga	32
Tabel 4.13 <i>Fitness</i> Harga	33
Tabel 4.14 <i>Fitness</i>	34
Tabel 4.15 Individu Diurutkan Sesuai <i>Fitness</i>	34
Tabel 4.16 Pengujian Ukuran Populasi	44
Tabel 4.17 Pengujian Kombinasi <i>Crossover Rate</i> dan <i>Mutation Rate</i>	44
Tabel 4.18 Pengujian Jumlah Generasi	45
Tabel 5.1 Spesifikasi Perangkat Keras	46
Tabel 5.2 Spesifikasi Perangkat Lunak	46
Tabel 6.1 Hasil Pengujian Variasi Fitur	51
Tabel 6.2 Hasil Pengujian Kombinasi <i>Crossover Rate</i> dan <i>Mutation Rate</i>	53
Tabel 6.3 Hasil Pengujian Konvergensi	54
Tabel 6.4 Data Kebutuhan Gizi Aktual	56

Tabel 6.5 Data Perhitungan Gizi Hasil Sistem	56
Tabel 6.6 Data Selisih Absolut Sistem dengan Aktual Pada Seluruh Anggota Keluarga.....	57
Tabel 6.7 Data Persentase Selisih Absolut Sistem dengan Aktual Pada Seluruh Anggota Keluarga	57
Tabel 6.8 Data Selisih Absolut Sistem dengan Aktual Pada Anggota Keluarga Sehat	58
Tabel 6.9 Data Selisih Absolut Sistem dengan Aktual Pada Anggota Keluarga Penderita Diabetes Melitus.....	58
Tabel 6.10 Perbandingan Biaya Konsumsi Perhari Aktual dengan Biaya Konsumsi Rata-Rata Perhari Sistem	59
Tabel 6.11 Perbandingan Biaya Konsumsi 1 Hari Aktual dengan Biaya Konsumsi 1 Hari Terkecil Sistem.....	59
Tabel 6.12 Data Komposisi Makanan Harian Hasil Sistem Keluarga Ke-1	60
Tabel 6.13 Rekap Belanja 7 Hari Hasil Sistem Keluarga Ke-1.....	61



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Representasi Individu Kromosom Integer.....	12
Gambar 2.2 <i>Extended Intermediate Crossover</i>	13
Gambar 2.3 <i>Reciprocal Exchange Mutation</i>	13
Gambar 3.1 Langkah-langkah penelitian	17
Gambar 4.1 Proses Algoritme Genetika.....	35
Gambar 4.2 Proses Inialisasi Populasi Awal	36
Gambar 4.3 Proses <i>Crossover</i>	37
Gambar 4.4 Proses Mutasi	38
Gambar 4.5 Proses Evaluasi	39
Gambar 4.6 Proses Perhitungan <i>Fitness</i> Gizi	40
Gambar 4.7 Proses Perhitungan <i>Fitness</i> Harga.....	41
Gambar 4.8 Proses Seleksi	42
Gambar 4.8 Proses Parent Acak.....	43
Gambar 6.1 Grafik Rata-Rata <i>Fitness</i> Hasil Pengujian Ukuran Populasi.....	52
Gambar 6.2 Grafik Rata-Rata <i>Fitness</i> Hasil Pengujian Kombinasi <i>Crossover Rate</i> dan <i>Mutation Rate</i>	53
Gambar 6.3 Grafik Pengujian Konvergensi.....	55

DAFTAR KODE PROGRAM

Kode Program 5.1 Implementasi Algoritme Genetika	47
Kode Program 5.2 Implementasi Algoritme Inialisasi Populasi Awal	48
Kode Program 5.3 Implementasi Algoritme <i>Extended Intermediate Crossover</i> ...	49
Kode Program 5.4 Implementasi Algoritme <i>Reciprocal Exchange Mutation</i>	50
Kode Program 5.5 Implementasi Algoritme <i>Elitism Selection</i>	50



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A DATA BAHAN MAKANAN	66
LAMPIRAN B DATA KELUARGA PENDERITA DIABETES MELITUS	73
LAMPIRAN C DATA KOMPOSISI MAKANAN HASIL KELUARAN SISTEM	74



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Menurut data Federasi Diabetes Internasional (2017), Indonesia menempati urutan ke-6 terbesar dalam jumlah penderita Diabetes Melitus di dunia. Pada tahun 2017, terdapat sekitar 10,3 juta penduduk Indonesia yang mengidap diabetes. Dan pada tahun 2045 diperkirakan jumlah penderita diabetes di Indonesia meningkat menjadi 16,7 juta orang, dimana baru 36,3 persen yang terdiagnos. Dengan minimnya pengetahuan masyarakat tentang penyakit diabetes, banyak yang belum memiliki pola makan yang benar. Padahal diabetes merupakan salah satu penyebab kematian terbesar di dunia dan merupakan penyakit yang memiliki pertumbuhan terpesat.

Keluarga penderita diabetes melitus berarti keluarga yang setidaknya salah satu anggotanya menderita penyakit diabetes melitus. Keluarga yang anggotanya memiliki riwayat menderita diabetes melitus merupakan salah satu faktor yang menyebabkan seseorang mudah terkena diabetes melitus. Risiko menderita diabetes melitus pada orang tersebut dapat meningkat dua hingga enam kali lipat, dimana yang memiliki riwayat ibu atau ayah+ibu menderita diabetes melitus cenderung terdiagnosis diabetes melitus pada usia yang lebih muda (Santosa, Trijayanto, & Endiyono, 2017).

Gaya hidup tidak sehat juga merupakan faktor penyebab diabetes melitus yang membuat diabetes menjadi penyakit yang dapat dicegah di lingkup keluarga. Dengan mengonsumsi bahan pangan yang tepat dimulai dari makanan sehari-hari dalam keluarga, maka dapat memenuhi semua kebutuhan nutrisi yang diperlukan oleh tubuh tanpa menimpulkan risiko lain bagi keluarga penderita penyakit diabetes. Gula darah yang terkontrol dengan baik, pengaturan diet yang benar dapat menghindarkan 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. Algoritme genetika yang memiliki kehandalan dalam menghasilkan output yang optimal, dapat dimanfaatkan untuk kepentingan tersebut (Mahmudy, 2015).

Penelitian sebelumnya oleh Maryamah, Putri & Wicaksono (2017) yang berjudul "*Optimasi Komposisi Makanan Pada Penderita Diabetes Melitus dan Komplikasinya Menggunakan Algoritme Genetika*" membahas tentang optimasi komposisi makanan untuk penderita diabetes melitus menggunakan algoritme genetika. Penelitian ini hanya dilakukan terhadap individu berbeda dengan topik yang diangkat yaitu keluarga. Hasil yang didapatkan dari penelitian tersebut berupa individu dalam populasi yang optimal berjumlah 250 individu dengan jumlah generasi 145 dengan kombinasi cr dan mr yaitu 0,7 dan 0,3 dengan fitness 0,01857.

Penelitian lainnya oleh Nurfadilla, Cholissodin & Sutrisno (2017) yang berjudul “Penyusunan Bahan Makanan Keluarga Penderita Penyakit Hiperkolesterolemia Menggunakan Algoritme Genetika” membahas tentang penyusunan bahan makanan dengan subjek keluarga penderita penyakit *hiperkolesterolemia*. Penelitian tersebut juga menggunakan algoritme genetika dalam proses penyusunan bahan makanannya.

Dari permasalahan tersebut dan dengan keberhasilan penelitian sebelumnya, maka dilakukan penelitian optimasi komposisi makanan dengan subjek keluarga penderita diabetes menggunakan algoritme genetika. Dengan menggunakan konsep optimasi, akan dihasilkan suatu keluaran berupa komposisi dari bahan pangan yang sebaiknya dikonsumsi oleh keluarga dalam memenuhi kebutuhan nutrisi di dalam kehidupan sehari-hari untuk mencegah dan mengobati penyakit diabetes melitus.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, maka rumusan masalah yang dapat dibuat adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil optimasi komposisi makanan untuk keluarga penderita diabetes melitus yang dihasilkan dari proses algoritme genetika?
2. Berapa nilai parameter yang terbaik dari permasalahan optimasi komposisi makanan untuk keluarga penderita diabetes melitus?

1.3 Tujuan

Dari rumusan masalah di atas, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui hasil optimasi komposisi makanan untuk keluarga penderita diabetes melitus yang dihasilkan dari proses algoritme genetika.
2. Mencari nilai parameter yang terbaik dari permasalahan optimasi komposisi makanan untuk keluarga penderita diabetes melitus.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini antara lain:

1. Bagi peneliti, sebagai media untuk menerapkan ilmu pengetahuan teknologi pada bidang komputasi cerdas.
2. Bagi keluarga penderita diabetes melitus, membantu menentukan komposisi makanan yang optimal yang bergizi dengan biaya yang lebih minimal.
3. Memudahkan ahli gizi dalam perumusan menu makanan yang optimal bagi keluarga penderita diabetes melitus.

1.5 Batasan masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tipe diabetes yang dibahas adalah diabetes melitus tipe 2.

2. Menu komposisi makanan disusun untuk 7 hari dengan 3 waktu makan setiap harinya.
3. Keluaran komposisi makanan mengabaikan bentuk menu bahan makanan.

1.6 Sistematika pembahasan

BAB I. PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan berisi latar belakang permasalahan yang dibahas, rumusan masalah, tujuan dari penelitian, manfaat penelitian terhadap berbagai orang lain dan batasan masalah. Terdapat pula sistematika pembahasan yang menjelaskan struktur keseluruhan skripsi.

BAB II. LANDASAN KEPUSTAKAAN

Pada bab landasan kepustakaan dibahas soal teori-teori pendukung yang digunakan dalam proses penelitian sehingga dapat menjadi referensi dalam melakukan penelitian. Hal yang dibahas meliputi diabetes melitus, asupan gizi diet penderita diabetes melitus dan algoritme genetika.

BAB III. METODOLOGI

Pada bab metodologi dibahas langkah-langkah yang digunakan untuk menyelesaikan penelitian.

BAB IV. PERANCANGAN

Pada bab perancangan berisi formulasi permasalahan yang akan diselesaikan serta data yang telah diperoleh untuk keperluan optimasi komposisi makanan untuk keluarga penderita diabetes melitus. Terdapat manualisasi penyelesaian masalah sebagai gambaran bagaimana tahapan-tahapan algoritme genetika dalam menyelesaikan permasalahan. Pada bab ini juga terdapat perancangan pengujian dan evaluasi yang akan digunakan untuk mengetahui parameter algoritme genetika yang teroptimal.

BAB V. IMPLEMENTASI

Pada bab implementasi dibahas mengenai pengimplementasian algoritme genetika ke dalam program.

BAB VI. PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini memuat tentang proses pengujian sistem dan analisis hasil pengujian sistem.

BAB VII. PENUTUP

Pada bab ini memuat kesimpulan dari pengimplementasian dan pengujian sistem yang telah dilakukan serta memberi saran untuk pengembangan penelitian yang lebih lanjut.

BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

Terdapat beberapa pembahasan teori yang dibutuhkan dalam penyelesaian skripsi ini. Teori-teori tersebut merupakan penjelasan dari penelitian sebelumnya, diabetes melitus, asupan gizi diet penderita diabetes melitus, serta penjelasan algoritme genetika sebagai metode yang digunakan dalam mengoptimasi komposisi makanan untuk keluarga penderita diabetes.

2.1 Kajian Pustaka

Dalam penulisan skripsi ini, dilakukan kajian terhadap penelitian-penelitian sebelumnya. Suci, Mahmudy & Putri (2015) melakukan penelitian pada permasalahan optimasi biaya makanan dan gizi manusia lanjut usia menggunakan algoritme genetika. Penelitian tersebut berfokus pada biaya dan hasil yang dapat memberikan solusi biaya minimum pada total menu seimbang dalam satu hari. Didapatkan solusi optimal berhasil meminimalisir biaya dan diperoleh dengan parameter ukuran populasi 120; 750 generasi; crossover rate sebesar 0,3 dan mutation rate sebesar 0,7 dengan nilai fitness 109795,06.

Penelitian lain oleh Maryamah, Putri & Wicaksono (2017) membahas optimasi komposisi makanan pada penderita diabetes melitus dan komplikasinya menggunakan algoritme genetika. Penelitian tersebut membahas pembuatan menu komposisi makanan pada individu penderita diabetes untuk satu hari dan berfokus pada komplikasinya. Berbeda dengan penelitian ini yang membahas keluarga dan komposisi makanan dibuat untuk 7 hari. Hasil yang didapatkan memenuhi aturan-aturan yang diinformasikan pakar dan diperoleh menggunakan parameter populasi berjumlah 250 individu dengan jumlah generasi 145 dengan kombinasi cr dan mr yaitu 0,7 dan 0,3 dengan fitness 0,01857.

Selanjutnya penelitian oleh Nurfadilla, Cholissodin & Sutrisno (2017) membahas penyusunan bahan makanan untuk keluarga penderita penyakit hiperkolesterolemia menggunakan algoritme genetika. Penelitian tersebut menjelaskan bahwa permasalahan gizi pada fase dewasa dipicu oleh gaya hidup tidak sehat yang dimulai dari keluarga. Permasalahan gizi tersebut dapat menyebabkan Diabetes Melitus, Aterosklerosis, Gout atau asam urat, Osteoporosis, Obesitas, dan Anemia.

Tabel 2.1 Kajian Pustaka

No.	Judul	Objek	Metode	Hasil
1.	<i>Optimasi Biaya Pemenuhan Gizi Dan Nutrisi Pada Manusia Lanjut Usia Menggunakan Algoritme Genetika</i> (Suci, Mahmudy & Putri, 2015)	Manusia Lanjut Usia	Algoritme Genetika	Solusi optimal diperoleh dengan ukuran populasi 120; 750 generasi; crossover rate 0,3 dan mutation rate 0,7 dengan fitness 109795,06
2.	<i>Optimasi Komposisi Makanan Pada Penderita Diabetes Melitus dan Komplikasinya Menggunakan Algoritme Genetika</i> (Maryamah, Putri & Wicaksono, 2015)	Individu Penderita Diabetes	Algoritme Genetika	Solusi optimal diperoleh dengan ukuran populasi 250; 145 generasi; crossover rate 0,7 dan mutation rate 0,3 dengan fitness 0,01857.
3.	<i>Penyusunan Bahan Makanan Keluarga Penderita Penyakit Hiperkolesterolemia Menggunakan Algoritme Genetika</i> (Nurfadilla, Cholissodin & Sutrisno, 2015)	Keluarga Penderita Hiperkolesterolemia	Algoritme Genetika	Permasalahan gizi pada fase dewasa dipicu oleh gaya hidup tidak sehat yang dimulai dari keluarga.

2.2 Diabetes Melitus

Menurut Tandra (2013), diabetes melitus adalah suatu penyakit yang diakibatkan oleh gangguan keseimbangan antara transportasi glukosa kedalam sel yang tersimpan dalam hati dan dikeluarkan juga oleh hati sehingga menyebabkan kadar glukosa darah meningkat. Menurut Ernawati (2013), diabetes melitus adalah adalah penyakit yang dapat dimiliki seseorang dalam jangka waktu yang panjang karena tidak mudah untuk mengurangi kadar gula darah sehingga membutuhkan penanganan yang tepat. Menurut Sutanto (2010), diabetes adalah kondisi dimana tubuh tidak dapat memproduksi insulin secara benar atau tubuh mengalami kekurangan insulin sehingga mengakibatkan glukosa dalam darah menumpuk.

Tandra (2013) menjabarkan beberapa faktor yang dapat menyebabkan seseorang mudah terkena diabetes, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Keturunan. Keluarga yang memiliki sejarah pernah memiliki diabetes dapat meningkatkan risiko keturunannya memiliki penyakit diabetes.
2. Ras atau etnis. Orang asia pada umumnya lebih berisiko terkena diabetes dibandingkan orang berkulit putih.
3. Usia. Seiring bertambahnya usia, risiko diabetes juga akan meningkat.
4. Obesitas. Timbunan lemak di tubuh akan menyebabkan insulin sulit bekerja dan kadar gula dalam darah akan meningkat.
5. Kurangnya gerak badan.
6. Kehamilan. 2-5% wanita hamil dapat menderita diabetes namun diabetes tersebut akan sembuh setelah melahirkan.
7. Infeksi. Infeksi pada pankreas dapat membuat pankreas tidak menghasilkan hormon insulin seperti biasanya sehingga menyebabkan peningkatan gula dalam darah.
8. Stres. Hormon *counter-insulin*, yaitu hormon yang bekerja berlawanan dengan insulin dihasilkan saat seseorang mengalami stres. Hormon ini dapat menghambat kinerja insulin.
9. Obat-obatan. Beberapa obat dapat menyebabkan peningkatan kadar gula darah, contohnya obat antihipertensi dan obat penurun kolesterol.

2.2.1 Tipe Diabetes Melitus

Menurut Susilo & Wulandari (2011), diabetes melitus dibagi menjadi 3 tipe yaitu:

2.2.1.1 Diabetes Melitus Tipe 1

Diabetes melitus tipe 1 adalah diabetes yang diderita oleh anak-anak hingga remaja. Diabetes ini terjadi dikarenakan rasio insulin dalam sirkulasi darah menurun sehingga mengakibatkan sel penghasil insulin dalam pankreas menghilang. Biasanya kemunculan gejala terjadi secara mendadak dan dapat menyebabkan koma jika tidak sesegera mungkin dibawa ke dokter. Diabetes tipe ini tidak dapat disembuhkan dengan diet dan olahraga. Untuk mengobatinya dibutuhkan penyuntikan insulin dan pada tahap awal dilakukan pergantian insulin dalam tubuh.

2.2.1.2 Diabetes Melitus Tipe 2

Diabetes melitus tipe 2 adalah diabetes yang diderita oleh orang dewasa hingga manula. Diabetes ini terjadi karena kelainan metabolisme yang disebabkan oleh beberapa faktor. Mutasi pada banyak gen, gangguan pengeluaran hormon insulin, disfungsi sel jaringan yang menyebabkan resistansi sel pada insulin. 90 persen diabetes melitus di dunia disebabkan oleh obesitas. Cara untuk mengobatinya adalah dengan diet dan olahraga, sehingga sangat penting bagi penderita diabetes tipe ini untuk memperhatikan komposisi makanannya.

2.2.1.3 Diabetes Melitus Tipe 3

Diabetes melitus tipe 3 adalah diabetes yang terjadi saat hamil. Diabetes ini biasanya disebut juga diabetes gestasional karena diabetes tipe 3 terjadi ketika hamil dan setelah melahirkan dapat sembuh. Wanita hamil yang menderita diabetes ini berkemungkinan merusak janin dan 20-50% saja yang dapat bertahan hidup. Menurut Tandra (2013), cara mengobatinya adalah dengan menambah hormon insulin dan pemeriksaan rutin untuk mencegah terjadinya kerusakan pada janin.

2.2.2 Keluarga Penderita Diabetes

Keluarga penderita diabetes melitus berarti keluarga yang setidaknya salah satu anggotanya menderita penyakit diabetes melitus. Keluarga yang memiliki penderita diabetes melitus pada riwayat keluarganya dapat mewariskan gen penyebab diabetes melitus kepada anak, cucu, hingga cicitnya. Risiko menderita diabetes melitus pada orang tersebut dapat meningkat dua hingga enam kali lipat, dimana yang memiliki riwayat ibu atau ayah+ibu menderita diabetes melitus cenderung terdiagnosis diabetes melitus pada usia yang lebih muda (Santosa, Trijayanto, & Endiyono, 2017).

2.3 Perhitungan Asupan Gizi

Konsensus Perkumpulan Endokrinologi Indonesia (PERKENI) pada tahun 2015 menjelaskan cara perhitungan asupan gizi dengan lengkap. Dalam menghitung asupan gizi, pertama harus dilakukan penentuan status gizi yang nantinya akan digunakan dalam menentukan asupan kalori yang dibutuhkan pada diet penderita diabetes. Status gizi dapat ditentukan berdasarkan perhitungan Indeks Masa Tubuh (IMT) atau perhitungan Broca.

Perhitungan status gizi berdasarkan IMT dapat dilihat pada Persamaan 2.1.

$$IMT = \frac{\text{Berat Badan}}{(\text{Tinggi Badan})^2} \quad (2.1)$$

Pada Persamaan 2.1, berat badan menggunakan satuan kilogram dan tinggi badan menggunakan satuan meter. Hasil dari perhitungan dapat digunakan untuk menentukan kategori status gizi menggunakan Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kategori Status Gizi Berdasarkan IMT

Kategori status gizi	Indeks Masa Tubuh
BB Kurang	< 18,5
BB Normal	18,5-22,9
BB Lebih	> 23,0

Menurut perhitungan Broca, menghitung Berat Badan Ideal (BBI) dapat menggunakan Persamaan 2.2 dan 2.3.

$$BBI = (\text{Tinggi badan dalam cm} - 100) - 10\% \quad (2.2)$$

$$BBI = 90\% * (\text{Tinggi badan dalam cm} - 100) * 1kg \quad (2.3)$$

Kemudian bagi laki-laki dengan tinggi badan ≤ 160 cm dan perempuan dengan tinggi badan ≤ 150 cm maka menggunakan Persamaan 2.4.

$$BBI = (\text{Tinggi badan dalam cm} - 100) * 1kg \quad (2.4)$$

Hasil dari perhitungan dapat digunakan untuk menentukan kategori status gizi berdasarkan Broca menggunakan Tabel 2.3 .

Tabel 2.3 Kategori Status Gizi Berdasarkan Broca

Kategori status gizi	Kondisi
BB Kurang	BB < 90% BBI
BB Normal	BB 90-110% BBI
BB Lebih	BB > 110% BBI

Selanjutnya menggunakan BBI yang telah dihitung sebelumnya, dapat dilakukan perhitungan kalori harian yang dibutuhkan. Terdapat beberapa informasi yang dibutuhkan yaitu jenis kelamin, berat badan, usia dan aktivitas fisik yang dikerjakan.

2.3.1 Kalori Jenis Kelamin

Perhitungan kalori dengan jenis kelamin disebut dengan kebutuhan basal atau Angka Metabolisme Basal (AMB). Rumus perhitungan AMB ditunjukkan dalam Persamaan 2.5 dan 2.6.

$$AMB \text{ laki - laki} = BBI * 30 \text{ kkal} \quad (2.5)$$

$$AMB \text{ perempuan} = BBI * 25 \text{ kkal} \quad (2.6)$$

2.3.2 Kalori Usia

Perhitungan dengan usia dilakukan menurut perhitungan PERKENI yang ditunjukkan dalam Persamaan 2.7, 2.8 dan 2.9.

$$\text{Usia } 40 - 59 \text{ tahun} = -5\% * AMB \quad (2.7)$$

$$\text{Usia } 60 - 69 \text{ tahun} = -10\% * AMB \quad (2.8)$$

$$\text{Usia } \geq 70 \text{ tahun} = -20\% * AMB \quad (2.9)$$

2.3.3 Kalori Aktivitas Fisik

Perhitungan dengan aktifitas dilakukan menurut perhitungan PERKENI yang ditunjukkan dalam Persamaan 2.7, 2.8 dan 2.9.

$$\text{Keadaan istirahat} = 10\% * \text{AMB} \quad (2.10)$$

$$\text{Keadaan ringan} = 20\% * \text{AMB} \quad (2.11)$$

$$\text{Keadaan sedang} = 30\% * \text{AMB} \quad (2.12)$$

$$\text{Keadaan berat} = 40\% * \text{AMB} \quad (2.13)$$

$$\text{Keadaan sangat berat} = 50\% * \text{AMB} \quad (2.14)$$

Tiap aktivitas memiliki pengelompokannya masing-masing. Beberapa pengelompokan aktivitas dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Kategori Aktivitas

Kategori Aktivitas	Aktivitas
Ringan	Pegawai kantor, guru, ibu rumah tangga
Sedang	Pegawai industri ringan, mahasiswa, militer yang sedang tidak perang
Berat	Petani, buruh, atlet, militer dalam keadaan latihan
Sangat Berat	Tukang becak, tukang gali

2.3.4 Kalori Berat Badan

Perhitungan kalori dengan berat badan ditunjukkan pada Persamaan 2.14, 2.15 dan 2.16.

$$\text{BBlebih} = -20\% * \text{AMB} \quad (2.15)$$

$$\text{BBnormal} = 0\% * \text{AMB} \quad (2.16)$$

$$\text{BBkurang} = 20\% * \text{AMB} \quad (2.17)$$

2.3.5 Total Kalori

Perhitungan kalori sebelumnya kemudian digunakan untuk menghitung total kalori yang dibutuhkan menggunakan rumus yang ditunjukkan pada Persamaan 2.17.

$$\begin{aligned} \text{Total kalori} &= \text{AMB} + \text{kalori usia} + \text{kalori aktivitas} \\ &+ \text{kalori berat badan} \end{aligned} \quad (2.18)$$

2.4 Nilai Kebutuhan Nutrisi

Nutrisi merupakan zat gizi dan zat lain yang berhubungan dengan kesehatan dan penyakit, termasuk juga keseluruhan proses dalam tubuh manusia untuk menerima makanan atau bahan untuk aktivitas penting dalam tubuhnya.

Kebutuhan energi pada orang dewasa berkisar antara 1700-2250 kalori. Untuk mencegah terjadinya penyakit gangguan metabolisme, perlu penyeimbangan masukan energi sesuai dengan kebutuhan tubuh agar tidak terjadi penimbunan energi. Pada Tabel 2.5 dapat dilihat nilai persentase kebutuhan karbohidrat, protein dan lemak (Hardiansyah, Riyadi, & Napitupulu, 2012).

Tabel 2.5 Nilai Kebutuhan Nutrisi

No	Usia	Protein (%)	Lemak (%)	Karbohidrat (%)	Total
1	0-5 bulan	9,4	36,2	54,4	100
2	6-11 bulan	11,2	29	59,8	100
3	1-3 tahun	13	27,9	59,3	100
4	4-6 tahun	13,1	27	59,8	100
5	7-9 tahun	13,3	27,2	59,5	100
Laki -Laki					
1	10-12 tahun	13	26,8	60,2	100
2	13-15 tahun	13,3	26,4	60,4	100
3	16-18 tahun	13,3	26,1	60,6	100
4	19-29 tahun	13,3	25,4	61,3	100
5	30-49 tahun	13,2	25	61,8	100
6	50-64 tahun	13,2	24,8	62,1	100
7	65-79 tahun	13,1	24,6	62,3	100
8	80+ tahun	13,2	24,4	62,4	100
Perempuan					
1	10-12 tahun	13,1	27	59,9	100
2	13-15 tahun	13,4	27,4	59,2	100
3	16-18 tahun	13,6	27,4	59,1	100
4	19-29 tahun	13,8	26,8	59,4	100
5	30-49 tahun	13,7	26,9	59,4	100
6	50-64 tahun	13,5	25,8	60,6	100
7	65-79 tahun	13,3	25,8	60,9	100
8	80+ tahun	13,2	25,3	61,5	100

2.5 Algoritme Genetika

Algoritme genetika (GA, Genetic Algorithm) adalah salah satu algoritme yang menerapkan konsep evolusi yang paling populer. Kemampuan algoritme genetika yang pada umumnya digunakan untuk menyelesaikan berbagai masalah kompleks dalam berbagai bidang seperti bidang fisika, biologi ekonomi dan lain-lain yang sering menghadapi masalah optimasi dengan model matematika yang kompleks menyebabkannya berkembang pesat bersamaan dengan perkembangan teknologi informasi (Mahmudy, 2015).

Menurut Zuhri (2014), Algoritme genetika adalah suatu metode heuristik yang berkembang yang didasarkan pada prinsip genetika dan proses seleksi alamiah dari teori evolusi Darwin. Teori evolusi Darwin menjelaskan bahwa individu tercipta secara acak yang kemudian akan berkembangbiak melalui proses reproduksi sehingga membentuk sekumpulan individu baru menjadi suatu populasi.

2.5.1 Keunggulan Algoritme Genetika

Menurut ahli, terdapat beberapa keunggulan algoritme genetika. Menurut Gen & Cheng (1997) dalam penelitian Zuhri (2014), berikut keunggulan algoritme genetika:

1. Menggunakan perhitungan matematis yang lebih sedikit dibandingkan algoritme lain untuk menyelesaikan permasalahan yang berhubungan.
2. Dapat mengendalikan fungsi-fungsi objektif dan kendala yang ada.
3. Sangat efektif digunakan dalam pencarian global karena memiliki operator evolusi.
4. Tingkat fleksibilitas yang tinggi jika dihibrid dengan metode pencarian yang lain sehingga mendapatkan hasil yang lebih efektif.

Menurut Mahmudy (2015), berikut keunggulan algoritme genetika:

1. Dapat menjaga keragaman populasi dengan menggunakan sub-populasi yang hanya dilakukan pada komputer.
2. Dapat menghasilkan himpunan solusi yang optimal dalam penyelesaian masalah dengan banyak obyektif.
3. Algoritme genetika yang dihibrid dapat menghasilkan solusi yang lebih baik dan efektif.

2.5.2 Langkah-Langkah Algoritme Genetika

Menurut Mahmudy (2015), struktur umum algoritme genetika dapat didefinisikan dengan langkah-langkah berikut:

1. Inisialisasi populasi awal.
2. Reproduksi.
3. Evaluasi.
4. Seleksi.
5. Iterasi kembali ke langkah pertama hingga syarat pemberhentian kromosom terpenuhi.

2.5.2.1 Inisialisasi

Algoritme genetika diawali dengan proses inisialisasi, yaitu proses membuat populasi awal. Pembuatan populasi ini dilakukan secara acak sejumlah ukuran populasi (popsiz) yang ditentukan. Inisialisasi kromosom dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti biner, matriks dan *integer* (Mahmudy, 2015). Pada masalah sehari-hari umumnya digunakan inisialisasi kromosom *integer*, seperti pada penelitian sebelumnya yang dilakukan pada permasalahan optimasi bahan makanan (Maryamah, Putri & Wicaksono, 2017). Adapun contoh representasi kromosom *integer* ditunjukkan pada gambar 2.1.

$$P1 = [5 \ 1 \ 4 \ 6]$$

Gambar 2.1 Representasi Individu Kromosom *Integer*

Karena pada penelitian ini digunakan beberapa kategori komposisi makanan dengan jumlah komposisi makanan yang berbeda tiap kategorinya, digunakan Persamaan 2.19 untuk mengkonversi nilai *integer* pada kromosom menjadi indeks makanan pada kategori tertentu.

$$\text{Indeks Makanan } i = (x_i \text{ mod } y) + 1 \quad (2.19)$$

Keterangan:

y: jumlah bahan makanan pada jenis tertentu

x_i: nilai gen pada indeks *i*

2.5.2.2 Reproduksi

Proses selanjutnya, reproduksi, adalah proses untuk menghasilkan individu-individu keturunan dalam populasi. Keturunan yang dihasilkan dalam proses ini disebut dengan *child*. Terdapat 2 tahap dalam proses reproduksi, yaitu:

1. *Crossover* (Tukar Silang)

Tahap *crossover* memerlukan 2 *parent* yang dipilih secara acak dalam proses reproduksinya dan akan menghasilkan 2 *child*. Terdapat beberapa metode *crossover*, salah satunya adalah *extended intermediate*. *Extended intermediate* dilakukan dengan kombinasi nilai dua induk. Misalkan P1 dan P2 merupakan dua kromosom yang akan dilakukan *crossover*, maka pembangkitan offspring C1 dan C2 menggunakan Persamaan 2.20 dan 2.21.

$$C1 = P1 + a(P2 - P1) \quad (2.20)$$

$$C2 = P2 + a(P1 - P2) \quad (2.21)$$

Dimana *a* ditentukan secara acak pada interval $[-0.25, 1.25]$.

Kemudian untuk menentukan berapa jumlah *child* yang direproduksi oleh proses *crossover*, digunakan Persamaan 2.22.

$$\text{offspring} = \text{crossover rate} * \text{ukuran populasi} \quad (2.22)$$

Contoh dari proses *extended intermediate crossover* ditunjukkan pada gambar 2.2.

α	0.1	1	0.2	-0.1	0.5
P1	5	3	4	1	2
P2	3	4	5	2	1
C1	4.8	4	4.2	0.9	1.5
C2	3.2	3	4.8	2.1	1.5

Gambar 2.2 Extended Intermediate Crossover

2. Mutasi

Berbeda dengan *crossover*, mutasi hanya memerlukan 1 parent yang dipilih secara acak dan juga hanya menghasilkan 1 *child*. Terdapat beberapa metode mutasi, salah satunya adalah *reciprocal exchange mutation*. *Reciprocal exchange mutation* dilakukan dengan memilih 2 titik secara acak (XP, *exchange point*) dalam kromosom dan kemudian menukar nilai gen masing-masing titik. Contoh dari proses *reciprocal exchange mutation* ditunjukkan pada gambar 2.3.

Kemudian untuk menentukan berapa jumlah *child* yang direproduksi oleh proses mutasi, digunakan Persamaan 2.23.

$$offspring = mutation\ rate * ukuran\ populasi \tag{2.23}$$

	$xp1$		$xp2$		
	▼		▼		
P	5	3	4	1	2
C	4	3	5	2	1

Gambar 2.3 Reciprocal Exchange Mutation

Setelah melakukan *crossover* dan mutasi, *child* yang dihasilkan dimasukkan ke populasi.

2.5.2.3 Evaluasi

Proses evaluasi merupakan proses perhitungan nilai *fitness* dari tiap individu. Semakin besar nilai *fitness*, semakin baik individu tersebut untuk digunakan dalam pembentukan *child* baru pada generasi berikutnya. Rumus perhitungan *fitness* berbeda-beda untuk tiap permasalahan. Namun menurut Mahmudy (2015), secara umum rumus perhitungan *fitness* terbagi menjadi dua, yaitu rumus minimum dan rumus maksimum. Rumus minimum digunakan jika nilai *fitness* yang dicari berbanding terbalik sedangkan rumus maksimum digunakan jika nilai *fitness* yang dicari berbanding lurus. Rumus minimum ditunjukkan pada Persamaan 2.24 dan rumus maksimum ditunjukkan pada Persamaan 2.25.



$$fitness = \frac{c}{f(x)} \quad (2.24)$$

Keterangan:

$f(x)$ = fungsi obyektif dari permasalahan

c = nilai konstan

$$fitness = f(x) \quad (2.25)$$

Keterangan:

$f(x)$ = fungsi obyektif dari permasalahan

Dalam permasalahan optimasi komposisi makanan, rumus yang akan digunakan adalah rumus minimum karena nilai yang dicari adalah jumlah penalti gizi dan total harga yang memiliki nilai berbanding terbalik dengan hasil.

2.5.2.4 Seleksi

Proses seleksi merupakan proses dimana individu dipilih untuk digunakan kembali pada generasi berikutnya. Terdapat beberapa metode pada proses seleksi salah satunya yaitu *elitism selection*. *Elitism selection* dilakukan dengan mengambil individu dengan nilai *fitness* terbaik sebanyak jumlah populasi. Seleksi ini bersifat *deterministic* yang berarti bekerja menggunakan aturan yang tetap.

2.5.2.5 Pemberhentian Iterasi

Pemberhentian iterasi merupakan kondisi dimana tahapan algoritme genetika harus dihentikan. Beberapa kondisi yang dapat digunakan untuk pemberhentian algoritme genetika disebutkan sebagai berikut:

1. Generasi mencapai jumlah generasi maksimum yang telah ditentukan.
2. Terjadi konvergensi nilai *fitness* antar generasi yang berurutan.
3. Waktu melebihi batas maksimal waktu yang telah ditentukan.

2.6 Perhitungan *Fitness*

Dalam proses algoritme genetika dilakukan proses evaluasi untuk menentukan *fitness* suatu individu. Dalam penelitian ini digunakan *fitness* gizi dan *fitness* harga.

2.6.1 *Fitness* Gizi

Fitness gizi didapatkan dari selisih kebutuhan kalori dan gizi makro seperti karbohidrat, protein dan lemak yang diperlukan dengan kandungan kalori dan gizi makro yang dihasilkan individu. Pertama-tama dilakukan perhitungan takaran untuk tiap anggota keluarga. Takaran tersebut didapatkan dari perkalian antara berat satu porsi bahan makanan dengan anjuran porsi sesuai usia. Hasil perkalian kemudian dikalikan dengan persentase waktu makan yaitu 25% pada pagi hari, 40% pada siang hari dan 35% pada malam hari (PERKENI, 2015). Perhitungan takaran ditunjukkan pada Persamaan 2.26. Berat tiap komposisi makanan dapat dilihat pada lampiran.

$$Takaran = Berat\ 1\ porsi * Anjuran\ Porsi * Persentase\ Waktu \quad (2.26)$$

Setelah mendapatkan takaran, kemudian dilakukan perhitungan kandungan gizi untuk tiap gizi makro pada tiap komposisi makanan sesuai dengan takaran. Perhitungan kandungan gizi ditunjukkan pada Persamaan 2.27. Kandungan gizi tiap komposisi makanan dapat dilihat pada lampiran A.

$$Kandungan\ Gizi = \frac{Takaran}{Berat\ 1\ porsi} * Kandungan\ Gizi\ 1\ porsi \quad (2.27)$$

Setelah diketahui seluruh kandungan gizi, maka dapat dilakukan perhitungan penalti gizi dengan menghitung selisih absolut kebutuhan gizi dengan jumlah gizi yang terkandung pada individu. Perhitungan penalti gizi ditunjukkan pada Persamaan 2.28.

$$\begin{aligned} \text{Penalti Gizi} = & |Kandungan\ Kalori - Kebutuhan\ Kalori| \\ & - |Kandungan\ Karbohidrat \\ & - Kebutuhan\ Karbohidrat| \\ & - |Kandungan\ Protein - Kebutuhan\ Protein| \\ & - |Kandungan\ Lemak - Kebutuhan\ Lemak| \end{aligned} \quad (2.28)$$

Penalti gizi dihitung terhadap semua anggota keluarga. Sehingga untuk menghitung total penalti gizi, dijumlahkan semua penalti gizi tiap anggota keluarga. Perhitungan total penalti gizi ditunjukkan pada Persamaan 2.29.

$$Total\ Penalti\ Gizi = \sum_{i=0}^n Penalti\ Gizi_i \quad (2.29)$$

Keterangan:

n = jumlah anggota keluarga

Karena harapan selisih gizi semakin kecil baik, maka digunakan fungsi minimum untuk menentukan *fitnessnya*. Perhitungan *fitness* gizi ditunjukkan pada Persamaan 2.30.

$$Fitness\ Gizi = \frac{c}{Total\ Penalti\ Gizi} \quad (2.30)$$

Keterangan:

c = konstanta

2.6.2 *Fitness* Harga

Fitness harga didapatkan dengan menghitung total harga tiap komposisi makanan dalam tiap individu. Total harga dihitung dengan mengkalikan harga komposisi makanan sesuai dengan berat total. Perhitungan total harga ditunjukkan pada Persamaan 2.31.

$$Total\ Harga = \frac{Total\ Berat}{Berat\ Makanan} * Harga \quad (2.31)$$

Digunakan juga fungsi minimum untuk menghitung *fitness* harga karena semakin kecil harga, semakin baik. Perhitungan *fitness* harga ditunjukkan pada Persamaan 2.32.

$$\text{Fitness Harga} = \frac{c}{\text{Rata} - \text{Rata Harga Perhari}} \quad (2.32)$$

Keterangan:

c = konstanta

2.6.3 *Fitness* Total

Fitness total merupakan nilai *fitness* yang akan digunakan untuk membandingkan tiap individu dalam populasi. Nilai ini didapatkan dengan menjumlahkan *fitness* gizi dan *fitness* harga, ditunjukkan pada Persamaan 2.33.

$$f(x) = \text{Fitness Gizi} + \text{Fitness Harga} \quad (2.33)$$



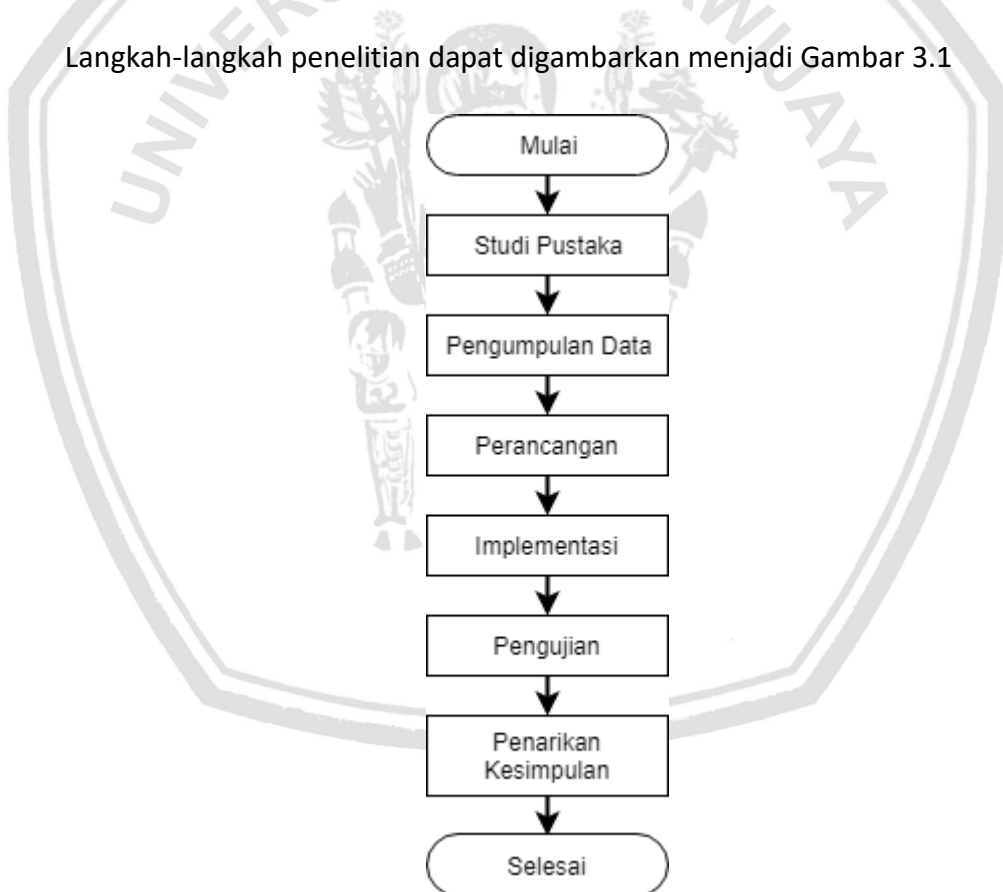
BAB 3 METODOLOGI

Metodologi dalam penelitian yang dijelaskan dalam langkah-langkah dalam penelitian untuk memperoleh data untuk kemudian diproses menjadi sebuah informasi masalah yang diteliti.

Berikut langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini:

1. Studi pustaka mengenai diabetes melitus, asupan gizi terhadap penderitanya dan metode algoritme genetika.
2. Pengumpulan data bahan makanan dan data keluarga penderita diabetes melitus.
3. Perancangan formulasi permasalahan yang akan diselesaikan serta pengujiannya.
4. Implementasi terhadap perancangan sebelumnya untuk dijadikan sebuah sistem.
5. Pengujian sistem menggunakan rancangan pengujian sebelumnya.
6. Membuat kesimpulan.

Langkah-langkah penelitian dapat digambarkan menjadi Gambar 3.1



Gambar 3.1 Langkah-langkah penelitian

3.1 Studi Pustaka

Studi pustaka merupakan tahap yang dilakukan oleh peneliti untuk mempelajari permasalahan yang akan diteliti. Studi pustaka dilakukan dengan membaca buku, *paper*, jurnal dan penelitian sebelumnya sebagai sumber media yang digunakan. Adapun pokok permasalahan yang dipelajari meliputi:

1. Penyakit diabetes melitus dan asupan gizi yang dibutuhkan penderitanya.
2. Metode algoritme genetika.

3.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan tahap pengumpulan informasi terkait isi atau konten yang digunakan dalam penelitian ini.

Data pertama yang digunakan merupakan data bahan penukar makanan yang didapat dari Pedoman Gizi Seimbang Kementerian Kesehatan RI, diambil pada tanggal 12 Februari 2018. Data yang didapatkan berupa nama bahan penukar makanan, berat 1 porsi makanan, kandungan kalori dan kandungan zat gizi makro yaitu karbohidrat, protein dan lemak. Data berjumlah 156 bahan penukar makanan yang dibagi menjadi 22 makanan pokok, 12 makanan protein nabati, 48 makanan protein hewani, 36 sayuran dan 38 makanan pelengkap. Contoh daftar bahan penukar makanan dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran A.

Tabel 3.1 Contoh Daftar Bahan Makanan Penukar

Pokok	Nama Pangan	Berat	Kalori	Karbohidrat	Protein	Lemak
		gram	kkal	gram	gram	gram
1	Bihun	50	87,5	20	2	0
2	Biskuit	40	70	16	1,6	0
3	Havermut	45	78,75	18	1,8	0
4	Jagung Segar	125	218,75	50	5	0
5	Kentang	210	367,5	84	8,4	0
6	Kentang hitam	125	218,75	50	5	0
7	Makaroni	50	87,5	20	2	0
8	Mie Basah	200	350	80	8	0
9	Mie Kering	50	87,5	20	2	0
10	Beras Giling Putih	100	175	40	4	0

Data kedua yang digunakan merupakan 3 data keluarga penderita diabetes melitus dengan batas bawah usia 18 tahun dan penderita diabetes melitus yang menjalani rawat jalan. Data ini merupakan data simulasi yang didapatkan sepengetahuan pakar gizi yang bernama Anindita Chandrintan Prathami, S.Gz, RD dari Klinik Universitas Brawijaya. Juga dilakukan wawancara seputar diabetes melitus, penghitungan kebutuhan asupan gizi dan pola makan yang benar bagi penderitanya. Contoh daftar keluarga penderita diabetes melitus dapat dilihat pada Tabel 3.2 dan lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran B.

Tabel 3.2 Contoh Daftar Keluarga Penderita Diabetes Melitus

Keluarga 1	Jenis Kelamin	Usia	Tinggi Badan	Berat Badan	Aktifitas	Diabetes
Nenek	Perempuan	77	155 cm	55 kg	Ringan	Tidak
Ibu	Perempuan	55	150 cm	50 kg	Sedang	Tidak
Ayah	Laki-laki	55	160 cm	57 kg	Berat	Ya
Anak 1	Laki-laki	29	165 cm	63 kg	Sedang	Tidak
Anak 2	Perempuan	22	150 cm	46 kg	Sedang	Tidak
Biaya Konsumsi Perhari					Rp100.000,00	

3.3 Perancangan

Perancangan dilakukan untuk menunjukkan tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan. Dalam perancangan terdapat beberapa tahapan, yaitu perancangan algoritme yang mencakup formulasi permasalahan dan manualisasi, dan perancangan uji coba. Dalam perancangan algoritme akan dibahas mengapa masalah diteliti. Kemudian juga dibahas langkah-langkah penyelesaian yang dimulai dengan proses input data diri keluarga. Data keluarga kemudian akan dihitung untuk mendapatkan asupan kalori yang dibutuhkan menggunakan persamaan 2.1 hingga 2.17. Kebutuhan asupan kalori yang didapatkan akan diproses sehingga menghasilkan output data komposisi makanan untuk keluarga penderita diabetes melitus.

3.4 Implementasi

Perancangan sebelumnya kemudian diimplementasikan menjadi program menggunakan bahasa pemrograman Node.js. Untuk mengimplementasikan program, digunakan Visual Studio Code sebagai *text editor* program, data komposisi makanan disimpan ke dalam *javascript object notation (json) file* dan data keluarga disimpan ke dalam *comma-separated values (csv) file*.

Untuk mengimplementasikan program, digunakan perangkat keras berikut:

1. Prosesor Intel(R) Core(TM) i7-4700MQ CPU @ 2.40 GHz (4 CPUs).
2. RAM berukuran 8 GB.
3. *Storage* SSD berukuran 250 GB.

3.5 Pengujian

Pengujian dilakukan untuk menentukan nilai parameter dari algoritme genetika yang terdiri dari jumlah individu dalam populasi, maksimal generasi, nilai kombinasi *crossover* dan mutasi yang paling optimal untuk mendapatkan hasil menu makanan yang paling optimal bagi keluarga penderita diabetes melitus.

3.6 Penarikan Kesimpulan

Setelah penelitian selesai, peneliti dapat menarik kesimpulan berdasarkan hasil yang didapatkan dari penelitian dan memberikan saran untuk pemberian poin yang penting jika dilakukan penelitian lebih lanjut.



BAB 4 PERANCANGAN

Pada bab ini dijelaskan formulasi permasalahan, perhitungan manual, serta perancangan pengujian.

4.1 Deskripsi Masalah

Permasalahan yang diselesaikan yaitu optimasi komposisi makanan untuk keluarga penderita diabetes. Menu makanan yang dibentuk berupa 5 jenis makanan untuk 3 kali sehari dalam 1 minggu.

Masukkan sistem berupa data diri tiap anggota keluarga yaitu jenis kelamin, usia, berat badan, tinggi badan, jenis aktifitas dan diabetes atau tidak. Masukan kemudian diproses menjadi gizi makro ideal yang dibutuhkan tiap anggota keluarga seperti kalori, protein, lemak dan karbohidrat. Selanjutnya sistem melakukan proses algoritme genetika dengan mengkombinasikan komposisi makanan yang direpresentasikan dengan kombinasi angka *integer* random dengan batasan tertentu. Kombinasi angka tersebut dioptimasi melalui proses *crossover* dan *mutation* pada yang kemudian hasilnya diseleksi untuk mendapatkan solusi yang terbaik. Keluaran sistem merupakan solusi terbaik yang berupa rekomendasi komposisi makanan beserta takaran untuk tiap anggota keluarga dan total harga dikeluarkan sejumlah hari yang ditentukan.

Adapun data yang digunakan pada penelitian ini adalah bahan makanan, anjuran porsi harian, harga tiap bahan makanan, nilai kebutuhan nutrisi dan data tiap anggota keluarga. Daftar bahan makanan dikelompokkan ke dalam kategori makanan pokok, protein hewani, protein nabati, sayuran dan pelengkap. Data yang akan digunakan pada manualisasi merupakan data *dummy*, sedangkan pada sistem digunakan data *real* yang tercantum pada lampiran.

4.2 Perhitungan Manual

Pada sub bab ini dijelaskan perhitungan manual optimasi komposisi makanan untuk keluarga penderita diabetes menggunakan algoritme genetika.

4.2.1 Inisialisasi Parameter Awal

4.2.1.1 Parameter Algoritme Genetika

Pada proses algoritme genetika dibutuhkan beberapa parameter yang akan digunakan untuk menentukan jalannya proses. Parameter tersebut antara lain adalah sebagai berikut:

- Ukuran Populasi: 3
- *Crossover Rate* : 0.1
- *Mutation Rate* : 0.1
- Jumlah generasi: 1
- α : [-0.25, 1.25]

4.2.1.2 Data Anggota Keluarga

Data tiap anggota keluarga meliputi jenis kelamin, usia, berat badan, tinggi badan, jenis aktifitas dan diabetes atau tidak yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Anggota Keluarga

Nama	Jenis Kelamin	Usia	Berat Badan	Tinggi Badan	Jenis Aktifitas	Diabetes
Ayah	Laki-laki	54 tahun	65 kg	165 cm	Sedang	Ya
Ibu	Perempuan	56 tahun	50 kg	155 cm	Ringan	Tidak

4.2.2 Perhitungan Gizi Ideal

Pada proses ini dilakukan perhitungan kalori harian yang dibutuhkan yang kemudian dikonversi menjadi kebutuhan karbohidrat, protein dan lemak.

Perhitungan gizi ideal Ayah ditunjukkan sebagai berikut:

1. IMT menggunakan Persamaan 2.1

$$IMT = \frac{65}{(1,65)^2} = 23,8751$$
2. BBI menggunakan Persamaan 2.2

$$BBI = (165 - 100) * 0,9 = 58,5$$
3. Kalori jenis kelamin menggunakan Persamaan 2.5

$$K.JK = 58,5 * 30 = 1755$$
4. Kalori usia menggunakan Persamaan 2.7

$$K.Umur = -0,05 * 1755 = -87,75$$
5. Kalori aktifitas fisik menggunakan Persamaan 2.12

$$K.Aktifitas = 0,3 * 1755 = 526,5$$
6. Kalori berat badan menggunakan Persamaan 2.16

$$K.BB = -0,1 * 1755 = -175,5$$
7. Total kebutuhan kalori menggunakan Persamaan 2.18

$$Total\ Kalori = 1755 + (-87,75) + 526,5 + (-175,5) = 2018,25\ kkal$$
8. Kebutuhan gizi makro menggunakan nilai kebutuhan nutrisi

$$Karbohidrat = 2018,25 * \frac{62,1}{100} = 1253,3333\ kkal = 313,3333\ gr$$

$$Protein = 2018,25 * \frac{13,2}{100} = 266,409\ kkal = 66,6022\ gr$$

$$Lemak = 2018,25 * \frac{24,8}{100} = 500,526\ kkal = 55,614\ gr$$

Perhitungan gizi ideal Ibu ditunjukkan sebagai berikut:

1. IMT menggunakan Persamaan 2.1

$$IMT = \frac{50}{(1,55)^2} = 20,8116$$
2. BBI menggunakan Persamaan 2.2

$$BBI = (155 - 100) * 0,9 = 49,5$$



3. Kalori jenis kelamin menggunakan Persamaan 2.6
 $K.JK = 49,5 * 25 = 1237,5$
4. Kalori usia menggunakan Persamaan 2.7
 $K.Umur = 0,05 * 1237,5 = -61,875$
5. Kalori aktifitas fisik menggunakan Persamaan 2.12
 $K.Aktifitas = 0,2 * 1237,5 = 247,5$
6. Kalori berat badan bernilai 0
 $K.BB = 0$
7. Total kebutuhan kalori menggunakan Persamaan 2.18
 $Total Kalori = 1237,5 + (-61,875) + 247,5 + 0 = 1423,125 kkal$
8. Kebutuhan gizi makro menggunakan nilai kebutuhan nutrisi

$$Karbohidrat = 1423,125 * \frac{60,6}{100} = 862,4138 kkal = 215,6034 gr$$

$$Protein = 1423,125 * \frac{13,5}{100} = 192,1218 kkal = 48,0304 gr$$

$$Lemak = 1423,125 * \frac{25,8}{100} = 367,1662 kkal = 40,7962 gr$$

4.2.3 Inisialisasi Populasi Awal

Setiap individu memiliki kromosom yang merepresentasikan solusi. Kromosom ini terdiri dari gen yang menunjukkan index bahan makanan pada daftar bahan makanan. Tiap gen merupakan angka *integer* random dari 1-50. Sistem akan menyusun bahan makanan untuk 1 minggu dimana setiap harinya diasumsikan 3 kali makan pada waktu pagi, siang dan malam. Pada perhitungan manual susunan makanan hanya dibentuk untuk 2 hari. Inisialisasi awal kromosom ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Representasi Kromosom

Ind	Hari	Pagi					Siang					Malam				
		Po	PH	PN	S	Pl	Po	PH	PN	S	Pl	Po	PH	PN	S	Pl
P1	1	10	19	34	46	1	12	12	15	17	37	49	40	33	42	43
	2	29	39	50	27	16	38	6	32	46	35	25	20	29	35	31
P2	1	34	21	31	16	21	47	33	18	24	17	8	13	19	27	47
	2	9	9	23	20	39	5	44	50	33	18	32	19	7	30	13
P3	1	17	14	34	47	32	13	47	10	43	4	16	22	19	17	7
	2	32	11	22	22	48	40	13	25	18	4	36	21	40	24	7

Keterangan:

Po: Pokok

S: Sayuran

PH: Protein Hewani

Pl: Pelengkap

PN: Protein Nabati



Jumlah makanan pada kelompoknya memiliki jumlah yang berbeda-beda. Oleh karena itu perlu ada konversi dari kromosom menjadi indeks makanan agar dapat direpresentasikan dengan tepat. Persamaan 2.19 menunjukkan cara mengkonversi kromosom menjadi indeks makanan.

Berikut contoh perhitungan konversi kromosom menjadi indeks makanan menggunakan gen indeks 1 pada individu P1.

$$\text{Indeks Makanan 1} = (10 \text{ mod } 22) + 1 = 11$$

Pada Tabel 4.3 ditunjukkan bahan makanan yang direpresentasikan gen indeks 1 pada individu P1. Daftar makanan lengkap dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.3 Daftar Makanan Pokok

Pokok	Nama Pangan	Berat	Kalori	Karbohidrat	Protein	Lemak	Harga
		gram	kcal	gram	gram	gram	
1	Bihun	50	87,5	20	2	0	2700
2	Biskuit	40	70	16	1,6	0	2400
3	Havermut	45	78,75	18	1,8	0	3600
4	Jagung Segar	125	218,75	50	5	0	900
5	Kentang	210	367,5	84	8,4	0	1800
6	Kentang hitam	125	218,75	50	5	0	1800
7	Makaroni	50	87,5	20	2	0	2400
8	Mie Basah	200	350	80	8	0	1800
9	Mie Kering	50	87,5	20	2	0	1800
10	Beras Giling Putih	100	175	40	4	0	1500
11	Beras Giling Merah	100	175	40	4	0	1800

4.2.4 Reproduksi *Crossover*

Untuk mendapatkan jumlah *offspring* yang dihasilkan dalam proses *crossover*, dikalikan *crossover rate* (*cr*) dengan ukuran populasi yang ditunjukkan pada Persamaan 2.22. Berikut hasil perhitungan *offspring*:

$$\text{offspring} = 0.1 * 3 = 0.3$$

Hasil dari perhitungan bernilai 0.3 yang kemudian dibulatkan ke atas menjadi 1, sehingga *offspring* yang akan dihasilkan sebanyak 1. Kemudian ditentukan *parent* secara random yang akan menjadi induk dari proses reproduksi. *Parent* yang akan digunakan adalah P1 dan P2.

Operator *crossover* yang digunakan dalam proses *crossover* ini bernama *extended intermediate crossover*. Operator ini menggunakan nilai parameter α yang ditentukan di awal, ditunjukkan pada Persamaan 2.20 dan 2.21. Berikut contoh perhitungan gen indeks 1 C1:

$$C1(1) = 10 + 0,49(34 - 10)$$

Tabel 4.4 Hasil Proses Crossover

α	0,49	0,25	0,16	1,22	0,79	0,77	0,7	-	0,02	0,05	0,2	0,11	0,99	0,28	0,09
	1,15	-0,2	1,01	-0,2	0,15	0,48	0,24	0,51	0,21	1,2	0,62	0,42	0,91	0,03	1,14
P1	10	19	34	46	1	12	12	15	17	37	49	40	33	42	43
	29	39	50	27	16	38	6	32	46	35	25	20	29	35	31
P2	34	21	31	16	21	47	33	18	24	17	8	13	19	27	47
	9	9	23	20	39	5	44	50	33	18	32	19	7	30	13
C1	22	20	35	10	17	39	27	15	18	38	41	38	20	38	44
	6	45	23	29	20	23	16	42	44	15	30	20	9	35	11

4.2.5 Reproduksi Mutation

Untuk mendapatkan jumlah *offspring* yang dihasilkan dalam proses *mutation*, dikalikan *mutation rate* (*mr*) dengan ukuran populasi yang ditunjukkan pada Persamaan 2.23. Berikut hasil perhitungan *offspring*:

$$\text{offspring} = 0,1 * 3 = 0,3$$

Hasil dari perhitungan bernilai 0,3 yang kemudian dibulatkan ke atas menjadi 1, sehingga *offspring* yang akan dihasilkan sebanyak 1. Kemudian ditentukan *parent* secara random yang akan menjadi induk dari proses reproduksi. *Parent* yang akan digunakan adalah P3.

Operator *mutation* yang digunakan dalam proses *mutation* ini bernama *reciprocal exchange mutation*. Operator ini menukarkan 2 gen pada indeks yang ditentukan secara random. Pada manualisasi ini ditentukan indeks yang akan ditukar adalah 12 dan 29. Hasil dari proses *mutation* ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Proses Mutation

P3	17	14	34	47	32	13	47	10	43	4	16	22	19	17	7
	32	11	22	22	48	40	13	25	18	4	36	21	40	24	7
C2	17	14	34	47	32	13	47	10	43	4	16	24	19	17	7
	32	11	22	22	48	40	13	25	18	4	36	21	40	22	7

4.2.6 Perhitungan Fitness

Sebelum melakukan seleksi, perlu dilakukan *fitness* terhadap tiap individu dengan cara menjumlahkan *fitness* gizi dengan *fitness* harga.

4.2.6.1 Perhitungan Fitness Gizi

Fitness gizi didapatkan dari selisih kebutuhan kalori dan gizi makro seperti karbohidrat, protein dan lemak yang diperlukan dengan kandungan kalori dan gizi makro yang dihasilkan individu. Pertama-tama dilakukan perhitungan takaran untuk tiap anggota keluarga. Takaran tersebut didapatkan dari perkalian antara

berat satu porsi bahan makanan dengan anjuran porsi sesuai usia. Hasil perkalian kemudian dikalikan dengan persentase waktu makan sesuai dengan kebutuhan energi, yaitu 25% pada pagi hari, 40% pada siang hari dan 35% pada malam hari. Perhitungan takaran ditunjukkan pada Persamaan 2.26.

Berikut contoh perhitungan takaran untuk Ibu pada makan pagi hari pertama pada individu P1 .

Makan Pagi Beras Giling Merah = $100 * 4,5 * 25\% = 275gr$
 Kembang Tahu = $20 * 3 * 25\% = 30gr$
 Ginjal Sapi = $45 * 3 * 25\% = 67,5gr$
 Bit = $100 * 4 * 25\% = 200gr$
 Anggur = $165 * 5 * 25\% = 412,5gr$

Hasil perhitungan takaran untuk seluruh anggota keluarga ditunjukkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Takaran Komposisi Makanan Keluarga

Hari	Waktu Makan	Indeks Makanan	Takaran (gram)		Total Berat (gram)
			Ibu	Ayah	
1	Pagi	11	112,5	162,5	275
		8	15	15	30
		35	33,75	33,75	67,5
		11	100	100	200
		2	206,25	206,25	412,5
	Siang	13	180	260	440
		1	30	30	60
		16	42	42	84
		18	160	160	320
		38	430	430	860
	Malam	6	196,875	284,375	481,25
		5	21	21	42
		34	42	42	84
		7	140	140	280
	6	122,5	122,5	245	
2	Pagi	8	225	325	550
		4	18,75	18,75	37,5
		3	37,5	37,5	75
		28	100	100	200
		17	81,25	81,25	162,5
	Siang	17	216	312	528
		7	18	18	36
		33	204	204	408
		11	160	160	320
		36	120	120	240
	Malam	4	196,875	284,375	481,25
		9	52,5	52,5	105
		30	21	21	42
		36	140	140	280
32		131,25	131,25	262,5	



Setelah mendapatkan takaran, kemudian melakukan perhitungan kandungan kalori tiap komposisi makanan sesuai dengan takaran. Perhitungan kandungan kalori ditunjukkan pada Persamaan 2.27.

Berikut contoh perhitungan kandungan kalori makanan untuk Ibu pada makan pagi hari pertama pada individu P1.

$$\begin{aligned} \text{Makan Pagi} \quad \text{Beras Giling Merah} &= \frac{112,5}{100} * 175 = 196,875\text{kkal} \\ \text{Kembang Tahu} &= \frac{15}{20} * 32 = 24\text{kkal} \\ \text{Ginjal Sapi} &= \frac{33,75}{45} * 84,375 = 63,2812\text{kkal} \\ \text{Bit} &= \frac{100}{100} * 25 = 25\text{kkal} \\ \text{Anggur} &= \frac{206,25}{165} * 165 = 206,25\text{kkal} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan kandungan kalori untuk seluruh anggota keluarga ditunjukkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Kandungan Kalori Makanan Keluarga

Hari	Waktu Makan	Indeks Makanan	Kalori (kkal)	
			Ibu	Ayah
1	Pagi	11	196,875	284,375
		8	24	24
		35	63,28125	63,28125
		11	25	25
		2	206,25	206,25
	Siang	13	315	455
		1	48	48
		16	52,5	52,5
		18	40	40
		38	430	430
	Malam	6	344,5313	497,6563
		5	33,6	33,6
		34	78,75	78,75
		7	35	35
		6	122,5	122,5
2	Pagi	8	393,75	568,75
		4	30	30
		3	46,875	46,875
		28	50	50
		17	81,25	81,25
	Siang	17	378	546
		7	28,8	28,8
		33	382,5	382,5
		11	40	40
		36	120	120

Hari	Waktu Makan	Indeks Makanan	Kalori (kkal)	
			Ibu	Ayah
2	Malam	4	344,5313	497,6563
		9	84	84
		30	26,25	26,25
		36	70	70
		32	131,25	131,25

Selanjutnya melakukan perhitungan kandungan karbohidrat tiap komposisi makanan sesuai dengan takaran. Perhitungan kandungan karbohidrat ditunjukkan pada Persamaan 2.27.

Berikut contoh perhitungan kandungan karbohidrat makanan untuk Ibu pada makan pagi hari pertama pada individu P1.

Makan Pagi

$$\text{Beras Giling Merah} = \frac{112,5}{100} * 40 = 45gr$$

$$\text{Kembang Tahu} = \frac{15}{20} * 3,2 = 2,4gr$$

$$\text{Ginjal Sapi} = \frac{33,75}{45} * 0 = 0gr$$

$$\text{Bit} = \frac{100}{100} * 5 = 5gr$$

$$\text{Anggur} = \frac{206,25}{165} * 33 = 41,25gr$$

Hasil perhitungan kandungan karbohidrat untuk seluruh anggota keluarga ditunjukkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Kandungan Karbohidrat Makanan Keluarga

Hari	Waktu Makan	Indeks Makanan	Karbohidrat (gr)	
			Ibu	Ayah
1	Pagi	11	45	65
		8	2,4	2,4
		35	0	0
		11	5	5
		2	41,25	41,25
	Siang	13	72	104
		1	4,8	4,8
		16	0	0
		18	8	8
		38	86	86
	Malam	6	78,75	113,75
		5	3,36	3,36
		34	0	0
		7	7	7
6		24,5	24,5	
2	Pagi	8	90	130
		4	3	3



Hari	Waktu Makan	Indeks Makanan	Karbohidrat (gr)	
			Ibu	Ayah
2	Pagi	3	0	0
		28	10	10
		17	16,25	16,25
	Siang	17	86,4	124,8
		7	2,88	2,88
		33	0	0
		11	8	8
		36	24	24
	Malam	4	78,75	113,75
		9	8,4	8,4
		30	0	0
		36	14	14
		32	26,25	26,25

Selanjutnya melakukan perhitungan kandungan protein tiap komposisi makanan sesuai dengan takaran. Perhitungan kandungan protein ditunjukkan pada Persamaan 2.27.

Berikut contoh perhitungan kandungan protein makanan untuk Ibu pada makan pagi hari pertama pada individu P1.

Makan Pagi

$$\text{Beras Giling Merah} = \frac{112,5}{100} * 4 = 4,5gr$$

$$\text{Kembang Tahu} = \frac{15}{20} * 2,4 = 1,8gr$$

$$\text{Ginjal Sapi} = \frac{33,75}{45} * 7,875 = 5,9062gr$$

$$\text{Bit} = \frac{100}{100} * 1 = 1gr$$

$$\text{Anggur} = \frac{206,25}{165} * 0 = 0gr$$

Hasil perhitungan kandungan protein untuk seluruh anggota keluarga ditunjukkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Kandungan Protein Makanan Keluarga

Hari	Waktu Makan	Indeks Makanan	Protein (gr)	
			Ibu	Ayah
1	Pagi	11	45	65
		8	2,4	2,4
		35	0	0
		11	5	5
		2	41,25	41,25
	Siang	13	72	104
		1	4,8	4,8
		16	0	0
		18	8	8



Hari	Waktu Makan	Indeks Makanan	Protein (gr)	
			Ibu	Ayah
1	Siang	38	86	86
	Malam	6	78,75	113,75
		5	3,36	3,36
		34	0	0
		7	7	7
		6	24,5	24,5
2	Pagi	8	90	130
		4	3	3
		3	0	0
		28	10	10
		17	16,25	16,25
	Siang	17	86,4	124,8
		7	2,88	2,88
		33	0	0
		11	8	8
		36	24	24
	Malam	4	78,75	113,75
		9	8,4	8,4
		30	0	0
		36	14	14
		32	26,25	26,25

Selanjutnya melakukan perhitungan kandungan lemak tiap komposisi makanan sesuai dengan takaran. Perhitungan kandungan lemak ditunjukkan pada Persamaan 2.27.

Berikut contoh perhitungan kandungan lemak makanan untuk Ibu pada makan pagi hari pertama pada individu P1.

Makan Pagi

$$\text{Beras Giling Merah} = \frac{112,5}{100} * 0 = 0gr$$

$$\text{Kembang Tahu} = \frac{15}{20} * 1,2 = 0,9gr$$

$$\text{Ginjal Sapi} = \frac{33,75}{45} * 5,625 = 4,2187gr$$

$$\text{Bit} = \frac{100}{100} * 0 = 0gr$$

$$\text{Anggur} = \frac{206,25}{165} * 0 = 0gr$$

Hasil perhitungan kandungan lemak untuk seluruh anggota keluarga ditunjukkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Kandungan Lemak Makanan Keluarga

Hari	Waktu Makan	Indeks Makanan	Lemak (gr)	
			Ibu	Ayah
1	Pagi	11	0	0
		8	0,9	0,9
		35	4,21875	4,21875
		11	0	0
		2	0	0
	Siang	13	0	0
		1	1,8	1,8
		16	2,1	2,1
		18	0	0
		38	0	0
	Malam	6	0	0
		5	1,26	1,26
		34	5,25	5,25
		7	0	0
		6	0	0
	2	Pagi	8	0
4			1,125	1,125
3			1,875	1,875
28			0	0
17			0	0
Siang		17	0	0
		7	1,08	1,08
		33	25,5	25,5
		11	0	0
		36	0	0
Malam		4	0	0
		9	3,15	3,15
		30	1,05	1,05
		36	0	0
		32	0	0

Setelah diketahui seluruh kandungan gizi, maka dapat dilakukan perhitungan *fitness* gizi dengan menghitung total penalti gizi yang terkandung pada individu menggunakan Persamaan 2.28, 2.29. Kebutuhan gizi didapatkan dari perhitungan pada subbab 4.2 dan perhitungan total penalti gizi untuk individu P1 adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Penalti Gizi}_{Ibu} &= |2111,2468 - 1423,125| - |372,995 - 215,6034| \\
 &\quad - |71,5318 - 48,0305| - |24,6543 - 40,7963|
 \end{aligned}$$

$$\text{Penalti Gizi}_{Ibu} = 885,1567$$

Penalti Gizi_{Ayah}

$$= |2549,6218 - 2018,25| - |473,195 - 313,3333| - |81,5518 - 66,6023| - |24,6543 - 55,614|$$

Penalti Gizi_{Ayah} = 737,1428

Total Penalti Gizi = 885,1567 + 737,1428 = 1622,2995

Karena harapan selisih gizi semakin kecil baik, maka digunakan fungsi minimum untuk menentukan *fitness*-nya. Perhitungan *fitness* gizi menggunakan Persamaan 2.30. Berikut perhitungan *fitness* gizi untuk individu P1 dengan c = 1500.

$$Fitness\ Gizi = \frac{1500}{1622,2995} = 0,9246$$

Hasil perhitungan *fitness* gizi tiap individu ditunjukkan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Fitness Gizi

Individu	Fitness
P1	0,9246
P2	1,5874
P3	0,8163
C1	3,4535
C2	0,9315

4.2.6.2 Perhitungan *Fitness* Harga

Fitness harga didapatkan dengan menghitung total harga tiap komposisi makanan dalam tiap individu. Total harga dihitung dengan mengkalikan harga komposisi makanan sesuai dengan berat total. Perhitungan total harga ditunjukkan pada Persamaan 2.31. Hasil perhitungan total harga untuk tiap makanan ditunjukkan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Total Harga Makanan Keluarga

Hari	Waktu Makan	Indeks Makanan	Total Berat (gr)	Total Harga	Total Harian
1	Pagi	11	275	4950	87505
		8	30	3000	
		35	67,5	9600	
		11	200	2800	
		2	412,5	5000	
	Siang	13	440	6600	
		1	60	2400	
		16	84	9600	
		18	320	3840	
		38	860	10000	
	Malam	6	481,25	6930	
		5	42	2625	

Hari	Waktu Makan	Indeks Makanan	Total Berat (gr)	Total Harga	Total Harian
1	Malam	34	84	13440	87505
		7	280	3920	
		6	245	2800	
2	Pagi	8	550	4950	57275
		4	37,5	1800	
		3	75	9600	
		28	200	2000	
		17	162,5	2500	
	Siang	17	528	1980	
		7	36	6000	
		33	408	5119,999	
		11	320	4480	
		36	240	3200	
	Malam	4	481,25	3465	
		9	105	840	
		30	42	5040	
		36	280	2800	
32		262,5	3500		
Rata-rata harga perhari					72390

Digunakan juga fungsi minimum untuk menghitung *fitness* harga karena semakin kecil harga, semakin baik. *Fitness* harga dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.32. Berikut contoh perhitungan *fitness* harga untuk individu P1 dengan $c = 100000$.

$$Fitness\ Harga\ P1 = \frac{100000}{72390} = 1,3814$$

Hasil perhitungan *fitness* harga tiap individu ditunjukkan pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 *Fitness* Harga

Individu	<i>Fitness</i>
P1	1,3814
P2	1,3507
P3	1,312
C1	1,1351
C2	1,3143

4.2.6.3 Perhitungan *Fitness* Total

Dengan menggunakan *fitness* gizi dan harga yang telah diketahui, maka dapat dihitung *fitness* totalnya dengan menjumlahkan *fitness* gizi dan *fitness* harga.

Berikut contoh perhitungan *fitness* untuk individu P1 menggunakan Persamaan 2.33.

$$f(P1) = 0,6632 + 1,3814 = 2,0446$$

Hasil perhitungan *fitness* tiap individu ditunjukkan pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Fitness

Individu	Fitness
P1	2,044611
P2	2,938266
P3	2,128843
C1	4,5887
C2	2,245907

4.2.7 Seleksi

Setelah mendapatkan nilai *fitness* tiap individu maka dilanjutkan dengan proses seleksi. Proses ini bertujuan untuk memilih individu-individu sejumlah populasi untuk generasi selanjutnya. Metode yang digunakan untuk proses seleksi adalah seleksi *elitism*. Metode ini akan memilih individu dengan nilai *fitness* yang tertinggi. Pada Tabel 4.15 ditunjukkan individu-individu yang diurutkan berdasarkan *fitness*nya dari yang tertinggi.

Tabel 4.15 Individu Diurutkan Sesuai Fitness

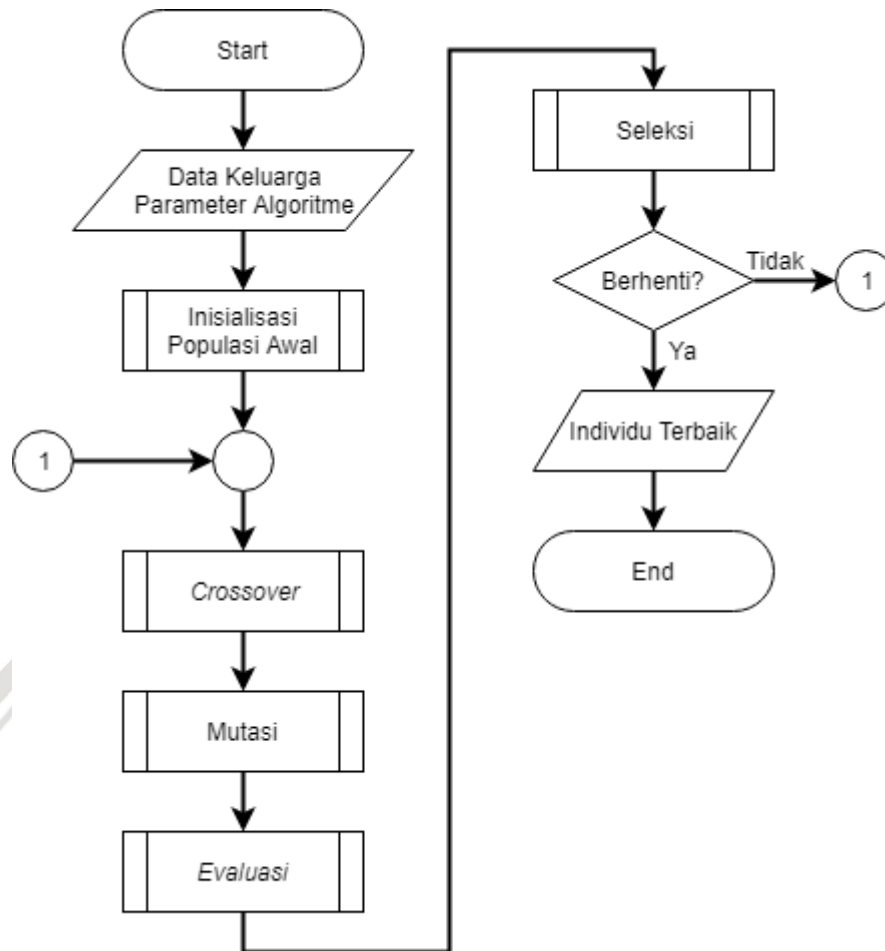
Individu	Fitness
C1	4,5887
P2	2,938266
C2	2,245907
P3	2,128843
P1	2,044611

Dari Tabel 4.15 didapatkan individu yang terpilih untuk generasi selanjutnya adalah C1, P2 dan C2.

4.3 Siklus Algoritme Genetika

4.3.1 Proses Algoritme Genetika

Pada proses algoritme genetika, pertama dilakukan inialisasi parameter awal yaitu dengan memasukkan data anggota keluarga dan parameter algoritme genetika. Gambar 4.1 menjelaskan tahapan proses algoritme genetika.



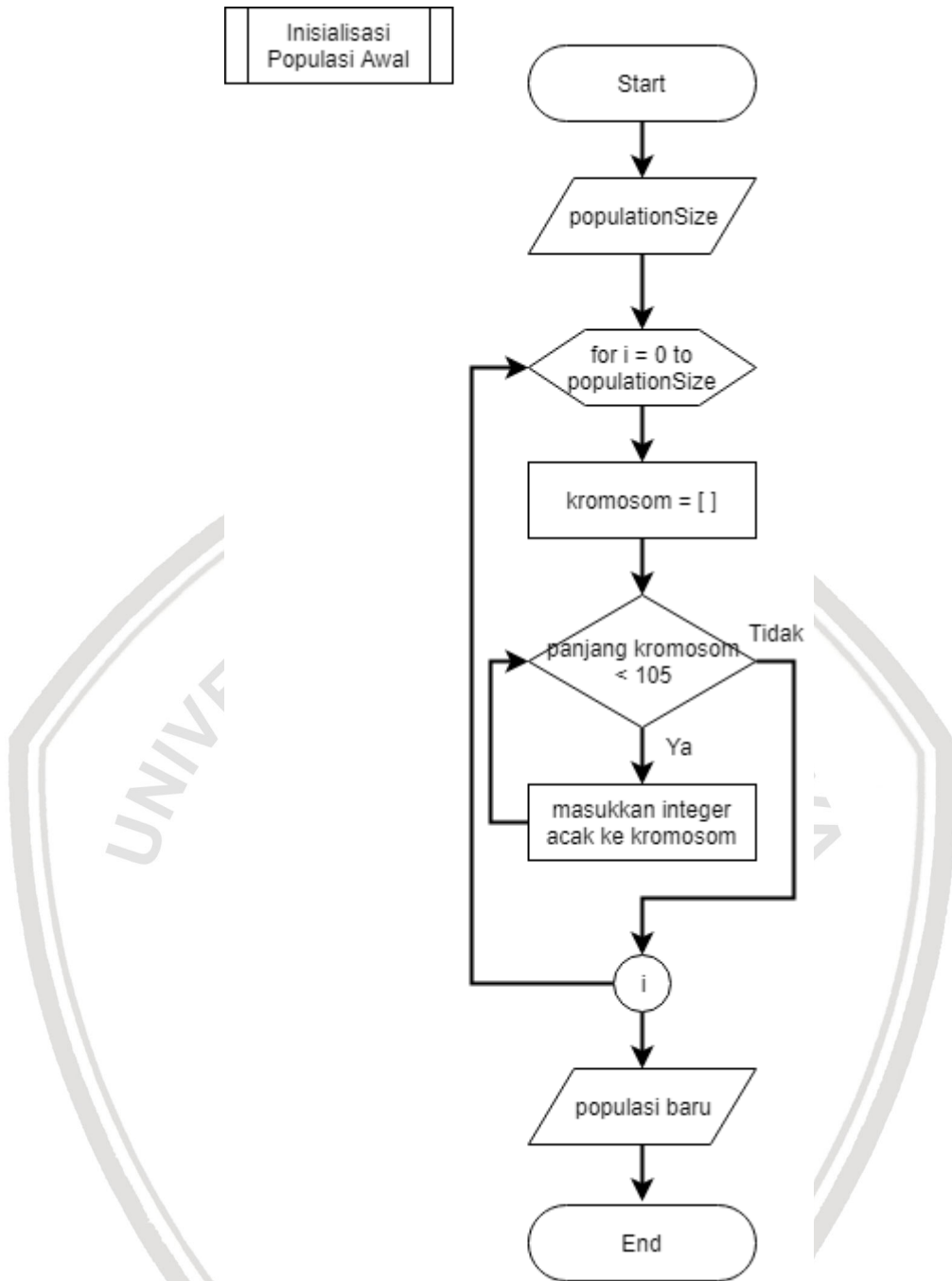
Gambar 4.1 Proses Algoritme Genetika

Tahapan proses pada Gambar 4.1 dijelaskan sebagai berikut:

1. Menerima masukan data keluarga dan parameter algoritme.
2. Melakukan inisialisasi populasi awal.
3. Melakukan *crossover* dengan metode *extended intermediate*.
4. Melakukan mutasi dengan metode *reciprocal exchange*.
5. Melakukan evaluasi *fitness*.
6. Melakukan seleksi menggunakan metode *elitism*.
7. Melakukan pengkondisian apakah berhenti atau tidak.
8. Keluaran berupa individu yang memiliki nilai *fitness* terbaik.

4.3.2 Proses Inisialisasi Populasi Awal

Pada tahap proses inisialisasi populasi awal, dilakukan pembentukan populasi awal yang akan diisi oleh individu dengan gen bernilai *integer* acak dari 1-50. Gambar 4.2 menjelaskan proses inisialisasi populasi awal.



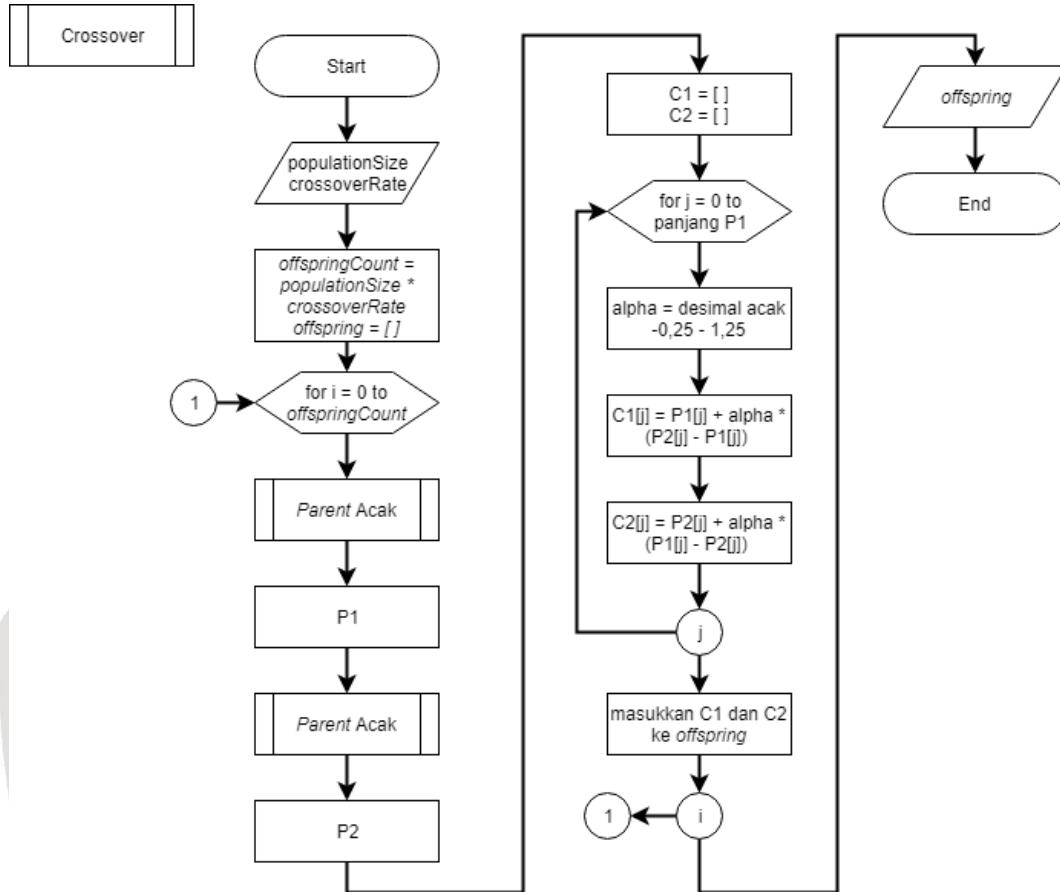
Gambar 4.2 Proses Inisialisasi Populasi Awal

Tahapan proses pada Gambar 4.2 dijelaskan sebagai berikut:

1. Mengambil masukan *populationSize*.
2. Perulangan sebanyak *populationSize*.
3. Melakukan pengisian kromosom hingga kromosom memiliki panjang 105.

4.3.3 Proses Crossover

Proses *crossover* menggunakan metode *extended intermediate* digunakan untuk menghasilkan *offspring*. Langkah proses ditunjukkan pada Gambar 4.3.



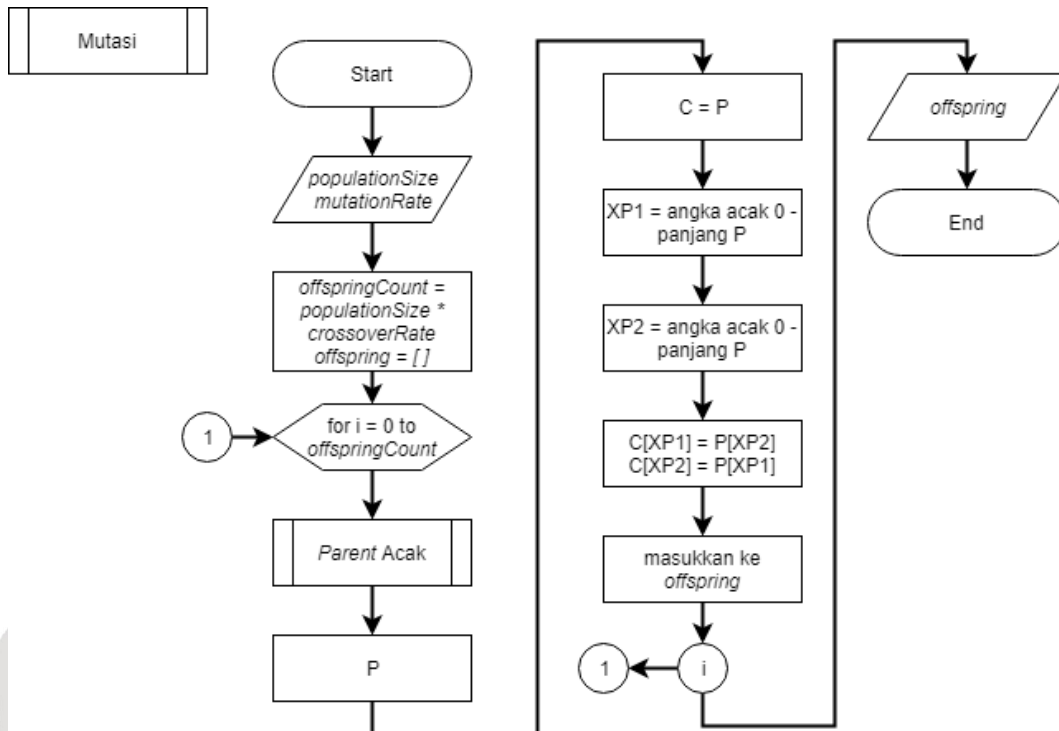
Gambar 4.3 Proses Crossover

Tahapan proses pada Gambar 4.3 dijelaskan sebagai berikut:

1. Mengambil masukan *populationSize* dan *crossoverRate*.
2. Inialisasi *offspringCount* menggunakan Persamaan 2.22 dan *offspring*.
3. Perulangan sebanyak *offspringCount*.
4. Mengambil 2 parent secara acak dan disimpan pada *P1* dan *P2*.
5. Inialisasi *C1* dan *C2*.
6. Perulangan sebanyak panjang kromosom *P1*.
7. Inialisasi *alpha* dengan nilai acak antara -0,25 dan 1,25.
8. Menggunakan Persamaan 2.20 dan 2.21 untuk mendapatkan nilai *C1* dan *C2*.
9. Memasukkan *C1* dan *C2* ke *offspring*.
10. Keluaran berupa array yang berisi individu baru.

4.3.4 Proses Mutasi

Proses mutasi menggunakan metode *reciprocal exchange* digunakan untuk menghasilkan *offspring*. Langkah proses ditunjukkan pada Gambar 4.4.



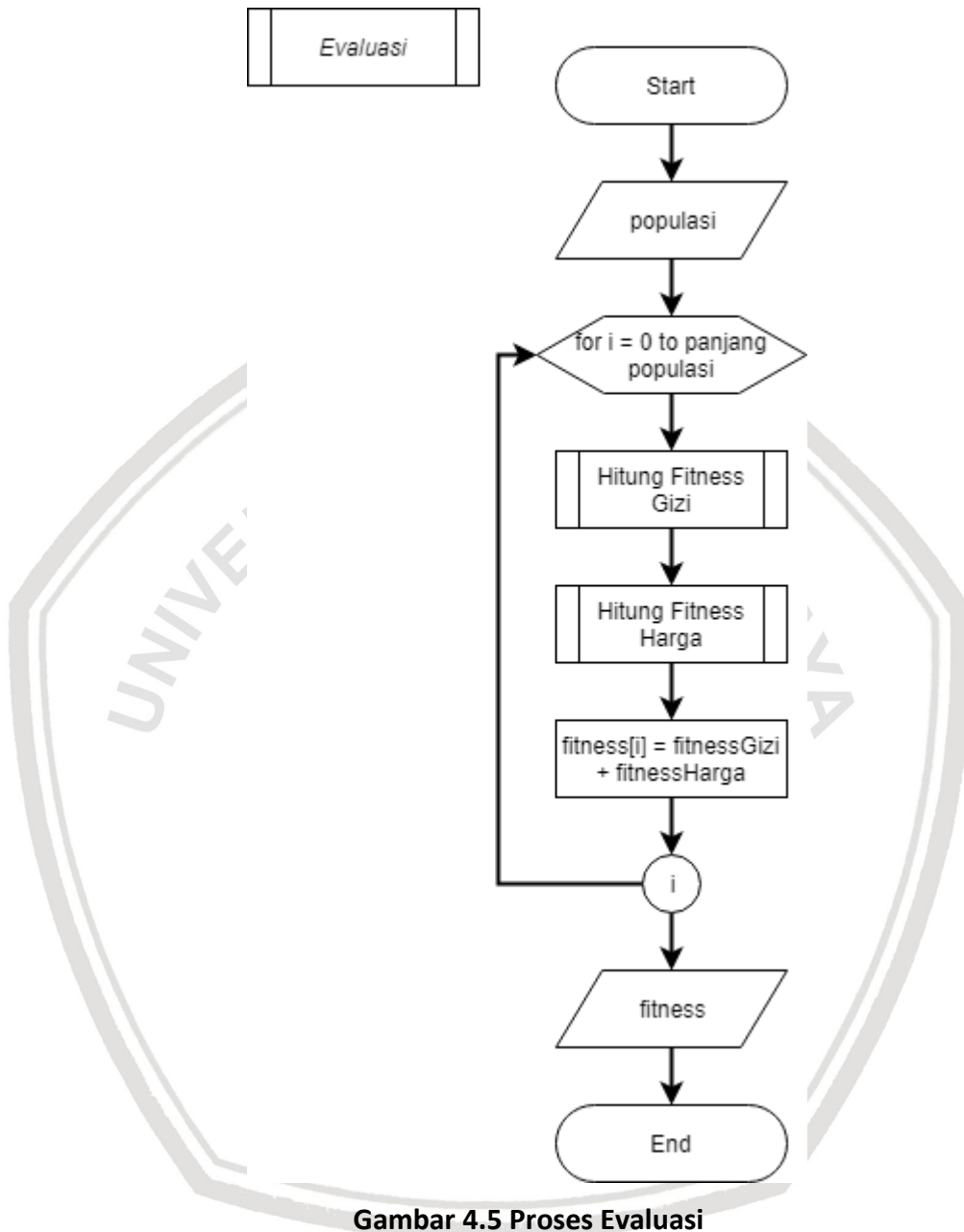
Gambar 4.4 Proses Mutasi

Tahapan proses pada Gambar 4.4 dijelaskan sebagai berikut.

1. Mengambil masukan *populationSize* dan *mutationRate*.
2. Inisialisasi *offspringCount* menggunakan Persamaan 2.23 dan *offspring*.
3. Perulangan sebanyak *offspringCount*.
4. Mengambil parent secara acak dan disimpan pada *P*.
5. Inisialisasi *C*.
6. Inisialisasi *XP1* dan *XP2* dengan nilai acak antara 0 sampai panjang kromosom *P*.
7. Menukar elemen pada indeks *XP1* dengan elemen pada indeks *XP2*.
8. Memasukkan *C* ke *offspring*.
9. Keluaran berupa array yang berisi individu baru.

4.3.5 Proses Evaluasi

Proses evaluasi nilai *fitness* tiap individu dengan menjumlahkan *fitness* gizi dan *fitness* harga. Langkah proses ditunjukkan pada Gambar 4.5.

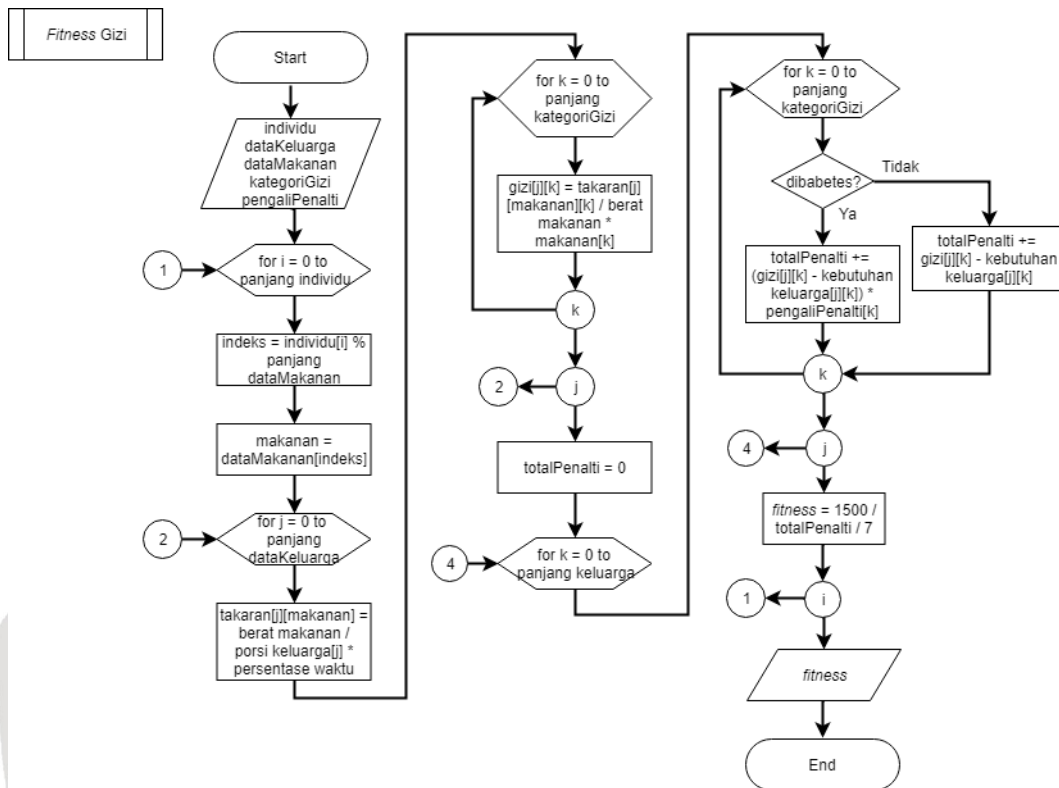


Tahapan proses pada Gambar 4.5 dijelaskan sebagai berikut.

1. Mengambil masukan populasi.
2. Perulangan sebanyak panjang populasi.
3. Melakukan perhitungan *fitness* gizi.
4. Melakukan perhitungan *fitness* harga.
5. Menjumlahkan *fitnessGizi* dan *fitnessHarga*.
6. Keluaran berupa nilai *fitness* gizi tiap individu.

4.3.6 Proses Perhitungan *Fitness* Gizi

Proses perhitungan *fitness* gizi menggunakan Persamaan 2.26, 2.27 dan 2.28. Langkah proses ditunjukkan pada Gambar 4.6.



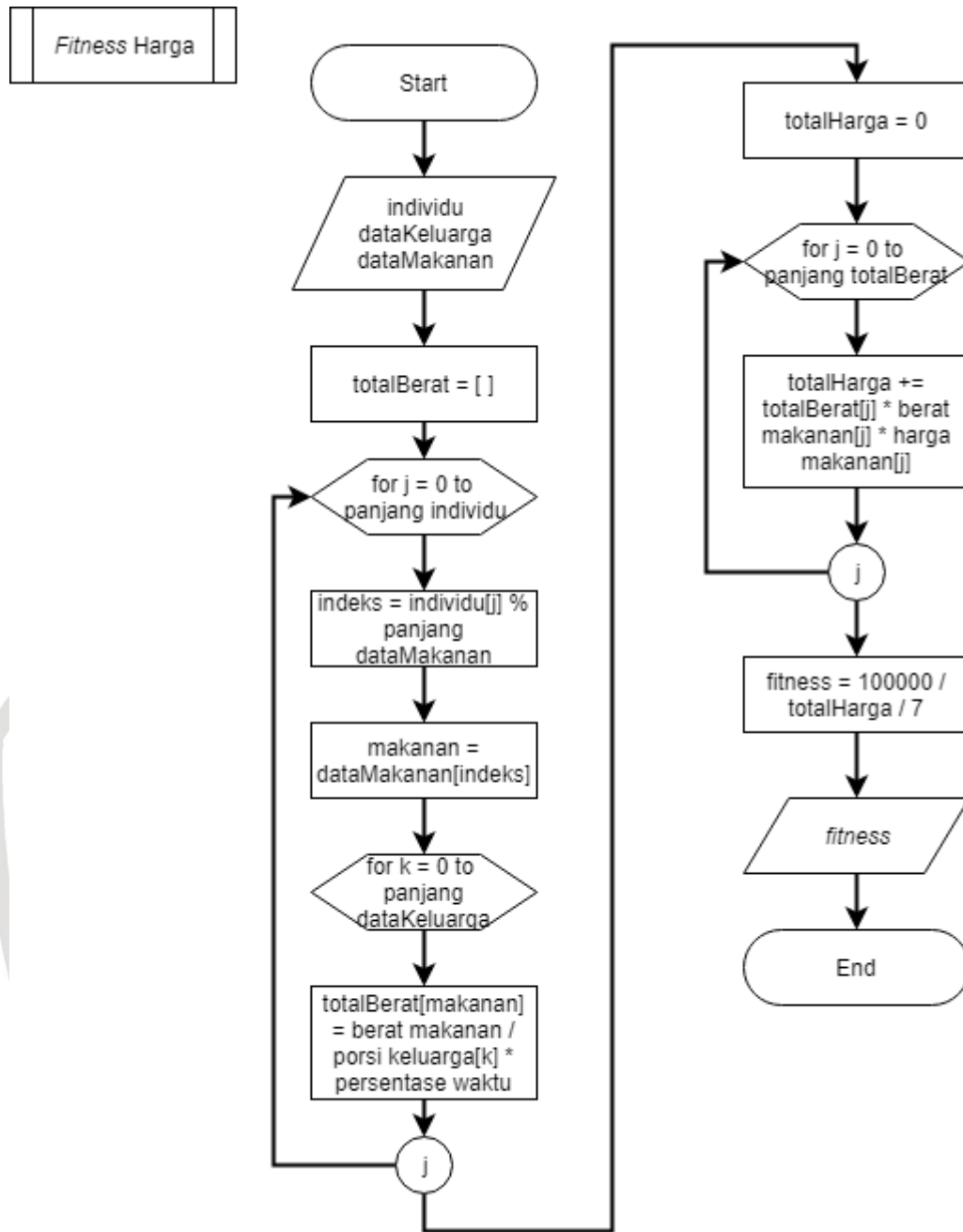
Gambar 4.6 Proses Perhitungan *Fitness* Gizi

Tahapan proses pada Gambar 4.6 dijelaskan sebagai berikut.

1. Mengambil masukan *individu*, *dataKeluarga*, *dataMakanan*, *kategoriGizi* dan *pengaliPenalti*.
2. Perulangan sebanyak panjang kromosom individu.
3. Mengambil data makanan menggunakan persamaan 2.19.
4. Perulangan sebanyak panjang *dataKeluarga*.
5. Menghitung takaran untuk tiap makanan untuk tiap *dataKeluarga* menggunakan Persamaan 2.26.
6. Perulangan sebanyak panjang *kategoriGizi*.
7. Menghitung kandungan gizi makanan untuk tiap *kategoriGizi* menggunakan Persamaan 2.27.
8. Menghitung *fitness* gizi menggunakan Persamaan 2.28.
9. Keluaran berupa nilai *fitness* gizi individu.

4.3.7 Proses Perhitungan *Fitness* Harga

Proses perhitungan *fitness* harga menggunakan Persamaan 2.29 dan 2.30. Langkah proses ditunjukkan pada Gambar 4.7.



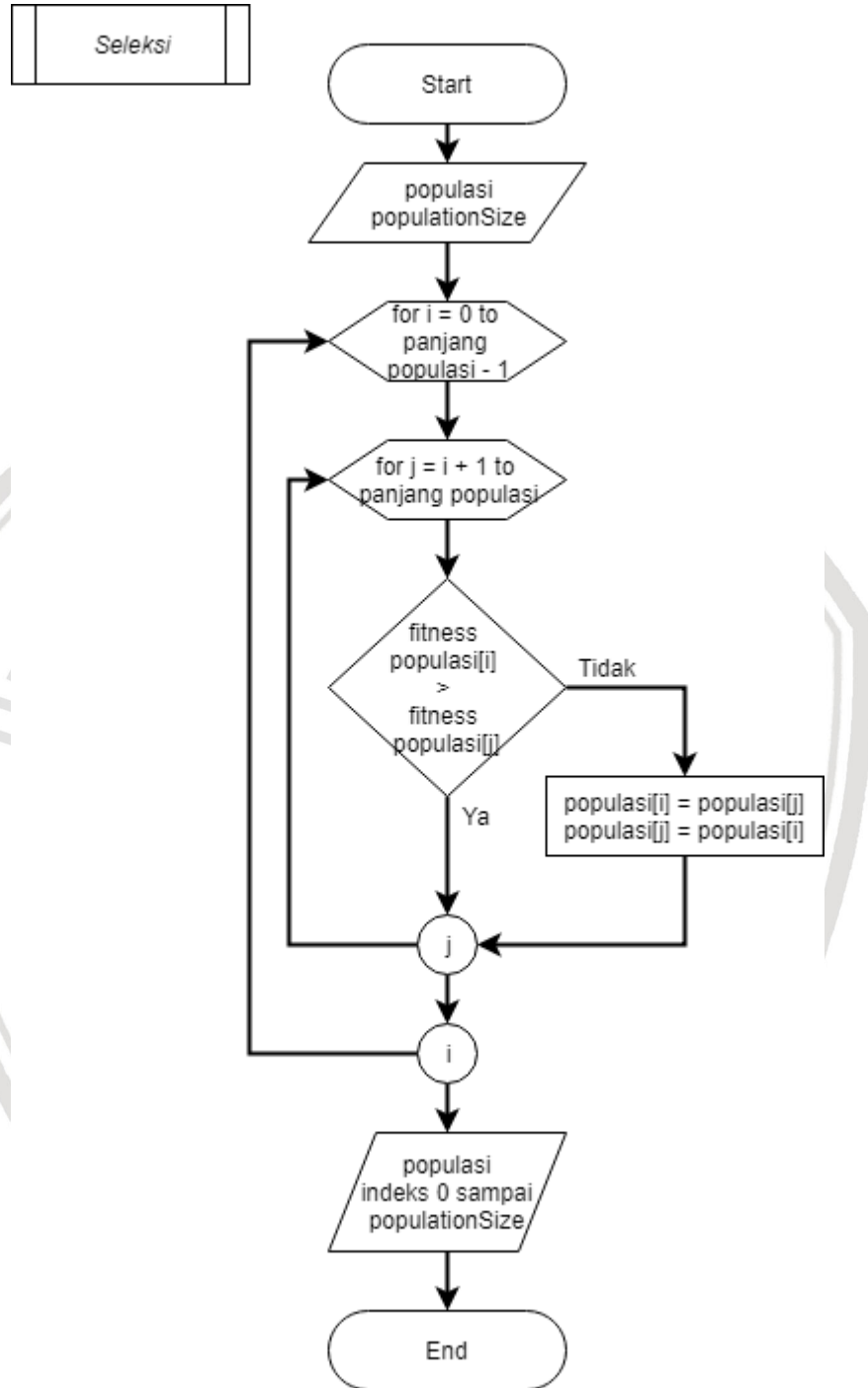
Gambar 4.7 Proses Perhitungan *Fitness* Harga

Tahapan proses pada Gambar 4.7 dijelaskan sebagai berikut.

1. Mengambil masukan *individu*, *dataKeluarga* dan *dataMakanan*.
2. Perulangan sebanyak panjang kromosom individu.
3. Mengambil data makanan menggunakan persamaan 2.19.
4. Perulangan sebanyak panjang *dataKeluarga*.
5. Menghitung *totalBerat* untuk tiap makanan untuk tiap *dataKeluarga* menggunakan Persamaan 2.29.
6. Menghitung *fitness* gizi menggunakan Persamaan 2.30.
7. Keluaran berupa nilai *fitness* harga individu.

4.3.8 Proses Seleksi

Proses seleksi menggunakan metode *elitism*. Langkah proses ditunjukkan pada Gambar 4.8.



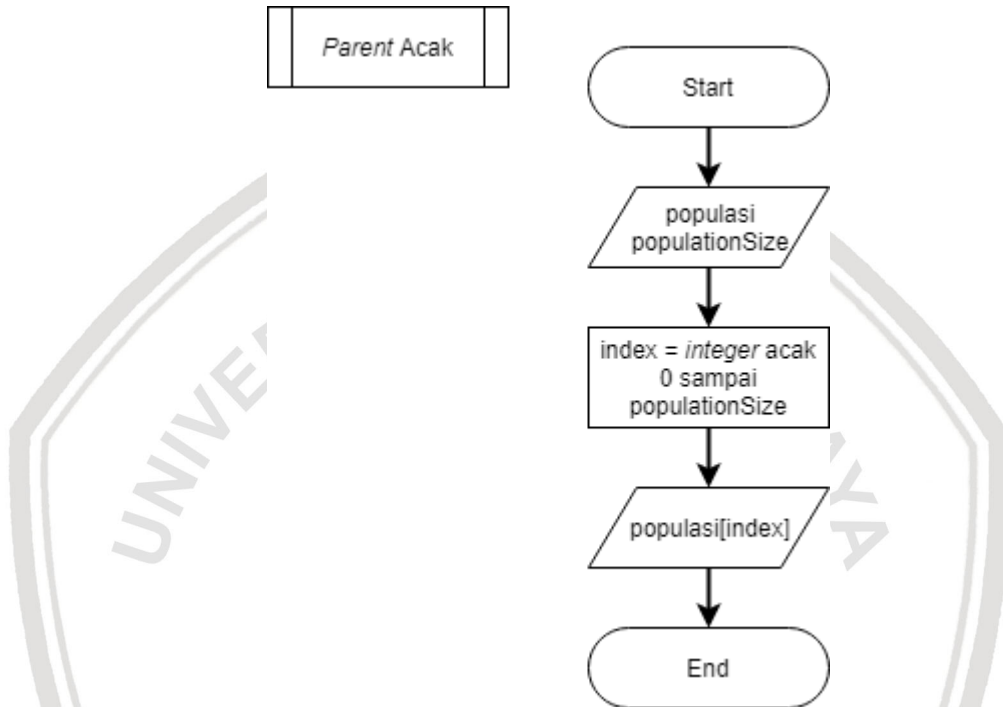
Gambar 4.8 Proses Seleksi

Tahapan proses pada Gambar 4.8 dijelaskan sebagai berikut.

1. Mengambil masukan *populasi* dan *populationSize*.
2. Melakukan pengurutan populasi berdasarkan *fitness* dari besar ke kecil.
3. Keluaran berupa populasi dengan indeks 0 sampai indeks *populationSize*.

4.3.9 Proses *Parent Acak*

Proses *parent* acak untuk mendapatkan satu individu acak dari populasi. Langkah proses ditunjukkan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.9 Proses Parent Acak

Tahapan proses pada Gambar 4.8 dijelaskan sebagai berikut.

1. Mengambil masukan *populasi* dan *populationSize*.
2. Inialisasi *index* dengan nilai acak antara 0 sampai *populationSize*.
3. Keluaran berupa individu.

4.4 Perancangan Pengujian Sistem

Pada tahap perancangan pengujian sistem ini dilakukan untuk menguji validasi dari perangkat lunak yang telah dibuat. Sistem yang baik adalah sistem yang memiliki sedikit *error* saat dijalankan. Proses pengujian pada sistem ini yaitu sebagai berikut.

1. Pengujian Ukuran Populasi.
2. Pengujian Kombinasi *Crossover Rate* dan *Mutation Rate*.
3. Pengujian Jumlah Generasi.

4.4.1 Pengujian Ukuran Populasi

Skenario pengujian ukuran populasi memiliki tujuan untuk mendapatkan parameter ukuran populasi terbaik dengan melakukan 5 kali percobaan untuk tiap skenario lalu dihitung rata-rata *fitness* yang didapat. Pengujian ukuran populasi ditunjukkan pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Pengujian Ukuran Populasi

Ukuran Populasi	Nilai Fitness Pengujian ke- <i>i</i>					Rata-Rata Fitness
	1	2	3	4	5	
10						
40						
70						
100						
130						
160						
190						
220						
250						
280						

4.5.2 Pengujian Kombinasi *Crossover Rate* dan *Mutation Rate*

Skenario pengujian ukuran populasi memiliki tujuan untuk mendapatkan parameter *crossover rate* dan *mutation rate* terbaik dengan melakukan 5 kali percobaan untuk tiap skenario lalu dihitung rata-rata *fitness* yang didapat. Proses pengujian dilakukan setelah mendapatkan nilai ukuran populasi optimal dari pengujian sebelumnya. Pengujian kombinasi *crossover rate* dan *mutation rate* ditunjukkan pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Pengujian Kombinasi *Crossover Rate* dan *Mutation Rate*

Cr	Mr	Nilai Fitness Pengujian ke- <i>i</i>					Rata-Rata Fitness
		1	2	3	4	5	
1	0						
0.9	0.1						
0.8	0.2						
0.7	0.3						
0.6	0.4						
0.5	0.5						
0.4	0.6						
0.3	0.7						
0.2	0.8						

Cr	Mr	Nilai <i>Fitness</i> Pengujian ke- <i>i</i>					Rata-Rata <i>Fitness</i>
		1	2	3	4	5	
0.1	0.9						
0	1						

4.5.3 Pengujian Konvergensi

Skenario pengujian konvergensi memiliki tujuan untuk mendapatkan parameter jumlah generasi terbaik dengan melakukan 5 kali percobaan untuk tiap skenario lalu dibandingkan *fitness* tertinggi tiap generasinya. Proses pengujian dilakukan setelah mendapatkan nilai kombinasi *crossover rate* dan *mutation rate* optimal dari pengujian sebelumnya. Pengujian konvergensi ditunjukkan pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Pengujian Jumlah Generasi

Generasi ke-	<i>Fitness</i> Tertinggi Pengujian ke- <i>i</i>				
	1	2	3	4	5
1					
100					
200					
300					
400					
500					
600					
708					
709					
1000					

BAB 5 IMPLEMENTASI

Bab ini menjelaskan tentang implementasi sistem berdasarkan perancangan sistem yang telah dibuat. Pembahasan pada bab ini terdiri dari penjelasan implementasi algoritme genetika dengan *extended intermediate crossover*, *reciprocal exchange mutation* dan *elitism selection* untuk melakukan optimasi komposisi makanan untuk keluarga penderita diabetes melitus.

5.1 Spesifikasi Sistem

Proses implementasi sistem membutuhkan spesifikasi perangkat yang sesuai agar sistem yang dibangun dapat berfungsi sesuai dengan kebutuhan. Spesifikasi perangkat yang dibutuhkan oleh sistem terdiri dari spesifikasi perangkat keras dan spesifikasi perangkat lunak.

5.1.1 Spesifikasi Perangkat Keras

Pengembangan implementasi algoritme genetika untuk melakukan optimasi komposisi makanan untuk keluarga penderita diabetes melitus menggunakan perangkat keras yang sesuai dengan Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Spesifikasi Perangkat Keras

Komponen	Spesifikasi
Prosesor	Intel(R) Core(TM) i7-4700MQ CPU @ 2.40 GHz (4 CPUs)
RAM	8 GB
Storage	SSD 250 GB

5.1.2 Spesifikasi Perangkat Lunak

Pengembangan implementasi algoritme genetika untuk melakukan optimasi komposisi makanan untuk keluarga penderita diabetes melitus menggunakan perangkat lunak yang sesuai dengan Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Spesifikasi Perangkat Lunak

Nama	Spesifikasi
Sistem operasi	Windows 10
Bahasa pemrograman	Node.js
Tools pemrograman	Visual Studio Code

5.1.3 Spesifikasi Sistem

Terdapat beberapa batasan yang membatasi pengembangan sistem ini, diantaranya adalah :

1. *Input* yang diterima sistem berupa data anggota keluarga.
2. *Output* yang diberikan berupa komposisi makanan optimal.
3. Pengembangan sistem menggunakan Bahasa Pemrograman Node.js.
4. Algoritme yang diimplementasikan adalah algoritme genetika.

5.2 Implementasi Algoritme

Berikut penjelasan masing-masing algoritme yang diimplementasi untuk melakukan optimasi komposisi makanan untuk keluarga penderita diabetes melitus.

5.2.1 Implementasi Algoritme Genetika

Algoritme genetika merupakan proses induk dalam sistem. Pada algoritme ini dipanggil *method* lain yaitu *crossover*, *mutation*, *evaluate* dan *select* yang merupakan bagian dari algoritme genetika itu sendiri. Kode program algoritme genetika dijelaskan pada Kode Program 5.1.

```

1  run() {
2    // initialize population
3    this.initialPopulation = this.initializePopulation();
4
5    while (this.currentGeneration <
this.options.maxGeneration) {
6      // get the current generation population
7      // if its the first iteration, get the initial population
8      const currentPopulation = this.currentGeneration
9      ? this.generations[this.currentGeneration-1]
10     : this.initialPopulation;
11
12     // reproduce
13     const crossoverChildren =
this.crossover(currentPopulation);
14     const mutationChildren =
this.mutation(currentPopulation);
15     // combine all parent and child
16     const newPopulation = [...currentPopulation,
...crossoverChildren, ...mutationChildren];
17
18     // evaluate individuals
19     this.evaluate(newPopulation);
20     // select
21     const selectedPopulation = this.select(newPopulation);
22     // insert into generations array
23     this.generations.push(selectedPopulation);
24 }

```

Kode Program 5.1 Implementasi Algoritme Genetika

Berikut penjelasan dari Kode Program 5.1 :

1. Baris 3 melakukan pemanggilan *method* inialisasi populasi.
2. Baris 5 merupakan kondisi berhenti dari algoritme genetika.
3. Baris 13-14 melakukan reproduksi *crossover* dan *mutation*.
4. Baris 19 melakukan pemanggilan *method* untuk mengevaluasi *fitness* tiap individu.
5. Baris 22 melakukan pemanggilan *method* untuk menyeleksi individu untuk iterasi berikutnya.

5.2.2 Implementasi Algoritme Inisialisasi Populasi Awal

Dalam algoritme inisialisasi populasi awal, dilakukan pembentukan populasi dengan kromosom berupa nilai *integer* acak antara 1 sampai 50. Kode program algoritme inisialisasi populasi awal dijelaskan pada Kode Program 5.2.

```

1 initializePopulation() {
2   // container
3   const population = [];
4
5   // loop until popsize
6   for (let i = 0; i < this.options.populationSize; i += 1) {
7     // seed the individual
8     const genLength = daysCount * 15;
9
10    // generate chromosome
11    // container
12    const chromosome = [];
13    while (chromosome.length < genLength) {
14      chromosome.push(Math.round(randomDecimal(genMin,
15      genMax)));
16    }
17    population.push(chromosome);
18  }
19  return population;
20 }

```

Kode Program 5.2 Implementasi Algoritme Inisialisasi Populasi Awal

Berikut penjelasan dari Kode Program 5.2 :

1. Baris 6 perulangan sebanyak *populationSize*.
2. Baris 12-13 merupakan pembentukan kromosom dengan *integer* acak.

5.2.3 Implementasi Algoritme *Extended Intermediate Crossover*

Dalam algoritme *extended intermediate crossover*, dilakukan reproduksi dengan mengambil 2 *parent* acak kemudian menggunakan Persamaan 2.20 dan 2.21 untuk mendapatkan nilai gen baru. Kode program algoritme genetika dijelaskan pada Kode Program 5.3.

```

1 crossover(population) {
2   // get the children count needed
3   const childrenCount =
4     Math.ceil(this.options.populationSize *
5     this.options.crossoverRate);
6   // container
7   let children = [];
8
9   // loop until children count is more than needed
10  while (children.length < childrenCount) {
11    // get random parent
12    const mother = randomElem(population);
13    const father = randomElem(population);
14
15    // run crossover then concat it to children container
16    // container
17    const c1 = [];
18    const c2 = [];
19  }
20 }

```




```

18 // loop each gen
19 for (let i = 0; i < mother.length; i += 1) {
20     const a = randomDecimal(aMin, aMax);
21
22     // C1 = P1 + a(P2-P1)
23     c1.push(Math.abs(Math.ceil(mother[i] + a * (father[i]-
mother[i]))));
24     // C2 = P2 + a(P1-P2)
25     c2.push(Math.abs(Math.ceil(father[i] + a * (mother[i]-
father[i]))));
26 }
27 children = children.concat([c1,c2]);
28 }
29
30 // only return needed children
31 return children.slice(0, childrenCount);
32 }

```

Kode Program 5.3 Implementasi Algoritme *Extended Intermediate Crossover*

Berikut penjelasan dari Kode Program 5.3 :

1. Baris 3 menghitung jumlah *offspring* yang direproduksi.
2. Baris 10-11 mengambil 2 parent acak.
3. Baris 19-26 merupakan penggunaan Persamaan 2.20 dan 2.21 untuk mendapatkan nilai gen baru.

5.2.4 Implementasi Algoritme *Reciprocal Exchange Mutation*

Dalam algoritme *reciprocal exchange*, dilakukan reproduksi dengan mengambil 1 *parent* acak kemudian menggunakan menukarkan 2 gennya untuk mendapatkan *child*. Kode program algoritme genetika dijelaskan pada Kode Program 5.4.

```

1 mutation(population) {
2 // get the children count needed
3 const childrenCount = Math.ceil(
this.options.populationSize * this.options.mutationRate);
4 // container
5 const children = [];
6
7 // loop until children count is more than needed
8 while (children.length < childrenCount) {
9 // get random parent
10 const parent = randomElem(population);
11
12 // generate 2 point
13 const [firstPoint, secondPoint] =
[randomInt(parent.length), randomInt(parent.length)];
14
15 // clone parent
16 const child = parent.slice(0);
17
18 // exchange
19 const temp = child[firstPoint];
20 child[firstPoint] = child[secondPoint];
21 child[secondPoint] = temp;
22
23 // run mutation then push it to children container

```

```

24     children.push(child);
25     }
26
27     // only return needed children
28     return children.slice(0, childrenCount);
29     }

```

Kode Program 5.4 Implementasi Algoritme *Reciprocal Exchange Mutation*

Berikut penjelasan dari Kode Program 5.4 :

1. Baris 3 menghitung jumlah *offspring* yang direproduksi.
2. Baris 10 mengambil 1 *parent* acak.
3. Baris 19-21 menukarkan 2 gen acak.

5.2.5 Implementasi Algoritme *Elitism Selection*

Dalam algoritme *elitism selection*, dilakukan pengurutan populasi dari individu dengan nilai *fitness* terbesar ke terkecil. Kemudian populasi diambil sebanyak *populationSize*. Kode program algoritme genetika dijelaskan pada Kode Program 5.5.

```

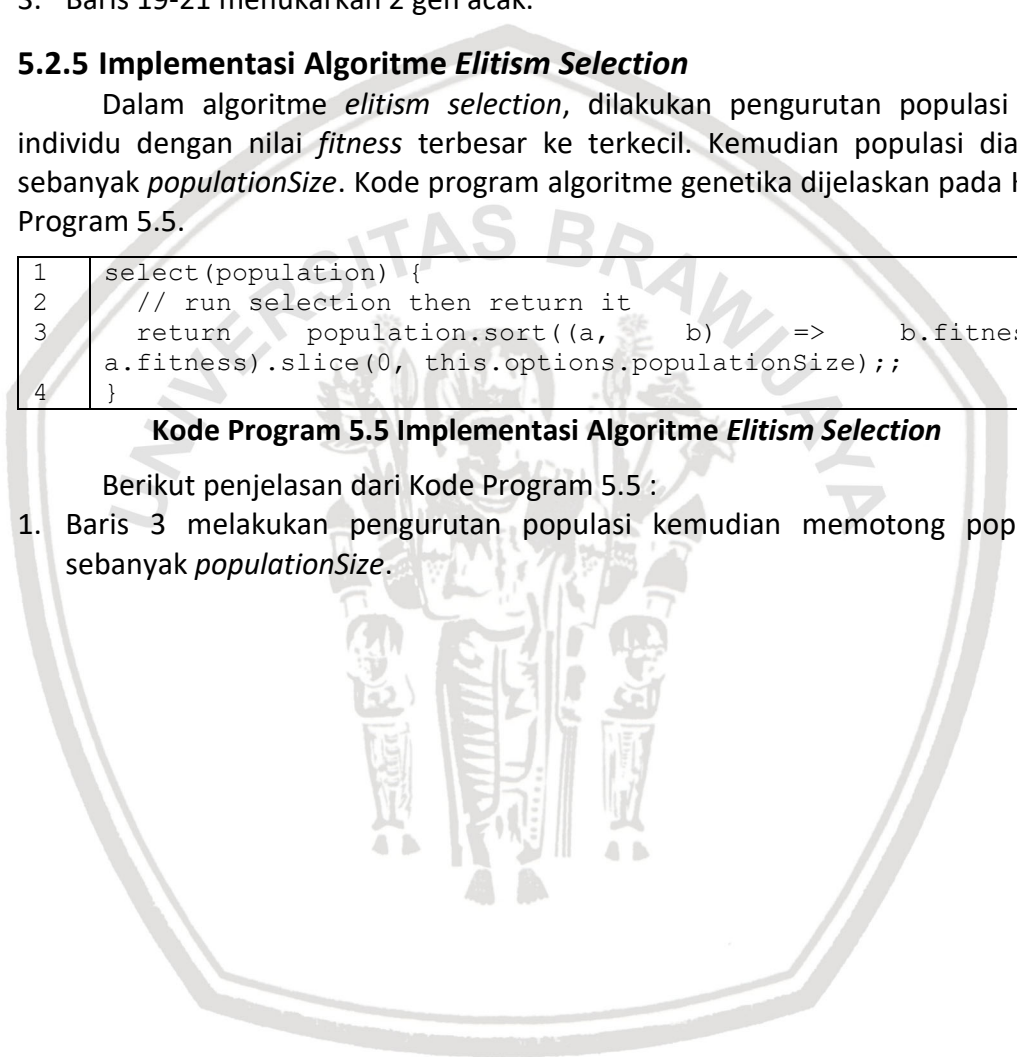
1     select(population) {
2         // run selection then return it
3         return    population.sort((a,    b) =>    b.fitness-
4         a.fitness).slice(0, this.options.populationSize);
5     }

```

Kode Program 5.5 Implementasi Algoritme *Elitism Selection*

Berikut penjelasan dari Kode Program 5.5 :

1. Baris 3 melakukan pengurutan populasi kemudian memotong populasi sebanyak *populationSize*.



BAB 6 PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan tentang hasil pengujian dari sistem optimasi komposisi makanan untuk keluarga penderita diabetes menggunakan algoritme genetika. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian ukuran populasi, kombinasi *crossover rate* dan *mutation rate* dan jumlah generasi.

6.1 Pengujian Ukuran Populasi

Pengujian pertama yang dilakukan adalah pengujian ukuran populasi yang dilakukan untuk mendapatkan ukuran populasi yang dapat menghasilkan solusi terbaik. Pengujian ukuran populasi dilakukan 5 kali dengan 10 ukuran populasi yang berbeda kemudian dihitung rata-rata *fitness* yang didapat. Berikut parameter algoritme genetika yang digunakan pada pengujian ukuran populasi:

- Jumlah Generasi : 30
- Crossover Rate* : 0,6
- Mutation Rate* : 0,4
- α : [-0,25..1,25]

6.1.1 Hasil Pengujian Ukuran Populasi

Hasil pengujian berdasarkan ukuran populasi yang diuji sebanyak 5 kali dan rata-rata *fitness*nya dapat dilihat pada Tabel 6.1.

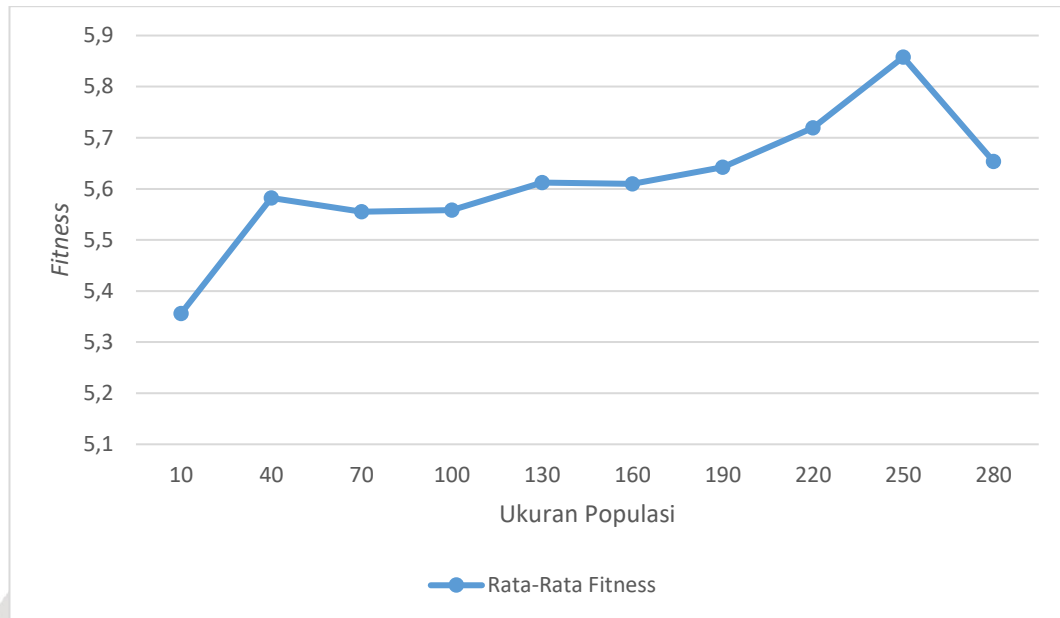
Tabel 6.1 Hasil Pengujian Variasi Fitur

Ukuran Populasi	Nilai Fitness Pengujian ke- <i>i</i>					Rata-Rata Fitness
	1	2	3	4	5	
10	5,5672	5,5139	5,3278	5,3454	5,0269	5,3562
40	5,7016	5,7237	5,3967	5,4669	5,6225	5,5823
70	5,6667	5,4754	5,5525	5,6936	5,3878	5,5552
100	5,6524	5,5297	5,4348	5,5757	5,6007	5,5586
130	5,5720	5,6462	5,7526	5,5875	5,5033	5,6123
160	5,6720	5,7133	5,5513	5,4216	5,6894	5,6095
190	5,5170	5,6815	5,8326	5,5245	5,6549	5,6421
220	5,6035	5,7795	5,6866	5,8814	5,6462	5,7195
250	5,8696	5,7657	5,9151	5,7264	6,0112	5,8576
280	5,5766	5,5421	5,5305	5,8884	5,7302	5,6536

6.1.2 Analisis Pengujian Variasi Fitur

Berdasarkan pada Tabel 6.1 diketahui bahwa secara umum semakin banyak ukuran populasi, semakin tinggi rata-rata *fitness* yang didapat.

Diketahui juga bahwa rata-rata *fitness* tertinggi sebesar 5.8576 pada ukuran populasi 250 dengan *fitness* tertinggi pada pengujian ke-5 dengan *fitness* 6,0112. Sehingga ukuran populasi 250 akan digunakan untuk pengujian selanjutnya. Hasil pengujian ukuran populasi digambarkan pada Gambar 6.1.



Gambar 6.1 Grafik Rata-Rata Fitness Hasil Pengujian Ukuran Populasi

6.2 Pengujian Kombinasi *Crossover Rate* dan *Mutation Rate*

Pengujian kombinasi *crossover rate* dan *mutation rate* dilakukan untuk mendapatkan kombinasi *crossover rate* dan *mutation rate* yang dapat menghasilkan solusi terbaik. Pengujian kombinasi *crossover rate* dan *mutation rate* dilakukan 5 kali dengan 11 kombinasi *crossover rate* dan *mutation rate* yang berbeda kemudian dihitung rata-rata *fitness* yang didapat. Berikut parameter algoritme genetika yang digunakan pada pengujian kombinasi *crossover rate* dan *mutation rate*:

- a. Jumlah Generasi : 30
- b. Ukuran Populasi : 250
- c. α : [-0,25..1,25]

6.2.1 Hasil Pengujian Kombinasi *Crossover Rate* dan *Mutation Rate*

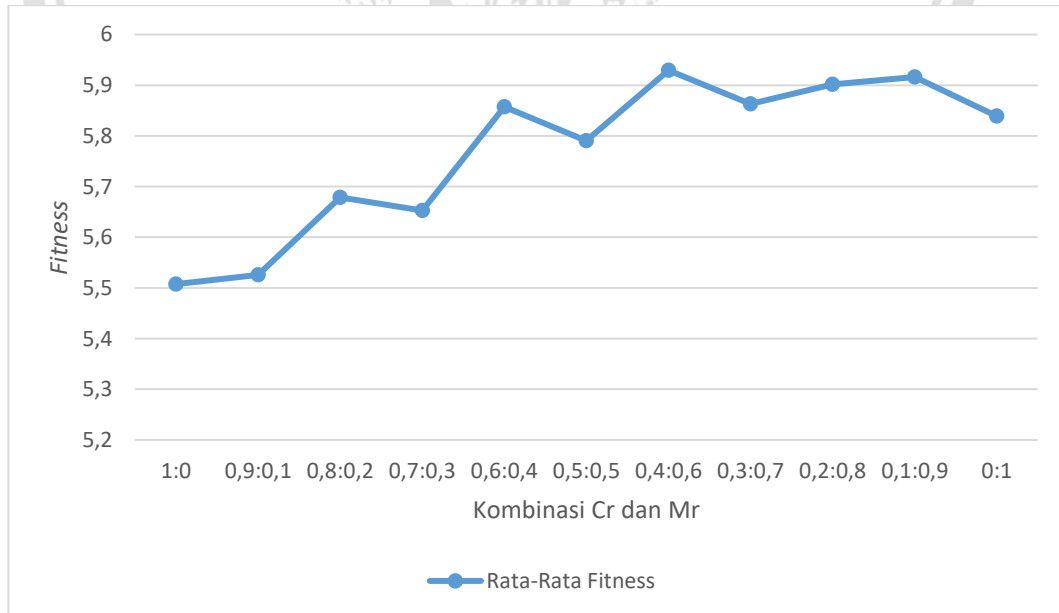
Hasil pengujian berdasarkan kombinasi *crossover rate* dan *mutation rate* yang diuji sebanyak 5 kali dan rata-rata *fitness*nya dapat dilihat pada Tabel 6.2.

Tabel 6.2 Hasil Pengujian Kombinasi *Crossover Rate* dan *Mutation Rate*

Cr	Mr	Nilai <i>Fitness</i> Pengujian ke- <i>i</i>					Rata-Rata <i>Fitness</i>
		1	2	3	4	5	
1	0	5,5532	5,3820	5,7002	5,6078	5,2943	5,5075
0,9	0,1	5,5993	5,3769	5,6468	5,4099	5,5969	5,5260
0,8	0,2	5,6332	5,5839	5,7567	5,7065	5,7134	5,6787
0,7	0,3	5,5385	5,6553	5,5453	5,8395	5,6859	5,6529
0,6	0,4	5,8696	5,7657	5,9151	5,7264	6,0112	5,8576
0,5	0,5	5,7319	6,1001	5,7486	5,7784	5,5935	5,7905
0,4	0,6	5,7585	5,9426	5,7408	6,0972	6,1079	5,9294
0,3	0,7	5,8142	6,1069	5,9570	5,7653	5,6711	5,8629
0,2	0,8	5,8725	5,7512	6,0795	5,9240	5,8802	5,9015
0,1	0,9	5,7905	6,0374	5,8346	5,8410	6,0760	5,9159
0	1	5,8046	5,7805	5,6235	6,0693	5,9179	5,8392

6.2.2 Analisis Pengujian Kombinasi *Crossover Rate* dan *Mutation Rate*

Berdasarkan pada Tabel 6.2 diketahui bahwa rata-rata *fitness* dari nilai *mutation rate* yang lebih tinggi dibanding nilai *crossover rate* secara konsisten lebih tinggi. Diketahui juga bahwa rata-rata *fitness* tertinggi sebesar 5,9294 pada kombinasi *crossover rate* 0,4 dan *mutation rate* 0,6 dengan *fitness* tertinggi pada pengujian ke-5 dengan *fitness* 6,1079. Sehingga kombinasi *crossover rate* 0,4 dan *mutation rate* 0,6 akan digunakan untuk pengujian selanjutnya. Hasil pengujian kombinasi *crossover rate* dan *mutation rate* digambarkan pada Gambar 6.2.



Gambar 6.2 Grafik Rata-Rata *Fitness* Hasil Pengujian Kombinasi *Crossover Rate* dan *Mutation Rate*



6.3 Pengujian Konvergensi

Pengujian konvergensi dilakukan untuk mencari jumlah generasi dimana terjadi konvergensi. Konvergensi terjadi ketika nilai *fitness* mencapai kondisi optimum dan tidak berubah digenerasi-generasi selanjutnya. Pengujian konvergensi dilakukan 5 kali kemudian dibandingkan *fitness* tertinggi pada tiap generasinya. Berikut parameter algoritme genetika yang digunakan pada pengujian jumlah generasi:

- a. Jumlah Generasi : 1000
- b. Ukuran Populasi : 250
- c. *Crossover Rate* : 0,4
- d. *Mutation Rate* : 0,6
- e. α : [-0,25..1,25]

6.3.1 Hasil Pengujian Konvergensi

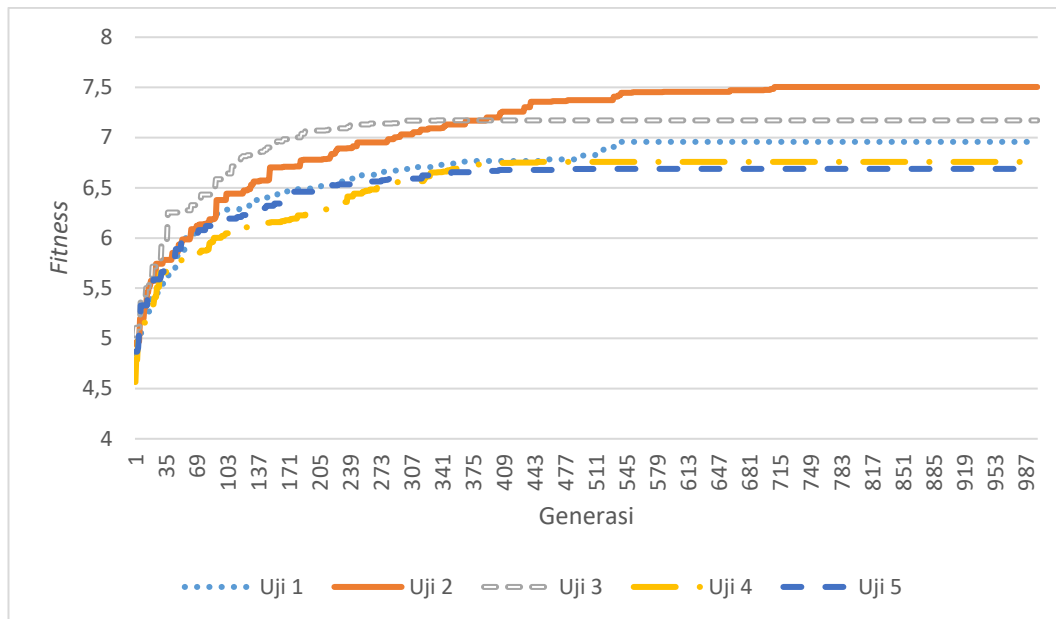
Hasil pengujian konvergensi yang diuji sebanyak 5 kali dan *fitness* tertingginya dapat dilihat pada Tabel 6.3.

Tabel 6.3 Hasil Pengujian Konvergensi

Generasi ke-	<i>Fitness</i> Tertinggi Pengujian ke- <i>i</i>				
	1	2	3	4	5
1	4,8474	4,9437	5,0283	4,5649	4,8675
100	6,2831	6,3772	6,6430	6,0345	6,1913
200	6,4933	6,7804	7,0702	6,2773	6,4728
300	6,6883	7,0326	7,1683	6,5554	6,5874
400	6,7666	7,2010	7,1716	6,7422	6,6671
500	6,8209	7,3717	7,1716	6,7582	6,6865
600	6,9576	7,4552	7,1716	6,7582	6,6886
708	6,9576	7,4841	7,1716	6,7582	6,6886
709	6,9576	7,5044	7,1716	6,7582	6,6886
1000	6,9576	7,5044	7,1716	6,7582	6,6886

6.3.2 Analisis Pengujian Konvergensi

Hasil pengujian konvergensi digambarkan pada Gambar 6.3.



Gambar 6.3 Grafik Pengujian Konvergensi

Dari Gambar 6.3 didapatkan pada generasi-generasi awal yaitu 1-307 terjadi peningkatan nilai *fitness* yang signifikan. Hal ini menunjukkan evolusi terjadi dengan baik. Pada beberapa generasi lain terjadi perbaikan-perbaikan yang menunjukkan algoritme tidak terjebak optimum lokal, seperti pada generasi 341 pada pengujian ke-5 atau pada generasi 443 pada pengujian ke-2.

Berdasarkan pada Tabel 6.3 dan Gambar 6.3 diketahui bahwa *fitness* tertinggi tidak berubah setelah generasi ke-709 dan algoritme mencapai optimum global. Maka terjadi konvergensi nilai *fitness* pada generasi ke-709 dan untuk analisis global akan digunakan parameter jumlah generasi sebanyak 709.

6.4 Analisis Global

Pada analisis global dilakukan perbandingan antara komposisi makanan hasil keluaran sistem dengan data kebutuhan gizi aktual yang didapatkan dari pakar. Analisis global dilakukan menggunakan parameter-parameter optimal yang didapatkan dari pengujian sebelumnya. Berikut parameter yang digunakan.

- a. Jumlah Generasi : 709
- b. Ukuran Populasi : 250
- c. *Crossover Rate* : 0,4
- d. *Mutation Rate* : 0,6
- e. α : [-0,25..1,25]

Data kebutuhan gizi aktual yang didapatkan dari pakar berjumlah 3 keluarga dan dapat dilihat pada Tabel 6.4.

Tabel 6.4 Data Kebutuhan Gizi Aktual

Keluarga ke-	Anggota Keluarga	Kalori (kcal)	Karbohidrat (gram)	Protein (gram)	Lemak (gram)
1	Nenek	1250,00	171,88	78,13	27,78
	Ibu	1421,50	195,46	88,84	31,59
	Ayah (DM)	1783,86	245,28	111,49	39,64
	Anak 1	1944,00	267,30	121,50	43,20
	Anak 2	1623,18	223,19	101,45	36,07
2	Ayah	1930,00	265,38	120,63	42,89
	Ibu (DM)	1387,44	190,77	86,72	30,83
	Anak 1	1696,50	233,27	106,03	37,70
	Anak 2	1822,36	250,57	113,90	40,50
3	Ayah	1794,00	246,68	112,13	39,87
	Ibu (DM)	1324,38	182,10	82,77	29,43
	Anak 1	2127,00	292,46	132,94	47,27
	Anak 2	1810,14	248,89	113,13	40,23

Langkah selanjutnya, dari susunan komposisi makanan hasil keluaran sistem dihitung gizinya. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 6.5.

Tabel 6.5 Data Perhitungan Gizi Hasil Sistem

Keluarga ke-	Anggota Keluarga	Kalori (kcal)	Karbohidrat (gram)	Protein (gram)	Lemak (gram)
1	Nenek	1183,99	214,84	46,93	10,44
	Ibu	1412,24	265,68	51,09	10,44
	Ayah (DM)	1775,81	348,78	59,40	10,44
	Anak 1	2019,39	405,29	64,30	10,44
	Anak 2	1474,03	280,63	51,84	10,44
2	Ayah	1871,02	316,62	63,29	33,21
	Ibu (DM)	1556,27	244,68	56,10	33,21
	Anak 1	1608,17	257,31	56,75	33,21
	Anak 2	1561,63	248,00	56,75	33,21
3	Ayah	1980,94	323,48	66,90	40,42
	Ibu (DM)	1563,19	228,00	57,35	40,42
	Anak 1	2050,57	339,40	68,49	40,42
	Anak 2	1632,82	243,91	58,95	40,42

Dari perhitungan gizi hasil keluaran sistem, dihitung selisihnya ditunjukkan pada Tabel 6.6. Selisih juga ditampilkan dalam bentuk persentase ditunjukkan Tabel 6.7.

Tabel 6.6 Data Selisih Absolut Sistem dengan Aktual Pada Seluruh Anggota Keluarga

Keluarga ke-	Anggota Keluarga	Kalori (kkal)	Karbohidrat (gram)	Protein (gram)	Lemak (gram)
1	Nenek	66,01	42,96	31,20	17,34
	Ibu	9,26	70,22	37,75	21,15
	Ayah (DM)	8,05	103,50	52,09	29,20
	Anak 1	75,39	137,99	57,20	32,76
	Anak 2	149,15	57,44	49,61	25,63
2	Ayah	58,98	51,24	57,34	9,68
	Ibu (DM)	168,83	53,91	30,62	2,38
	Anak 1	88,33	24,04	49,28	4,49
	Anak 2	260,73	2,57	57,15	7,29
3	Ayah	186,94	76,80	45,23	0,55
	Ibu (DM)	238,81	45,90	25,42	10,99
	Anak 1	76,43	46,94	64,45	6,85
	Anak 2	177,32	4,98	54,18	0,19
Rata-rata selisih		120,33	55,27	47,04	12,96

Tabel 6.7 Data Persentase Selisih Absolut Sistem dengan Aktual Pada Seluruh Anggota Keluarga

Keluarga ke-	Anggota Keluarga	Kalori	Karbohidrat	Protein	Lemak
1	Nenek	5,28%	19,99%	39,93%	62,44%
	Ibu	0,65%	26,43%	42,50%	66,97%
	Ayah (DM)	0,45%	29,68%	46,72%	73,68%
	Anak 1	3,73%	34,05%	47,08%	75,84%
	Anak 2	9,19%	20,47%	48,91%	71,07%
2	Ayah	3,06%	16,18%	47,53%	22,58%
	Ibu (DM)	10,85%	22,03%	35,31%	7,16%
	Anak 1	5,21%	9,34%	46,47%	11,92%
	Anak 2	14,31%	1,02%	50,17%	18,01%
3	Ayah	9,44%	23,74%	40,33%	1,36%
	Ibu (DM)	15,28%	20,13%	30,71%	27,19%
	Anak 1	3,59%	13,83%	48,48%	14,49%
	Anak 2	9,80%	2,00%	47,90%	0,47%
Rata-rata selisih		6,99%	18,38%	44,00%	34,86%

Juga dihitung rata-rata selisih untuk tiap anggota keluarga yang sehat dan tiap anggota keluarga yang merupakan penderita diabetes melitus. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 6.8 dan 6.9.

Tabel 6.8 Data Selisih Absolut Sistem dengan Aktual Pada Anggota Keluarga Sehat

Keluarga ke-	Anggota Keluarga	Kalori	Karbohidrat	Protein	Lemak
1	Nenek	5,28%	19,99%	39,93%	62,44%
	Ibu	0,65%	26,43%	42,50%	66,97%
	Anak 1	3,73%	34,05%	47,08%	75,84%
	Anak 2	9,19%	20,47%	48,91%	71,07%
2	Ayah	3,06%	16,18%	47,53%	22,58%
	Anak 1	5,21%	9,34%	46,47%	11,92%
	Anak 2	14,31%	1,02%	50,17%	18,01%
3	Ayah	9,44%	23,74%	40,33%	1,36%
	Anak 1	3,59%	13,83%	48,48%	14,49%
	Anak 2	9,80%	2,00%	47,90%	0,47%
Rata-rata selisih		6,43%	16,71%	45,93%	34,52%

Tabel 6.9 Data Selisih Absolut Sistem dengan Aktual Pada Anggota Keluarga Penderita Diabetes Melitus

Keluarga ke-	Anggota Keluarga	Kalori	Karbohidrat	Protein	Lemak
1	Ayah (DM)	0,45%	29,68%	46,72%	73,68%
2	Ibu (DM)	10,85%	22,03%	35,31%	7,16%
3	Ibu (DM)	15,28%	20,13%	30,71%	27,19%
Rata-rata selisih		8,86%	23,95%	37,58%	36,01%

Dari Tabel 6.7 didapatkan rata-rata selisih absolut sistem dengan aktual pada seluruh anggota keluarga yaitu kalori sebesar 6,99%, karbohidrat sebesar 18,38%, protein sebesar 44,00%, dan lemak sebesar 34,86%. Dari Tabel 6.8 dimana hanya dihitung selisih pada anggota keluarga yang sehat rata-rata selisih kalori sebesar 6,43%, rata-rata selisih karbohidrat sebesar 16,71%, rata-rata selisih protein sebesar 45,93%, dan rata-rata selisih lemak sebesar 34,52%. Dari Tabel 6.9 dimana hanya dihitung selisih pada anggota keluarga penderita diabetes melitus rata-rata selisih kalori sebesar 8,86%, rata-rata selisih karbohidrat sebesar 23,95%, rata-rata selisih protein sebesar 37,58%, dan rata-rata selisih lemak sebesar 36,01%. Dari Tabel 6.7, 6.8, dan 6.9 rata-rata selisih terkecil adalah kalori, sedangkan yang terbesar adalah protein.

Dari wawancara dengan pakar didapatkan bahwa batas toleransi selisih kebutuhan gizi dengan gizi yang dikonsumsi adalah sebesar 10%. Sehingga dari Tabel 6.7, 6.8, dan 6.9 didapatkan hanya kandungan kalori yang memenuhi standar pakar. Dari Tabel 6.6 didapatkan bahwa dengan hanya menggunakan nominal gizi menyebabkan terjadinya ketidakseimbangan dimana rata-rata selisih kalori jauh lebih besar dibandingkan gizi lainnya. Hal ini menyebabkan sistem lebih mengutamakan untuk mengoptimasi berdasarkan penalti kalori dibandingkan dengan penalti gizi lainnya.

Sistem juga menghasilkan keluaran berupa komposisi makanan sehari-hari beserta rekap belanja untuk 7 hari yang optimal mendekati kebutuhan gizi pasien. Kemudian dibandingkan biaya konsumsi perhari aktual tiap keluarga dengan biaya dari konsumsi makanan hasil sistem yang ditunjukkan pada Tabel 6.10.

Tabel 6.10 Perbandingan Biaya Konsumsi Perhari Aktual dengan Biaya Konsumsi Rata-Rata Perhari Sistem

Keluarga ke-	Biaya Konsumsi Perhari Aktual	Biaya Konsumsi Perhari Sistem	Hemat
1	Rp100.000,00	Rp94.220,85	Rp5.779,15 (5,78%)
2	Rp250.000,00	Rp90.484,26	Rp159.515,74 (63,81%)
3	Rp100.000,00	Rp87.794,63	Rp12.205,37 (12,21%)

Dari Tabel 6.10 didapatkan pada keluarga ke-1 biaya konsumsi perhari sistem lebih hemat sebesar Rp5.779,15 atau 5,78%. Pada keluarga ke-2 biaya konsumsi perhari sistem lebih hemat sebesar Rp159.515,71 atau 63,81%. Dan pada keluarga ke-3 biaya konsumsi perhari sistem lebih hemat sebesar Rp12.205,37 atau 12,21%. Rata-rata penghematan biaya perhari sistem sebesar Rp59.166,75 atau 27,27%.

Selain membandingkan dengan biaya konsumsi rata-rata perhari sistem, juga dilakukan perbandingan dengan biaya konsumsi sistem pada hari dengan biaya terkecil seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6.11.

Tabel 6.11 Perbandingan Biaya Konsumsi 1 Hari Aktual dengan Biaya Konsumsi 1 Hari Terkecil Sistem

Keluarga ke-	Biaya Konsumsi 1 Hari Aktual	Biaya Konsumsi 1 Hari Terkecil Sistem		Hemat
		Hari ke-	Biaya	
1	Rp100.000,00	4	Rp79.893,75	Rp20.106,25 (20,11%)
2	Rp250.000,00	5	Rp66.733,00	Rp183.267,00 (73,31%)
3	Rp100.000,00	2	Rp66.092,80	Rp33.907,20 (33,91%)

Dari Tabel 6.11 didapatkan pada keluarga ke-1 biaya konsumsi 1 hari terkecil sistem lebih hemat sebesar Rp20.106,25 atau 20,11%. Pada keluarga ke-2 biaya konsumsi 1 hari terkecil sistem lebih hemat sebesar Rp183.267,00 atau 73,31%. Dan pada keluarga ke-3 biaya konsumsi 1 hari terkecil sistem lebih hemat sebesar Rp33.907,20 atau 33,91%. Rata-rata penghematan biaya 1 hari terkecil sistem sebesar 42,44%.

Susunan komposisi makanan hasil sistem dapat dilihat pada Tabel 6.12, rekap belanja pada Tabel 6.13, dan lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran C.

Tabel 6.12 Data Komposisi Makanan Harian Hasil Sistem Keluarga Ke-1

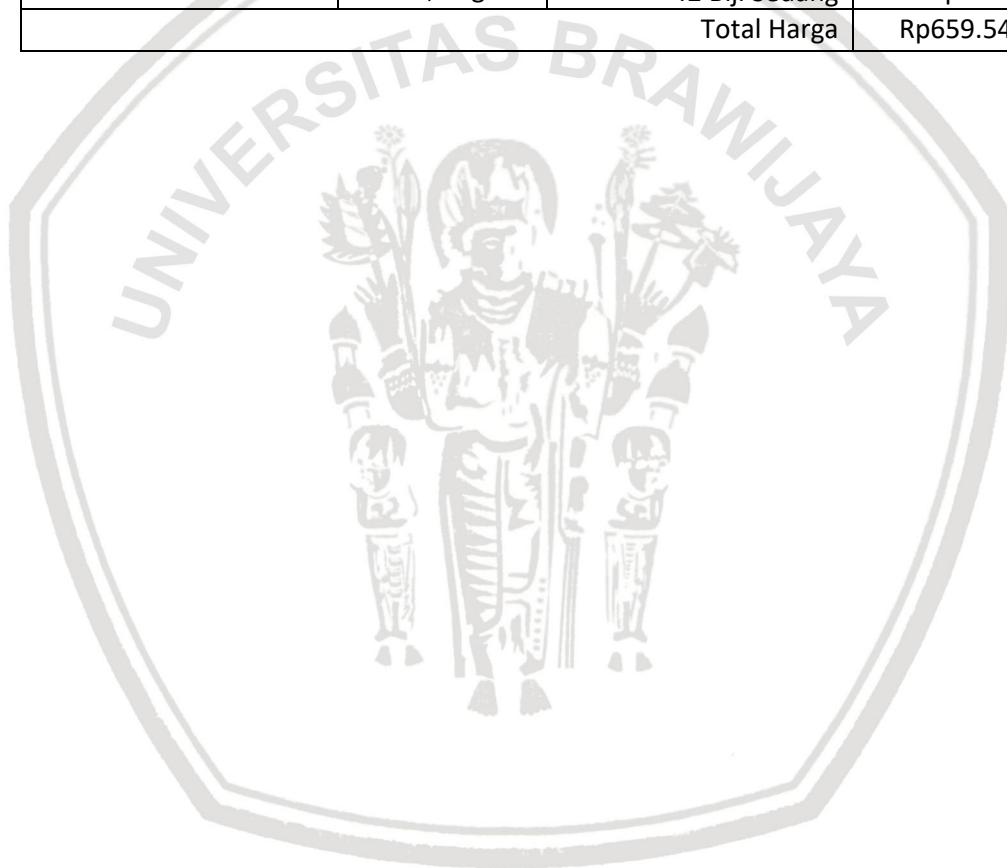
Hari ke-	Waktu Makan	Nama Makanan	Porsi (gram)				
			Nenek	Ibu	Ayah	Anak 1	Anak 2
1	Pagi	Beras 1/2 giling	87,50	112,50	162,50	200,00	125,00
		Kacang kedelai	11,25	11,25	11,25	11,25	11,25
		hati ayam	22,50	22,50	22,50	22,50	22,50
		kol	100,00	100,00	100,00	75,00	75,00
		kurma	15,00	18,75	18,75	18,75	18,75
	Siang	Singkong	168,00	216,00	312,00	384,00	240,00
		Kacang kedelai	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
		ikan lemuru	42,00	42,00	42,00	42,00	42,00
		labu siam	160,00	160,00	160,00	120,00	120,00
		alpokat	80,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Malam	Tape Beras Ketan	122,50	157,50	227,50	280,00	175,00	
	Petai Segar	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	
	ikan lemuru	36,75	36,75	36,75	36,75	36,75	
	daun kecipir	140,00	140,00	140,00	105,00	105,00	
	kurma	21,00	26,25	26,25	26,25	26,25	
2	Pagi	Tape Singkong	87,50	112,50	162,50	200,00	125,00
		Kacang kedelai	11,25	11,25	11,25	11,25	11,25
		telur puyuh	41,25	41,25	41,25	41,25	41,25
		angka muda	100,00	100,00	100,00	75,00	75,00
		sawo	50,00	62,50	62,50	62,50	62,50

Hari ke-	Waktu Makan	Nama Makanan	Porsi (gram)				
			Nenek	Ibu	Ayah	Anak 1	Anak 2
2	Siang	Singkong	168,00	216,00	312,00	384,00	240,00
		Kacang kedelai	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
		selar kering	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00
		labu waluh	160,00	160,00	160,00	120,00	120,00
		nangka masak	80,00	100,00	100,00	100,00	100,00
	Malam	Tape Singkong	122,50	157,50	227,50	280,00	175,00
		Kacang kedelai	15,75	15,75	15,75	15,75	15,75
		telur ayam	57,75	57,75	57,75	57,75	57,75
		daun kecipir	140,00	140,00	140,00	105,00	105,00
		sirsak	84,00	105,00	105,00	105,00	105,00

Tabel 6.13 Rekap Belanja 7 Hari Hasil Sistem Keluarga Ke-1

Nama Makanan	Berat (gram)	Ukuran Rumah Tangga	Harga
Tape Beras Ketan	7875,00 gram	394 Sendok Makan	Rp11.250,00
Oncom	1440,00 gram	58 Potong Besar	Rp43.680,00
telur bebek asin	495,00 gram	10 Butir	Rp20.800,00
pepaya muda	1440,00 gram	15 Gelas	Rp13.200,00
sirsak	2820,00 gram	24 Gelas	Rp49.200,00
Singkong	1200,00 gram	15 Potong	Rp32.400,00
kuning telur ayam	1053,00 gram	94 Butir	Rp25.600,00
kol	960,00 gram	10 Gelas	Rp11.200,00
sawo	1050,00 gram	21 Buah Sedang	Rp18.000,00
Tape Singkong	1500,00 gram	15 Potong Sedang	Rp32.352,00
Petai Segar	144,00 gram	8 Biji	Rp18.750,00
ikan lemuru	567,00 gram	17 Potong Sedang	Rp25.600,01
kangkung	1140,00 gram	12 Gelas	Rp25.200,00
Kacang Merah	150,00 gram	15 Sendok Makan	Rp7.904,00
ikan mas	459,00 gram	4 Ekor Sedang	Rp12.600,00
kurma	270,00 gram	54 Buah	Rp33.600,00
Kacang kedelai	558,00 gram	93 Sendok Makan	Rp24.000,00
labu waluh	2100,00 gram	21 Gelas	Rp17.316,00
srikaya	750,00 gram	30 Buah Besar	Rp29.005,80
Biskuit	850,00 gram	85 Buah Besar	Rp8.160,00
daun pepaya	300,00 gram	3 Gelas	Rp14.400,00

Nama Makanan	Berat (gram)	Ukuran Rumah Tangga	Harga
daun katuk	1680,00 gram	17 Gelas	Rp4.000,00
alpokat	750,00 gram	8 Buah Besar	Rp21.600,00
belut	540,00 gram	36 Ekor	Rp12.000,00
salak	325,00 gram	10 Buah Sedang	Rp21.760,00
Tahu	480,00 gram	10 Potong Sedang	Rp16.800,00
pare	480,00 gram	5 Gelas	Rp18.000,00
sosis	450,00 gram	5 Potong	Rp7.200,00
Mie Kering	2500,00 gram	50 Gelas	Rp11.040,00
belewah	490,00 gram	7 Potong Sedang	Rp17.280,00
nangka masak	600,00 gram	36 Biji Sedang	Rp10.150,00
buncis	300,00 gram	3 Gelas	Rp14.498,16
bakso	714,00 gram	42 Biji Sedang	Rp6.000,00
Total Harga			Rp659.545,97



BAB 7 PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Pada permasalahan optimasi komposisi makanan untuk keluarga penderita diabetes melitus menggunakan algoritme genetika dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Hasil dari optimasi komposisi makanan untuk keluarga penderita diabetes melitus menggunakan algoritme genetika berupa susunan makanan sehari-hari selama 7 hari dan 3 waktu makan sehari. Kualitas solusi ditunjukkan oleh nilai *fitness* yang semakin tinggi berarti solusi yang dihasilkan semakin baik. Kandungan kalori komposisi makanan yang dihasilkan memenuhi standar pakar pada keluarga 1, 2, dan 3 dengan rata-rata selisih 6,99%. Sedangkan untuk kandungan gizi lainnya belum memenuhi standar pakar. Terdapat penghematan pada biaya konsumsi perhari hasil sistem dibandingkan aktual dengan rata-rata penghematan sebesar 27,27%.
2. Nilai parameter terbaik dari permasalahan optimasi komposisi makanan untuk keluarga penderita diabetes melitus menggunakan algoritme genetika yaitu jumlah generasi sebanyak 709; ukuran populasi sebanyak 250; *crossover rate* sebesar 0,4; dan *mutation rate* sebesar 0,6.

7.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya disarankan:

1. Batasan penelitian yang mengabaikan menu makanan menjadikan komposisi makanan hasil sistem tidak memiliki kecocokan antara komposisi satu dengan yang lainnya. Agar makanan lebih mudah untuk diterapkan sehari-hari, sistem dapat dikembangkan untuk tidak mengabaikan bentuk menu makanan.
2. Dari analisis global didapatkan bahwa saat membandingkan penalti gizi berdasarkan nominalnya saja kalori lebih signifikan dalam menentukan *fitness* gizi dibanding gizi lainnya karena nominalnya yang lebih besar. Oleh karena itu sistem dapat dikembangkan misalnya dengan melakukan pembobotan gizi dalam menghitung *fitness* gizi agar tiap gizi sama-sama signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ernawati, 2013. *Pelaksanaan Keperawatan Diabetes Mellitus Terpadu*. Jakarta: Mitra Wacana Medika.
- Gen, M. & Cheng, R., 1997. *Genetic Algorithm and Engineering Design*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Hardiansyah, Riyadi H., & Napitupulu V., 2012. *Kecukupan Energi, Protein, Lemak, dan Karbohidrat*. Jakarta: WNP 2012.
- International Diabetes Federation, 2017. *IDF Diabetes Atlas Eight Edition*. [pdf] International Diabetes Federation. Tersedia di: <<http://diabetesatlas.org/resources/2017-atlas.html>> [Diakses 12 Februari 2018].
- Kementerian Kesehatan RI, 2014. *Pedoman Gizi Seimbang*. [pdf] Kementerian Kesehatan RI. Tersedia di: <<http://gizi.depkes.go.id/download/Pedoman%20Gizi/PGS%20Ok.pdf>> [Diakses 12 Februari 2018].
- Mahmudy, W. F., 2015. *Dasar-Dasar Algoritma Evolusi*. Malang: Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer.
- Maryamah, M., Putri, R. & Wicaksono, S., 2017. *Optimasi Komposisi Makanan Pada Penderita Diabetes Melitus dan Komplikasinya Menggunakan Algoritme Genetika*. Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, vol. 1, no. 4, p. 270-281, mei 2017.
- Nurfadilla, S., Cholissodin, I. & Sutrisno, S., 2017. *Penyusunan Bahan Makanan Keluarga Penderita Penyakit Hiperkolesterolemia Menggunakan Algoritme Genetika*. Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, vol. 2, no. 8, p. 2979-2986, sep. 2017.
- Perkumpulan Endokrinologi Indonesia, 2015. *Konsensus Pengelolaan dan Pencegahan Diabetes Melitus Tipe 2 di Indonesia*. [pdf] Perkumpulan Endokrinologi Indonesia. Tersedia di: <<http://www.pbperkeni.or.id/newperkeni/panduan-guideline/>> [Diakses 19 Februari 2018].
- Santosa, A., Trijayanto, P.A. & Endiyono, 2017. Hubungan Riwayat Garis Keturunan dengan Usia Terdiagnosis Diabetes Melitus Tipe II. *The 6th University Research Colloquium 2017*, [online] Tersedia di: <<http://journal.ummgl.ac.id/index.php/urecol/article/download/849/824/>> [Diakses 7 Mei 2018].
- Suci, W.W., Mahmudy, W.F. & Putri, R.R.M., 2015. *Optimasi Biaya Pemenuhan Gizi Dan Nutrisi Pada Manusia Lanjut Usia Menggunakan Algoritme Genetika*, DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya. vol. 5, no.17.

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. *Algoritme Genetika*. Yogyakarta: Andi.

