

PENENTUAN KOMPOSISI BAHAN PANGAN UNTUK DIET PENYAKIT GINJAL DAN SALURAN KEMIH DENGAN ALGORITMA GENETIKA

Shofwatul 'Uyun¹, Sri Hartati²

¹Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga
Jl. Marsda Adisucipto No. 1 Yogyakarta 55281

²Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada
Sekip Utara, Bulaksumur, Yogyakarta

E-mail: shofwatul.uyun@uin-suka.ac.id, shartati@ugm.ac.id

ABSTRAK

Tujuan diet makanan adalah memberikan makanan sesuai dengan kebutuhan gizi untuk mencegah dan mengurangi kerusakan jaringan tubuh serta mempengaruhi proses penyembuhan. Ada lima jenis diet untuk penyakit ginjal dan saluran kemih antara lain : sindroma nefrotik, gagal ginjal akut, ginjal kronik, ginjal tahap akhir dan batu ginjal. Algoritma genetika yang merupakan salah satu metode optimasi dapat digunakan untuk menentukan komposisi bahan pangan yang terbaik. Pada penelitian ini digunakan 400 data bahan pangan yang didapatkan dari survey beserta kandungannya yang akan digunakan untuk pengujian. Data-data tersebut akan diproses menggunakan algoritma genetika yang didalamnya terdapat proses inisialisasi, evaluasi, seleksi, proses pindah silang dan mutasi. Dari data tersebut akan dibentuk populasi dengan jumlah yang bervariasi dengan setiap kromosomnya memiliki 10 gen dimana nilai dari masing-masing gen menunjukkan indeks nomor bahan pangan pada basis data. Nilai probabilitas pindah silang dan probabilitas mutasi ditentukan dengan beberapa variasi nilai untuk mendapatkan kombinasi yang memiliki nilai fitness terbaik. Outputnya adalah kombinasi bahan pangan terbaik beserta komposisinya sehingga mampu memenuhi kebutuhan kalori yang diperlukan selama satu hari bagi penderita penyakit ginjal dan saluran kemih sesuai jenis dietnya.

Kata kunci: Algoritma Genetika, Diet Penyakit, Ginjal dan Saluran Kemih

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman, peran komputer semakin banyak didalam kehidupan masyarakat. Hampir semua bidang kehidupan telah menggunakan komputer sebagai alat bantu termasuk di dunia kesehatan. Oleh karena itu dalam perkembangannya, diharapkan komputer dapat langsung dirasakan manfaatnya oleh masyarakat. Untuk mencapai serta memelihara kesehatan dan status gizi optimal, tubuh perlu mengkonsumsi makanan sehari-hari yang mengandung zat-zat gizi yang seimbang. Bila tubuh dapat mencerna, mengabsorbi dan memetabolisme zat-zat gizi tersebut secara baik, maka akan tercapai keadaan gizi seimbang. Tetapi dalam keadaan sakit melalui modifikasi diet diupayakan agar gizi seimbang tetap bisa dicapai. Pedoman Umum Gizi Seimbang (PUGS) adalah pedoman dasar tentang gizi seimbang yang disusun sebagai penuntun pada perilaku konsumsi makanan di masyarakat secara baik dan benar. Bahan makanan dikelompokkan berdasarkan tiga fungsi utama zat besi, yaitu: sumber energi atau tenaga, sumber protein, dan sumber zat pegatur berupa sayuran buah. PUGS menganjurkan agar 60-75% kebutuhan energi diperoleh dari karbohidrat, 10-15% dari protein dan 10-25% dari lemak. Angka kebutuhan gizi adalah banyaknya zat-zat gizi yang dibutuhkan seseorang untuk mencapai dan mempertahankan status gizi adekuat (Almatsier, 2008).

Selain kebutuhan gizi menurut umur, gender, aktivitas fisik dan kondisi khusus dalam keadaan sakit, penetapan kebutuhan gizi harus

memperhatikan perubahan kebutuhan karena infeksi, gangguan metabolik, penyakit kronik serta kondisi abnormal lainnya. Dalam hal ini perlu dilakukan perhitungan kebutuhan gizi secara khusus dan penerapannya dalam bentuk modifikasi diet atau diet khusus terutama pada pasien penyakit ginjal dan saluran kemih (Almatsier, 2008).

Oleh karena itu, perlu suatu metode yang dapat digunakan untuk membantu ahli nutrisi dalam menentukan kebutuhan gizi bagi pasiennya. Salah satu metode yang digunakan untuk permasalahan optimasi adalah algoritma genetika. Algoritma genetika banyak digunakan untuk menyelesaikan masalah penjadwalan pada beberapa bidang, diantaranya : manufaktur, control proses, ekonomi dan beberapa bidang lainnya untuk mendapatkan solusi yang paling optimal. Algoritma genetika mampu menghasilkan *performance* yang lebih optimal daripada algoritma klasik. (Sadeghzadeh, 2009). Selain untuk masalah penjadwalan, algoritma genetika juga dapat digunakan untuk memprediksi struktur protein (Unger, 2004).

Penelitian yang telah memanfaatkan algoritma genetika dalam bidang nutrisi adalah Rismawan dkk (2007) untuk penentuan komposisi bahan pangan harian dengan menggunakan 138 data bahan pangan beserta kandungannya yang digunakan untuk pengujian. Contoh kasus yang digunakan adalah seorang wanita dalam keadaan sehat yang memiliki berat badan 84 kg, tinggi badan=162.5 cm dan usia = 26 tahun.

Tujuan diet penyakit ginjal dan saluran kemih sendiri adalah membantu pasien memperbaiki

kebiasaan makan dan olahraga untuk mendapatkan kontrol metabolik yang lebih baik. Dari uraian diatas, penulis merasa perlu untuk mengembangkan algoritma genetika sebagai penuntun diet bagi penderita ginjal dan saluran kemih sehingga mampu mempermudah kinerja komisi asuhan gizi rumah sakit.

2. ALGORITMA GENETIKA

Algoritma Genetika (*Genetic Algorithm*, GA) diusulkan pertama kali oleh *John Holland* dan kolega-koleganya di Universitas Michigan untuk aplikasi *cellular automata*. Aplikasi GA meliputi *job shop scheduling*, pembelajaran pengendali *neuro-fuzzy*, pemrosesan citra dan optimasi kombinatorial. GA secara khusus dapat diterapkan untuk memecahkan masalah optimasi yang kompleks. Karena itu GA baik untuk aplikasi yang memerlukan strategi pemecahan masalah secara adaptif. (Gen dkk, 2000). Secara umum, algoritma genetika memiliki 5 komponen dasar yang dikemukakan oleh Michalewicz (1996) :

- Representasi genetic dari beberapa solusi dari suatu permasalahan
- Cara untuk menciptakan inisial populasi dari beberapa solusi
- Evaluasi fungsi solusi dengan nilai fitness yang dimiliki masing-masing individu
- Beberapa operator genetika yang membagi beberapa anak selama proses reproduksi
- Nilai untuk beberapa parameter dari algoritma genetika

Algoritma genetika merupakan salah satu model komputasi yang terinspirasi dari proses evolusi. Algoritma genetika mampu diaplikasikan pada beberapa bidang yang kompleks seperti pada bidang teknik desain dan sistem operasi modern yang diusulkan oleh Ferentinos dan Tsiligiridis (2007). Selain itu, algoritma genetika merupakan teknik pencarian stokastik, pencarian berdasarkan populasi dan algoritma optimasi yang mengadopsi paradigma dari evolusi. Algoritma genetika melakukan seleksi alamiah dan menggunakan beberapa operator genetika seperti halnya, *crossover*, mutasi dan yang lainnya. *Pseudo-code* dari *simple genetic algorithm* ditunjukkan pada gambar 1.

```
Set generation  $t \leftarrow 0$ 
Randomly generate the initial population  $P(0)$ 
Evaluate all individuals in  $P(0)$ 
Repeat
  Select a set of promising individuals from  $P(t)$  for mating
  Apply crossover to generate offspring individuals
  Apply mutation to pestarturb offspring individuals
  Replace  $P(t)$  with the new population
  Set generation  $t \leftarrow t+1$ 
  Evaluate all individuals in  $P(t)$ 
Until certain termination criteria are met
```

Gambar 1.

Pseudocode dari *simple genetic algorithm* Berdasarkan pada beberapa prinsip dari seleksi alamiah dari beberapa genetika, maka algoritma genetika mengkodekan beberapa variabel keputusan atau beberapa parameter input dari permasalahan kedalam beberapa string solusi yang memiliki

panjang yang telah ditentukan. Beberapa karakter pada string solusi disebut dengan *beberapa gen*. Nilai dan posisi pada string dari suatu gen disebut dengan *locus* dan *allele*. Setiap solusi dari suatu string disebut dengan *individu* atau *kromosom*. Sementara pada beberapa teknik optimasi tradisional secara tidak langsung bekerja dengan beberapa variabel keputusan atau beberapa parameter input. Beberapa kode dari variabel disebut dengan *genotypes* dan beberapa variabel disebut dengan *phenotypes*. Beberapa operator genetika yang paling populer antara lain : (1) *selection*, (2) *crossover* dan (3) *mutation*. Pada prinsipnya, implementasi dari prosedur seleksi adalah mencari individu dengan nilai fitness paling optimal dan akan dimasukkan kedalam populasi pada generasi berikutnya. Beberapa operator seleksi dapat dikategorikan menjadi dua kelas, yaitu : (1) *proportionate schemes*, seperti pada *roulette-wheel selection* dan *stochastic universal selection*, (2) *ordinal schemes*, seperti halnya *tournament selection* dan *truncation selection*. Setelah proses seleksi, selanjutnya adalah *crossover* dan mutasi terhadap beberapa individu untuk mendapatkan beberapa solusi baru. *Crossover* biasa disebut dengan *operator recombination*, pertukaran beberapa bagian solusi dari dua atau lebih individu yang disebut dengan *parent*, dan mengkombinasikan beberapa bagian dengan probabilitas *crossover* (P_c) untuk menghasilkan beberapa individu baru yang disebut dengan *children*. Biasanya mutasi dilakukan pada beberapa bagian dari beberapa individu pada beberapa solusi yang mengalami gangguan. Berbeda dengan *crossover* yang melibatkan dua atau lebih individu, pada proses mutasi hanya melibatkan satu individu saja. Salah satu operator mutasi yang paling populer adalah *bitwise mutation*, yang amana setiap bit pada string biner dilengkapi dengan probabilitas mutasi (P_m). (Chen, 2006)

3. NUTRISI PENDERITA PENYAKIT GINJAL DAN SALURAN KEMIH

Nutrisi adalah substansi organik yang dibutuhkan organisme untuk fungsi normal dari sistem tubuh, pertumbuhan dan pemeliharaan kesehatan. Nutrisi didapatkan dari makanan dan cairan yang selanjutnya diasimilasi oleh tubuh. Penelitian di bidang nutrisi mempelajari hubungan antara makanan dan minuman terhadap kesehatan dan penyakit, khususnya dalam menentukan diet yang optimal. Makanan sehari-hari yang dipilih dengan baik akan memberikan semua zat gizi yang dibutuhkan untuk fungsi normal tubuh. Sebaliknya, jika makan tidak dipilih dengan baik, tubuh akan mengalami kekurangan zat-zat gizi esensial tertentu (Almatsier, 2003). Kebutuhan gizi dalam keadaan sehat dipengaruhi oleh umur, gender, aktivitas fisik dan kondisi khusus (ibu hamil dan menyusui). Ada beberapa cara menentukan Angka Metabolisme Basal (AMB), salah satunya adalah rumus *Harris*

Benedict (1919) yang akan digunakan pada penelitian.

$$\text{Laki-laki} = 66 + (13,7 \times \text{BB}) + (5 \times \text{TB}) - (6,8 \times \text{U}) \quad (1)$$

$$\text{Perempuan} = 655 + (9,6 \times \text{BB}) + (1,8 \times \text{TB}) - (4,7 \times \text{U}) \quad (2)$$

Keterangan :

BB = berat badan dalam kg

TB = tinggi badan dalam cm

U = umur dalam tahun

Sedangkan untuk mencari kebutuhan energi dapat menggunakan rumus (3)

Kebutuhan energi = AMB x faktor aktivitas x faktor trauma/stress (3)

Faktor aktivitas bagi orang sakit ada dua aktivitas, yaitu istirahat di tempat di tidur dengan faktor 1,2 dan aktivitas tidak terikat di tempat tidur dengan faktor 1,3. Sedangkan jenis trauma/stress ada 6 jenis stress, yaitu (1) *tidak ada stress*, pasien dalam keadaan gizi baik nilai faktornya 1,3; (2) *stress ringan* : peradangan saluran cerna, kanker, bedah elektif, trauma kerangka moderat nilai faktornya 1,4; (3) *stress sedang* : sepsis, bedah tulang, luka bakar, trauma kerangka mayor nilai faktornya 1,5; (4) *stress berat* : trauma multiple, sepsis dan bedah multisystem nilai faktornya 1,6; (5) *stress sangat berat* : luka kepala berat, sindroma penyakit pernapasan akut, luka bakar dan sepsis nilai faktornya 1,7 serta (6) *luka bakar sangat berat* nilai faktornya 2,1.

Fungsi utama ginjal adalah memelihara keseimbangan homeostatik cairan, elektrolit dan bahan-bahan organik dalam tubuh. Diet khusus diperlukan jika fungsi ginjal terganggu, yaitu pada penyakit-penyakit : (1) *sindroma nefrotik* (2) gagal ginjal akut (3) penyakit ginjal kronik dengan penurunan fungsi ginjal ringan sampai dengan berat; (4) penyakit ginjal tahap akhir yang memerlukan transplantasi ginjal dan (5) batu ginjal. Diet pada penyakit ginjal ditekankan pada pengontrolan asupan energi, protein, cairan, elektrolit natrium, kalium, kalsium dan fosfor.

Syarat diet untuk sindroma nefrotik dengan edema ringan adalah sebagai berikut : (1) energi = 35 kkal/kg BB per hari; (2) protein sedang = 1,0 g/kg BB; (3) lemak sedang = 15-20% dari kebutuhan energi total; (4) Natrium = 1 g sehari; (5) kolesterol dibatasi < 300 mg. Diet untuk penyakit gagal ginjal akut dengan katabolik ringan dan tidak ada anuria adalah : (1) energi = 30 kkal/kg BB; (2) protein = 0,8 g/kg BB; (3) lemak yaitu 25% dari kebutuhan total energy. Diet untuk ginjal kronik dengan *hiperkalemia* adalah : (1) energi = 35 kkal/kg BB; (2) protein = 0,7 g/kg BB; (3) lemak = 25 % dari kebutuhan energi total; (4) kalium = 55 mEq. Diet untuk transplantasi ginjal pada bulan pertama setelah transplantasi adalah : (1) energi = 32,5 kkal/kg BB/hari; (2) protein = 1,4 g/kg BB/hari; (3) lemak = <30 % dari energi total; (4) kalsium = 1000 mg/hari; (5) fosfor = 1000 mg/hari. Sedangkan untuk diet gagal ginjal dengan dialisis adalah (1) energi = 35 kkal/kg BB; (2) protein = 1,1 g/kg BB ideal/hari; (3)

karbohidrat = 65 % dari energy total; (4) lemak = 22,5 % dari energy total; (5) kalsium = 1000 mg/hari dan fosfor < 17 mg/kg BB ideal/hari. (Almatsier, 2008).

4. MODEL YANG DIUSULKAN

4.1 Gambaran Umum Model

Pada penelitian ini diasumsikan bahwa sistem ini digunakan untuk menghitung komposisi bahan pangan dalam rangka penentuan diet bagi penderita penyakit ginjal dan saluran kemih. Jenis penyakit yang termasuk dalam penyakit ginjal dan saluran kemih antara lain : penyakit sindroma nefrotik, gagal ginjal akut, ginjal kronik, transplantasi ginjal dan batu ginjal dengan dialisis. Ada beberapa parameter yang digunakan untuk menentukan diet, antara lain : berat badan, tinggi badan, gender, umur, faktor aktivitas dan faktor stress seseorang sebagai parameter input yang akan dihitung oleh sistem untuk menghasilkan output berupa kebutuhan total energi yang diperlukan selama satu hari. Contoh kasus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasien pria berumur 40 tahun dengan tinggi badan 165 cm dan berat badan 50 kg dirawat karena penyakit ginjal dan saluran kemih. Ia harus istirahat di tempat tidur dengan faktor aktivitas = 1.2 dan faktor stressnya = 1.4 (stress ringan) : Kebutuhan energi untuk AMB dihitung menggunakan persamaan 1. Sedangkan untuk kebutuhan energi total menggunakan persamaan 3.

Secara keseluruhan, diet untuk penyakit ginjal ditekankan pada pengontrolan asupan energi, protein, cairan, elektrolit natrium, kalium, kalsium dan fosfor yang terkandung pada bahan makan yang dikonsumsi sehari-hari. Bahan pangan yang digunakan terdiri dari beberapa kategori antara lain : serelia, umbi berpati, kacang-kacangan, sayuran, buah, daging dan unggas, ikan, kerang, udang, telur, susu, lemak, minyak, gula, sirup, koneksi dan bumbu-bumbu. Pada penelitian ini digunakan 400 daftar komposisi bahan makanan yang didapatkan dari hasil survey. Awalnya jumlah daftar komposisi bahan makanan ada 600 jenis. Selanjutnya daftar komposisi bahan makanan tersimpan dalam basis data yang dapat diakses berdasarkan indeksinya. Bahan pangan yang terpilih merupakan kombinasi dari 10 bahan pangan terbaik yang mencukupi kebutuhan nutrisi pasien dalam satu hari. Indeks dari bahan pangan tersebut akan dijadikan sebagai gen yang selanjutnya 10 gen tersebut menjadi sebuah kromosom. Untuk inisialisasi populasi, akan dibangkitkan secara random indeks bahan pangan (angka 1-400) dalam 100 (misal) populasi atau kromosom, setiap satu kromosom terdiri dari 10 gen. Jumlah keseluruhan gen ada 1000 yang diperoleh dengan cara *me-random* nomor indeks bahan pangan sehingga dimungkinkan ada indeks bahan pangan yang tidak muncul atau bahkan muncul lebih dari satu kali. Contoh populasi awal terlihat pada tabel 1 jika memiliki 20 kromosom (ditunjukkan dengan

banyaknya baris). Setiap kromosom terdiri dari 10 gen. jumlah gen dalam satu kromosom ditunjukkan dengan banyaknya kolom. Jadi jumlah gen untuk contoh populasi awal pada tabel 1 ada 200 gen.

Tabel 1. Populasi awal

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	68	137	185	355	74	97	278	313	164	396
2	148	363	28	109	99	172	214	319	168	31
3	137	387	17	354	100	155	182	108	184	329
4	231	63	314	100	76	167	240	192	99	143
5	229	353	114	345	231	377	306	259	370	167
6	19	21	264	9	71	134	198	13	61	137
7	108	301	369	136	251	271	359	137	145	294
8	87	298	353	265	209	60	18	324	316	56
9	102	7	273	301	74	322	265	8	265	278
10	289	161	38	215	105	53	275	202	71	277
11	75	152	176	369	126	267	191	123	196	22
12	326	35	173	48	219	193	122	353	19	284
13	244	315	168	318	214	320	181	274	97	328
14	116	101	281	96	111	167	48	352	333	376
15	272	18	307	274	338	184	295	81	150	182
16	174	18	307	274	338	184	295	81	150	182
17	352	368	159	232	12	21	297	290	156	282
18	188	124	309	122	212	357	56	299	14	280
19	110	185	251	389	392	106	107	207	116	188
20	80	345	34	54	60	342	1	23	45	343

Misalkan : pada baris kelima merupakan kromosom kelima yang memiliki 10 gen yang terdiri dari indeks bahan pangan, antara lain : 229 (telur ayam kampung), 353 (susu kental tak manis), 114 (susu kedelai), 345 (susu ibu ASI), 231 (ayam goreng Kentucky dada) , 377 (jaje), 306 (udang), 259 (kerang), 370 (coklat manis batang) dan 167 (tomat merah). Setelah proses inialisasi, maka dilanjutkan dengan seleksi pemilihan dua buah kromosom sebagai orang tua, yang akan dipindahsilangkan dilakukan secara proporsional sesuai dengan nilai fitnessnya. Metode seleksi yang digunakan disini adalah metode seleksi roda roulette (*roulette wheel selection*). Kromosom yang memiliki nilai fitness lebih besar akan memiliki peluang lebih besar juga dibandingkan dengan kromosom yang memiliki nilai fitness lebih kecil.

Nilai fitness dari suatu kromosom akan menunjukkan kualitas kromosom dalam populasi. Aturan diet untuk masing-masing jenis penyakit ginjal dan saluran kemih memiliki aturan yang berbeda-beda sehingga acuan pencarian nilai fitness tergantung dengan jenis diet dan komposisi bahan makanannya Ada lima jenis penyakit antara lain : (1) untuk penyakit sindroma nefrotik di atur untuk konsumsi bahan makanan dari kandungan energi, protein, lemak dan natrium; (2) untuk penyakit gagal ginjal akut di atur untuk konsumsi bahan makanan dari kandungan energi, protein dan lemak; (3) untuk penyakit ginjal kronik di atur untuk konsumsi bahan makanan dari kandungan energi, protein, lemak dan kalium; (4) untuk penyakit ginjal tahap akhir di atur untuk konsumsi bahan makanan dari kandungan energi, protein, lemak, kalsium dan fosfor; (5) untuk penyakit batu ginjal diatur untuk konsumsi bahan makan dari kandungan energy, protein, karbohidrat, lemak, kalsium dan fosfornya. Contoh pola data yang akan diuji untuk kromosom kelima (sesuai tabel 1) dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Contoh data uji

No	Kode	Nama Bahan	Komposisi Zat Gizi Makanan per 100 gram BDD							
			Energi	Protein	Lemak	Karbohidrat	Kalsium	Fosfor	Natrium	Kalium
			kcal	g	g	g	mg	mg	mg	mg
229	IDH001	Telur ayamkampung	174	11	14	1.2	68	268	190	141
353	IDJ010	Susu kental tak manis	138	7	7.9	9.9	243	195	140	303
114	IDA005	Susu kedelai	41	3.5	2.5	5	50	45	0	0
231	IDF057	Ayam goreng dada	298	34	17	0.1	90	284	0	0

Fungsi *fitness* yang digunakan untuk penyakit sindroma nefrotik adalah :

$$f = \frac{1}{((abs(p - \sum a) + abs(q - \sum b) + abs(r - \sum c) + abs(s - \sum d)) + bilkecil)} \quad (4)$$

$$f = \frac{1}{((abs(p - \sum a) + abs(q - \sum b) + abs(r - \sum c) + abs(s - \sum d)) + bilkecil)}$$

Fungsi *fitness* yang digunakan untuk penyakit gagal ginjal akut adalah :

$$f = \frac{1}{((abs(p - \sum a) + abs(q - \sum b) + abs(r - \sum c)) + bilkecil)} \quad (5)$$

$$f = \frac{1}{((abs(p - \sum a) + abs(q - \sum b) + abs(r - \sum c)) + bilkecil)}$$

Fungsi *fitness* yang digunakan untuk penyakit ginjal kronik adalah :

$$f = \frac{1}{((abs(p - \sum a) + abs(q - \sum b) + abs(r - \sum c) + abs(t - \sum e)) + bilkecil)} \quad (6)$$

$$f = \frac{1}{((abs(p - \sum a) + abs(q - \sum b) + abs(r - \sum c) + abs(t - \sum e)) + bilkecil)}$$

Fungsi *fitness* yang digunakan untuk penyakit ginjal tahap akhir adalah :

$$f = \frac{1}{((abs(p - \sum a) + abs(q - \sum b) + abs(r - \sum c) + abs(v - \sum g) + abs(u - \sum f)) + bilkecil)} \quad (7)$$

$$f = \frac{1}{((abs(p - \sum a) + abs(q - \sum b) + abs(r - \sum c) + abs(v - \sum g) + abs(u - \sum f)) + bilkecil)}$$

Fungsi *fitness* yang digunakan untuk penyakit batu ginjal adalah :

$$f = \frac{1}{((abs(p - \sum a) + abs(q - \sum b) + abs(w - \sum h) + abs(r - \sum c) + abs(v - \sum g) + abs(u - \sum f)) + bilkecil)} \quad (8)$$

$$f = \frac{1}{((abs(p - \sum a) + abs(q - \sum b) + abs(w - \sum h) + abs(r - \sum c) + abs(v - \sum g) + abs(u - \sum f)) + bilkecil)}$$

Keterangan :

p = kebutuhan kalori atau energi keseluruhan yang dihitung berdasarkan persamaan 1-3.

q = kebutuhan protein selama 1 hari berdasarkan jenis dietnya

r = kebutuhan lemak selama 1 hari berdasarkan jenis dietnya

s = kebutuhan natrium selama 1 hari berdasarkan jenis dietnya

t = kebutuhan kalium selama 1 hari berdasarkan jenis dietnya

u = kebutuhan fosfor selama 1 hari berdasarkan jenis dietnya

v = kebutuhan kalsium selama 1 hari berdasarkan jenis dietnya

w= kebutuhan karbohidrat selama 1 hari berdasarkan jenis dietnya

Berdasarkan data dari tabel 2 untuk telur ayam kampung :

a = jumlah kandungan kalorinya 174 kkal

b = jumlah kandungan proteinnya 11 g

c = jumlah kandungan lemaknya 14 g

d = jumlah kandungan natriumnya 12 mg

e = jumlah kandungan kaliumnya 68 mg

f = jumlah kandungan fosfornya 268 mg

g = jumlah kandungan kalsiumnya 190 mg

h = jumlah kandungan karbohidratnya 141 g

bilkecil = bilangan untuk menghindari pembagian dengan nol

Setelah melalui proses seleksi orang tua, selanjutnya dilakukan proses pindah silang atau *crossover* dengan nilai probabilitas *crossover* dengan beberapa nilai yang variatif. Pindah silang hanya dapat dilakukan dengan suatu probabilitas P_c . Artinya pindah silang bisa dilakukan hanya jika suatu bilangan random [0 1] yang dibangkitkan kurang dari P_c yang ditentukan. Suatu titik potong dipilih secara random, kemudian bagian pertama dari orang tua 1 digabungkan dengan bagian kedua dari orangtua 2.

Setelah didapatkan populasi yang telah mengalami pindah silang atau *crossover*, selanjutnya adalah proses mutasi. Tetapkan terlebih dahulu probabilitas mutasinya. Jika bilangan random yang dibangkitkan kurang dari probabilitas mutasi P_m yang ditentukan maka ubah gen dengan nilai dari indeks bahan pangan yang belum muncul pada saat inisialisasi populasi. Setelah dilakukan mutasi maka terbentuklah populasi baru yang selanjutnya akan menjadi parent untuk generasi berikutnya. Proses tersebut akan berulang sampai ke generasi maksimal. Dari sekian generasi akan dipilih kromosom yang paling optimal sebagai kromosom terbaik. Kromosom terbaik itulah yang merupakan indeks dari bahan pangan yang direkomendasikan untuk dikonsumsi penderita penyakit ginjal dan saluran kemih dalam satu hari karena memenuhi kebutuhan kalori yang diperlukan.

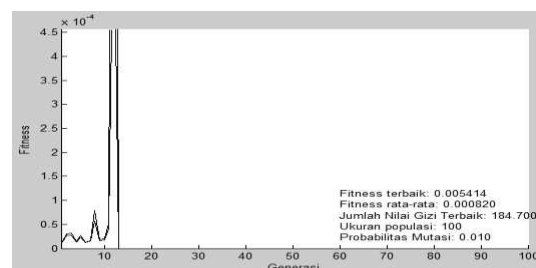
4.2 Hasil Pengujian

Selanjutnya akan digunakan algoritma genetika dengan beberapa parameter yang sebelumnya harus ditentukan terlebih dahulu, antara lain :

- Jumlah gen dalam satu kromosom = 10
- Jumlah kromosom dalam satu populasi =100; 400; 700 dan 1000
- Maksimum generasi = 100
- Probabilitas pindah silang= 0.6; 0.7; 0.8; 0.9
- Probabilitas mutasi = 0,01; 0.05; 0.1 dan 0.2

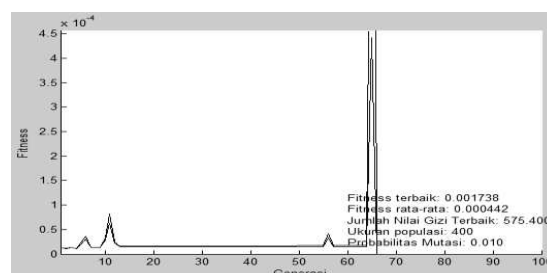
Berdasarkan hasil komputasi dengan beberapa nilai untuk parameter diatas, maka didapatkan hasil kombinasi bahan pangan yang memiliki nilai fitness paling bagus untuk diet kelima jenis penyakit ginjal dan saluran kemih sebagai berikut :

Pengujian untuk jenis diet sindroma nefrotik digunakan ukuran populasi = 100, probabilitas silang = 0.6, probabilitas mutasi = 0.01; maksimal generasi = 100. Hasil dari percobaan dengan parameter tersebut didapatkan Indeks Bahan Pangan = 95, 111, 51, 367, 140, 79, 18, 27, 154, 350; Fungsi fitness = 0.004904; Komposisi Bahan pangan = kacang tanah rebus (20 gram), santan murni (40 gram), srikaya ketan (50 gram), minyak wijen (5 gram), daun kecipir (100 gram), lanting getuk (tidak dibatasi), mie basah (100 gram), tepung terigu (50 gram), kangkung rebus (kandungan energi dapat diabaikan), butter milk (25 gram). Grafik hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 2



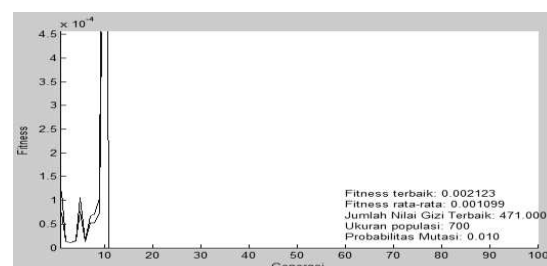
Gambar 2. Hasil pengujian untuk diet sindroma nefrotik

Pengujian untuk diet gagal ginjal akut digunakan ukuran populasi 400, probabilitas *crossover* 0.8, probabilitas mutasi 0.01 dan maksimal generasi 100. Hasil dari percobaan dengan parameter tersebut didapatkan Indeks Bahan Pangan = 171, 264, 198, 134, 224, 223, 152, 81, 98, 210; Fungsi fitness = 0.001738; Komposisi Bahan Pangan = wortel kukus (100 gram), lidah sapi (50 gram), mangga muda (50 gram), bayam merah (50 gram), daging sapi (50 gram), daging kambing (50 gram), kangkung (100 gram), biji nangka (50 gram), kelapa muda (45 gram), semangka (55 gram). Grafik hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 3.



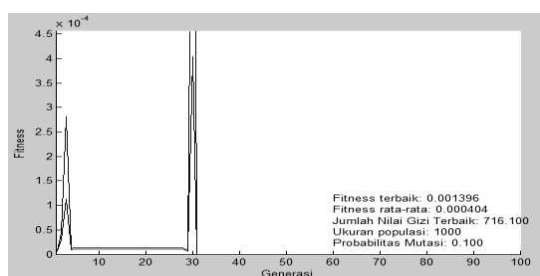
Gambar 3. Hasil pengujian untuk diet gagal ginjal akut

Pengujian untuk diet ginjal kronik digunakan ukuran populasi 700, probabilitas *crossover* 0.9, probabilitas mutasi 0.01 dan maksimal generasi 100. Hasil dari percobaan dengan parameter tersebut didapatkan Indeks Bahan Pangan = 175, 234, 136, 65, 169, 109, 362, 332, 111,30; Fungsi fitness=0.002123; Komposisi Bahan pangan = karedok (1 porsi), banjar (50 gram), buncis (100 gram), tapai singkong (120 gram), wortel (100 gram), oncom (50 gram), minyak ikan (5 gram), telur ayam (55 gram), santan murni (50 gram), bakwan (bebas dimakan, kandungan energi dapat diabaikan). Grafik hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 4.



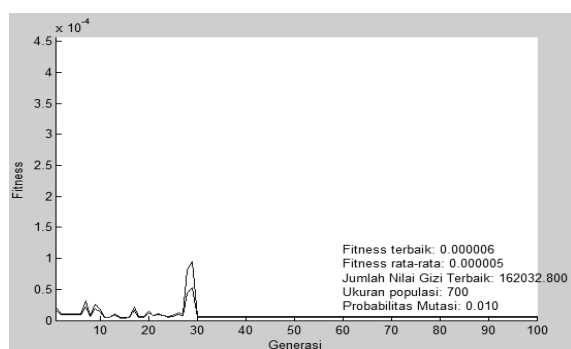
Gambar 4. Hasil pengujian untuk diet ginjal kronik

Pengujian untuk diet ginjal tahap akhir digunakan ukuran populasi 1000, probabilitas crossover 0.7, probabilitas mutasi 0.1 dan maksimal generasi 100. Hasil dari percobaan dengan parameter tersebut didapatkan Indeks Bahan Pangan = 323, 368, 215, 210, 270, 78, 168,349, 202,141. Fungsi fitness = 0.001396. Komposisi Bahan pangan = pindang (50 gram), minyak zaitun (5 gram), dodol nanas (tidak diatur takarannya), semangka (180 gram), patin bakar (40 gram), kerupuk udang goreng (bebasdimakan, kandungan energi dapat diabaikan), tomat muda (1 buah sedang), es krim (1 porsi), papaya (100 gram), daun kol sawi (100 gram). Grafik hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Hasil pengujian untuk diet ginjal tahap akhir

Pengujian untuk diet batu ginjal digunakan ukuran populasi 700, probabilitas crossover 0.8, probabilitas mutasi 0.01 dan maksimal generasi 100. Hasil dari percobaan dengan parameter tersebut didapatkan Indeks Bahan Pangan = 224, 174, 64, 175, 38, 51, 205,131, 388, 197; Fungsi fitness = 0.000006; Bahan Pangan = daging sapi (50 gram), gudeg (100 gram), sagu singkong kering (50 gram), karedok (1 porsi), kelepon (50 gram), srikaya ketan (50 gram), pisang mas (100 gram), bawang bombay (25 gram), bawang merah (25 gram), mangga indramayu (100 gram). Grafik hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Hasil pengujian untuk diet batu ginjal

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa algoritma genetika dapat digunakan untuk menentukan komposisi bahan pangan yang optimal untuk mencukupi kebutuhan gizi dalam 1 hari bagi yang sedang melakukan diet untuk penyakit ginjal dan saluran kemih. Dalam

penelitian jenis penyakit yang digunakan antara lain : sindroma nefrotik, gagal ginjal akut, ginjal kronik, ginjal tahap akhir dan batu ginjal. Fungsi fitness terbaik yang dihasilkan untuk masing-masing jenis diet didapatkan dari beberapa kombinasi nilai yang berbeda untuk parameter ukuran populasi, probabilitas pindah silang dan probabilitas mutasi. Kombinasi bahan pangan yang optimal adalah kombinasi bahan pangan yang memiliki nilai fitness terbaik dan memiliki kandungan nutrisi yang diperlukan oleh pasien penyakit ginjal dan saluran kemih. Untuk ke dapannya penggunaan bahan pangan harus divalidasi terlebih dahulu oleh ahli nutrisi ataupun pihak medis. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan memperluas basis data penyakit dengan melibatkan berbagai jenis penyakit, membangun user interface yang ramah pengguna, serta pemilihan dilakukan berdasarkan pada menu makanan . Hal ini sangat penting, mengingat kandungan nutrisi bahan pangan dimungkinkan akan mengalami perubahan tatkala telah melewati tahap pamasakan.

REFERENSI

- Almatsier, S. (2003). *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Almatsier, S. (2008). *Penuntun Diet*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Chen, Y.P. (2006). *Extending the Scalability of Linkage Learning Genetic Algorithms (Theory and practice)*. Taiwan : Springer.
- Ferentinos, T.A., Tsiligiridis. (2007). Adaptive Design Optimization of Wireless Sensor Networks Using Genetic Algorithms. *Computer Network*; 51(4):1031-1051
- Gen, M., Cheng, R. (2000). *Genetic Algorithms and Engineering Optimization*. New York : A Wiley-Interscience Publication.
- Michalewicz, Z. (1996). *Genetic Algorithm + Data Structure = Evolution Programs*. New York : Springer-Verlag 3rd edition.
- Rismawan, T., Kusumadewi, S. (2007). *Aplikasi Algoritma Genetika untuk Penentuan Komposisi Bahan Pangan Harian*. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI). Yogyakarta : L-73- L-77.
- Sadeghzadeh, M. (2009). Task Scheduling in Distributed Environment Using Genetic Algorithm. *Proceeding of the 9th WSEAS International Conference on Applied Informatics and Communications*. 118-122.
- Unger, R. (2004). The Genetic Algorithm Approach to protein Structure Prediction. *Structure and Bonding* (110) : 153-175.