

DETEKSI DIABETES MELITUS UNTUK WANITA DAN PENYUSUNAN MENU SEHAT DENGAN PENDEKATAN *ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM* (ANFIS) DAN ALGORITMA GENETIKA (GA)

Lili Ayu Wulandhari¹, Yuanita Sinatrya², Tetty Ernawati H³,
Briliana P. Sabirin³

¹Program Studi Magister Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer
Universitas Bina Nusantara Jakarta

²Program Studi S1 Teknik Informatika, STMIK Mahakarya Jakarta

³RSUD Tarakan Jakarta

E-mail: lwulandhari@binus.edu¹, ukh.yuan@gmail.com², tettyernawati@gmail.com³,
briliana.puspa@gmail.com³

ABSTRACT

Diabetes mellitus (DM) is one chronic disease caused by reduced production of insulin from the pancreas and insulin produced is not effective in reducing blood sugar levels. This situation will increase blood sugar levels, thus damaging the immune system. Initial treatment in diabetics is to change the lifestyle of eating foods with nutritional content needed by the body and increase physical activity. To regulate the diet in people with diabetes melitus, it takes the diet by adjusting the composition of diet patterns and control blood sugar levels. This study aims to create a healthy food menu based on the number of caloric needs per day, so that it meets the criteria of balanced nutrition and meets the variety of foods in the form of main dishes, side dishes, vegetables and fruits. In this research, Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) and Genetic Algorithm (GA) method are used to provide suggestions for serving foods that meet the menu type and ideal portion for DM patients. The results showed that the proposed method scored 89.1% accuracy training and 72.1% accuracy testing by using ANFIS method and for fulfillment of nutrition reached 98.9% by using GA which means that ANFIS and GA method can give excellent result that is by producing Healthy food menu that meets optimal nutrition and achievement of food diversity in accordance with 4 pillars of balanced nutrition.

Keywords: *Diabetes Melitus, ANFIS, Genetic Alghorithm, Healthy Menu*

ABSTRAK

Diabetes melitus (DM) merupakan salah satu penyakit kronis (menahun) yang disebabkan berkurangnya produksi insulin dari pankreas maupun insulin yang dihasilkan tidak efektif dalam mengurangi kadar gula darah. Keadaan ini akan meningkatkan kadar gula darah sehingga merusak sistem kekebalan tubuh. Penanganan awal pada penderita DM adalah dengan mengubah gaya hidup yaitu mengkonsumsi makanan dengan kandungan nutrisi yang diperlukan oleh tubuh dan memperbanyak aktivitas fisik. Untuk mengatur pola makan pada penderita DM maka diperlukan diet dengan mengatur komposisi pola makanan dan mengendalikan kadar gula darah. Penelitian ini bertujuan untuk membuat suatu model penyusunan menu makanan sehat berdasarkan jumlah kebutuhan kalori per hari, sehingga memenuhi kriteria gizi seimbang dan memenuhi variasi makanan berupa makanan pokok, lauk pauk, sayuran dan buah. Pada penelitian ini metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) dan Algoritma Genetika (GA) digunakan untuk memberikan saran penyajian makanan yang memenuhi jenis menu dan jumlah porsi yang ideal bagi penderita DM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode yang diusulkan memperoleh nilai untuk *accuracy training* sebesar 89.1% dan untuk *accuracy testing* sebesar 72.1% dengan menggunakan metode ANFIS dan untuk pemenuhan nutrisi yang dicapai sebesar 98.9% dengan menggunakan GA yang artinya bahwa metode ANFIS dan GA dapat memberikan hasil akhir yang sangat baik yaitu dengan menghasilkan menu sehat yang memenuhi gizi yang optimal dan tercapainya keanekaragaman makanan sesuai dengan 4 pilar gizi seimbang.

Kata kunci: *Diabetes Melitus, ANFIS, Algoritma Genetika, Menu Sehat*

I. PENDAHULUAN

Diabetes Melitus (DM) merupakan penyakit gangguan metabolik menahun akibat pankreas tidak memproduksi cukup insulin. Insulin adalah hormon yang mengatur keseimbangan kadar gula darah. Apabila insulin tidak bekerja dengan baik maka akan mengakibatkan terjadinya peningkatan konsentrasi glukosa di dalam darah (hiperglikemia) [1].

Faktor konsumsi makanan adalah salah satu faktor yang menjadi isu sangat penting saat ini, dimana masyarakat terbiasa mengkonsumsi makanan dengan kandungan kalori yang tinggi tanpa diimbangi dengan kandungan protein, vitamin dan lemak serta kegiatan fisik yang seimbang. Perbaikan pada perilaku konsumsi dapat diatur dengan optimal jika masyarakat mengetahui berapa jumlah kalori yang dibutuhkan dalam sehari [2], sehingga tidak mengalami kelebihan ataupun kekurangan dalam mengkonsumsi nutrisi yang diperlukan oleh tubuh. Kondisi ini dapat mencegah terjadinya diabetes melitus bahkan bagi penderita diabetes dapat mengendalikan kondisinya agar tidak semakin buruk.

Kementerian Kesehatan Indonesia telah melakukan berbagai upaya dalam menangani DM, salah satunya adalah dengan menyarankan diet sehat dengan kalori seimbang. Berdasarkan pada buku penuntun diet Instalasi Gizi Perjan RS. Dr. Cipto Mangunkusumo dan Asosiasi Dietisien Indonesia, bahwa diet yang tepat harus melihat kondisi dari penderita pasien DM secara lebih detail [3].

Oleh sebab itu dalam penelitian ini, akan diajukan suatu model penyusunan menu makanan berdasarkan jumlah kebutuhan kalori per hari, sehingga memenuhi kriteria gizi seimbang dan memenuhi variasi makanan berupa makanan pokok, lauk pauk, sayur dan buah. Penelitian ini akan memaparkan saran penyajian makanan yang memenuhi jenis menu dan jumlah porsi yang ideal bagi penderita diabetes melitus dengan menggunakan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) untuk deteksi DM dan algoritma genetika (GA) untuk optimasi penyusunan menu sehat.

Kecerdasan komputasi (*computational intelligence*) diperlukan didalam memodelkan

kriteria diabetes dan susunan kebutuhan nutrisi seseorang khususnya penderita DM. Maka nanti akan diidentifikasi masalah masalah yang muncul dalam penanganan nutrisi penderita DM dan cara penyelesaiannya dengan menggunakan *computational intelligence* yaitu salah satunya adalah dengan menggunakan ANFIS dan GA.

Beberapa penelitian sebelumnya mengenai deteksi diabetes melitus juga telah dilakukan menggunakan *decision tree J48* [4] dan *fuzzy expert systems* [5], tetapi hanya sebatas mengenai deteksi DM saja dan tidak disertakan optimasi untuk penyusunan menu yang sehat bagi penderita DM. Namun pada penelitian ini akan menggunakan ANFIS untuk mengetahui kondisi penderita DM yang kemudian akan menjadi dasar penyusunan menu yang memenuhi standar kesehatan bagi penderita DM. **Keunggulan ANFIS adalah dapat menerjemahkan pengetahuan dari pakar dalam bentuk aturan-aturan, namun biasanya dibutuhkan waktu yang lama untuk menetapkan fungsi keanggotaannya.**

Beberapa penelitian sebelumnya mengenai saran penyajian makanan sehat telah dilakukan, salah satunya dengan menggunakan algoritma genetika yaitu dengan mengajukan suatu teknik didalam penyusunan dan kalkulasi konsumsi makanan yang memenuhi gizi seimbang untuk masyarakat tetapi dengan kondisi normal [2]. [6] Pada penelitiannya juga membahas mengenai topik yang sama tetapi dengan berbasis *cloud* dan [7] dengan berdasarkan citra makanan. Sedangkan untuk kondisi-kondisi khusus seperti diabetes [8] dan penyakit kronis [9] hanya mengajukan suatu teknik perhitungan kebutuhan kalori tanpa memberikan saran makanan yang baik untuk dikonsumsi sehari-hari, sehingga penderita mengalami kesulitan dalam pemilihan menu yang seimbang.

Pada penelitian yang lain terdapat juga saran penyajian menu makanan dengan menggunakan metode algoritma koloni lebah buatan untuk menghitung karbohidrat (*carbohydrate counting*) dan ukuran penyajian makanan dengan kandungan nutrisi makro dan energi harian bagi penderita DM [10]. Pada penelitian ini GA digunakan untuk optimisasi saran penyajian makanan yang baik bagi penderita DM. Oleh sebab itu, teknik ANFIS dan GA dipergunakan dalam penelitian ini

untuk memperoleh saran penyajian makanan yang optimal.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Diabetes Melitus

Menurut [11], DM merupakan suatu kelompok penyakit metabolik dengan karakteristik hiperglikemia yang terjadi karena kelainan sekresi insulin, kerja insulin, atau kedua-duanya. Terdapat dua kategori utama diabetes melitus yaitu diabetes tipe 1 dan tipe 2. Diabetes tipe 2 merupakan 90% dari seluruh diabetes, sedangkan diabetes gestasional adalah hiperglikemia yang didapatkan saat kehamilan. Dengan penurunan berat badan dan perubahan gaya hidup, perkembangan menjadi diabetes dapat dicegah atau ditunda [1].

Prinsip pengaturan makan pada penyandang diabetes yaitu makanan yang seimbang, sesuai dengan kebutuhan kalori masing-masing individu, dengan memperhatikan keteraturan jadwal makan, jenis dan jumlah makanan. Komposisi makanan yang dianjurkan terdiri dari karbohidrat 45%-65%, lemak 20%-25%, protein 10%-20%, Natrium kurang dari 3 g, dan diet cukup serat sekitar 25g/hari [12]. Oleh sebab itu dalam penelitian ini akan dikembangkan sebuah model yang akan memberikan saran penyajian menu sehat bagi penderita DM sehingga para penderita memiliki kualitas kesehatan yang baik.

2.2 Perhitungan kebutuhan kalori bagi penderita DM

Kalori merupakan salah satu kandungan dalam makanan yang bermanfaat bagi tubuh sebagai asupan energi. Asupan energi harus mengikuti kebutuhan energi untuk setiap individual berdasarkan *Basal Metabolic Rate* (BMR) dan *Physical Activity Level* (PAL). BMR adalah kebutuhan energi atau *Energy Requirement* (ER) minimal untuk menjalankan aktivitas vital dalam tubuh baik pria maupun wanita [12] Nilai BMR ditentukan dengan Persamaan Revisi Harris Benedict [13] yaitu pada:

Pria

$$BMR = 66.5 + 13.75 (\text{Berat}) + 5.0 (\text{Tinggi}) - 6.78 (\text{Usia}) \quad (1)$$

Wanita

$$BMR = 665 + 9.56 (\text{Berat}) + 1.85 (\text{Tinggi}) - 4.68 (\text{Usia}) \quad (2)$$

di mana berat dalam Kilogram, Tinggi dalam Centimeter dan Umur dalam tahun.

Berdasarkan nilai BMR, kebutuhan energi (ER) dihitung sesuai dengan PAL. Tingkat aktivitas fisik (PAL) dibagi menjadi lima kelas yaitu rendah, ringan, sedang, berat dan ekstrim [14] yang dapat dilihat pada Tabel 1 dengan mengetahui faktor PAL individu, sehingga kebutuhan energi [14] adalah:

$$ER = BMR * PAL \quad (3)$$

di mana ER adalah kebutuhan energi dan PAL adalah faktor PAL didasarkan pada aktivitas fisik setiap individu.

Tabel 1. Tingkat aktivitas fisik

Tingkat Aktivitas	Definisi	Faktor PAL
Tingkat Rendah	Tidak memiliki aktivitas atau latihan sama sekali dalam seminggu	1.2
Tingkat Ringan	Ada aktivitas atau latihan paling sedikit 1-3 kali dalam seminggu	1.375
Tingkat Sedang	Ada aktivitas atau latihan paling sedikit 3-5 kali dalam seminggu	1.55
Tingkat Berat	Ada aktivitas atau latihan paling sedikit 5-6 kali dalam seminggu	1.725
Tingkat Ekstrem	Memiliki aktivitas yang berat sekitar 2 kali dalam sehari, misalnya atlet atau mempunyai pekerjaan yang membutuhkan tenaga ekstrem	1.9

Setelah mendapatkan kebutuhan energi (ER) maka selanjutnya adalah menghitung total kebutuhan energi (ERTotal) berdasarkan *Body Mass Index* (BMI) penderita diabetes yaitu dengan persamaan sebagai berikut [12]:
Jika BMI kurus maka:

$$ERTotal = ER + (0.2 * BMR) \quad (4)$$

Jika BMI gemuk maka:

$$ERTotal = ER - (0.2 * BMR) \quad (5)$$

Jika BMI obesitas maka:

$$ERTotal = ER - (0.3 * BMR) \quad (6)$$

Setelah mengetahui jumlah total kalori (ERTotal) yang diperlukan penderita DM perharinya selanjutnya dilakukan perhitungan jumlah karbohidrat, protein dan lemak yang diperlukan dengan persamaan 7 - 9.

$$\text{Karbohidrat (Kkal)} = 45\text{-}65\% \times ERTotal \quad (7)$$

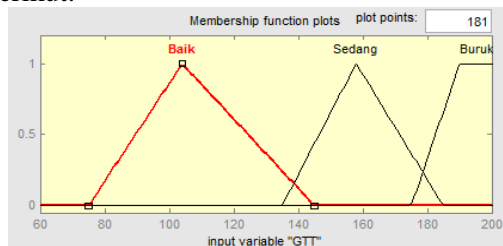
$$\text{Protein (Kkal)} = 10\text{-}20\% \times ERTotal \quad (8)$$

$$\text{Lemak (Kkal)} = 20\text{-}25\% \times ERTotal \quad (9)$$

Syarat-syarat prinsip pengaturan makan pada penyandang DM dan perhitungan kebutuhan kalori di atas nantinya akan menjadi landasan dalam menentukan *fuzzy rule* yang akan digunakan untuk memperkirakan kondisi diabetes dan saran penyajian makanan yang baik untuk dikonsumsi.

2.3 Fuzzy System

Inti dari *Fuzzy* adalah dengan membentuk *IF-THEN rules* yang akan dikarakterisasikan dengan *membership function* [15]. Sebagai contoh untuk menggambarkan *membership function* dari kadar gula darah ditunjukkan oleh Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Contoh *membership function* untuk kadar gula darah

Membership function merepresentasikan derajat keanggotaan setiap elemen terhadap himpunan *fuzzy* tertentu. *Membership function* dan *fuzzy IF-THEN rule* akan membentuk suatu model yang akan memberikan output berupa gambaran mengenai kondisi penderita diabetes. *Fuzzy IF-THEN rule* akan dikembangkan dengan menggunakan pendekatan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS).

2.4 Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)

Sistem inferensi *fuzzy* menggunakan metode Sugeno memiliki karakteristik yaitu konsekuensi tidak merupakan himpunan *fuzzy*, namun merupakan suatu persamaan linier dengan variabel-variabel sesuai dengan variabel inputnya. Metode ini diperkenalkan oleh Takagi Sugeno Kang (TSK) pada tahun 1985 [16].

Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) merupakan jaringan saraf adaptif yang berbasis pada sistem kesimpulan *fuzzy* (*fuzzy inference system*). Dengan penggunaan suatu prosedur *hybrid learning*. ANFIS dapat membangun suatu *mapping input - output* yang keduanya berdasarkan pada pengetahuan

manusia (pada bentuk aturan *fuzzy IF - THEN*) dengan fungsi keanggotaan yang tepat. ANFIS adalah jaringan *Neural-Fuzzy* yang terdiri dari atas lima *layer* (lapisan) dan setiap lapisan terdapat *node*. Terdapat dua macam *node* yaitu *node* adaptif (bersymbol kotak) artinya parameter bisa berubah dengan proses pembelajaran dan *node* tetap (bersymbol lingkaran) [17].

2.4.1. Struktur ANFIS dan Algoritma Pembelajaran Hybrid

ANFIS menggunakan sistem *fuzzy Takagi Sugeno* untuk mengambil keputusan berdasarkan aturan *fuzzy IF-THEN* dan fakta yang ada. Model *fuzzy Takagi Sugeno* yang digunakan adalah *fuzzy Takagi Sugeno tipe 1* yang menghasilkan output linier. Aturan umum *fuzzy Takagi Sugeno* dengan 2 aturan *fuzzy IF-THEN* adalah sebagai berikut [18]:

$$\text{Rule 1: if } \underbrace{x \text{ is } A_1}_{\text{Premis}} \text{ and } \underbrace{y \text{ is } B_1}_{\text{Konsekuensi}}, \text{ then } \underbrace{f_1 = p_1x + q_1y + r_1}_{\text{Konsekuensi}} \quad (10)$$

$$\text{Rule 2: if } \underbrace{x \text{ is } A_2}_{\text{Premis}} \text{ and } \underbrace{y \text{ is } B_2}_{\text{Konsekuensi}}, \text{ then } \underbrace{f_2 = p_2x + q_2y + r_2}_{\text{Konsekuensi}} \quad (11)$$

dengan A_i dan B_i adalah nilai-nilai keanggotaan merupakan label linguistik (seperti “Baik” atau “Buruk”), p_i , q_i , dan r_i adalah parameter konsekuensi. Dan dapat direpresentasikan dengan arsitektur pada Gambar 7. ANFIS terdiri dari 5 *layer* (lapisan), yaitu:

Layer 1: Pada *Layer* ini *membership function* $\mu_{A_1}(x)$, $\mu_{A_2}(x)$, $\mu_{B_1}(y)$ dan $\mu_{B_2}(y)$ dari setiap elemen didefinisikan.

Layer 2: Setiap *node* pada *Layer* ini diberi label Π , yang artinya adalah operasi perkalian setiap signal yang masuk dari *Layer* 1 sedemikian hingga,

$$w_i = \mu_{A_i}(x) \times \mu_{B_i}(y), \quad i = 1, 2 \quad (12)$$

Setiap output dari *node* merepresentasikan *firing strength* dari *fuzzy IF-THEN rule*.

Layer 3: Pada *Layer* ini dihitung rasio dari setiap *firing strength* terhadap total dari seluruh *firing strength* atau disebut juga sebagai normalisasi *firing strength*:

$$\bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2}, \quad i = 1, 2 \quad (13)$$

Layer 4: Pada *Layer* ini dilakukan kalkulasi antara output dari *Layer* 3 dengan fungsi

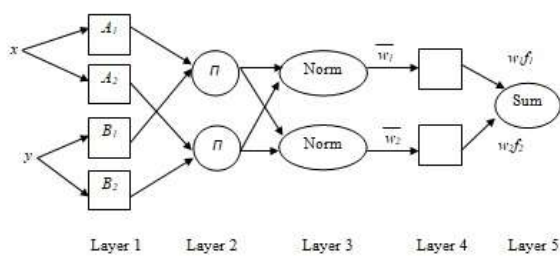
Takagi-Sugeno yang dimodelkan berdasarkan data dengan domain tertentu,

$$\bar{w}_i f_i = \bar{w}_i (p_i x + q_i y + r) \quad (14)$$

dengan \bar{w}_i adalah *normalized firing strength* pada *Layer 3* dan p_i, q_i dan r_i adalah parameter-parameter pada neuron tersebut. Parameter-parameter ini biasa disebut parameter konsekuen

Layer 5: Pada *Layer* terakhir dilakukan perhitungan untuk total output dari seluruh *node* yang berada pada *Layer 4*,

$$\text{Total output} = \sum_i \bar{w}_i f_i = \frac{\sum_i \bar{w}_i f_i}{\sum_i \bar{w}_i} \quad (15)$$



Gambar 7. Arsitektur ANFIS

Pada penelitian ini ANFIS digunakan untuk mengetahui kondisi penderita DM khususnya kondisi gula darah setelah 2 jam muatan glukosa, indeks massa tubuh, tekanan darah, jumlah kehamilan, ketebalan lipatan kulit *triceps*, kadar insulin dalam darah, riwayat diabetes dalam keluarga dan usia penderita apakah menderita diabetes atau tidak diabetes yang kemudian akan menjadi dasar penyusunan menu yang memenuhi standar kesehatan bagi penderita DM.

2.5 Algoritma Genetika

Genetic Algorithm (GA) atau Algoritma Genetika adalah bagian dari *Evolutionary Algorithm* yaitu suatu algoritma yang mencontoh proses evolusi alami dimana konsep utamanya adalah individu-individu yang paling unggul akan bertahan hidup, sedangkan individu-individu yang lemah akan punah [15]. Keunggulan individu-individu ini diuji melalui suatu fungsi yang dikenal sebagai *fitness function*. *Fitness* dalam GA didefinisikan sebagai gambaran kelayakan suatu solusi terhadap suatu permasalahan. *Fitness Function* akan menghasilkan suatu nilai *fitness value* yang akan menjadi referensi untuk proses GA selanjutnya.

Berikut adalah proses dan langkah-langkah GA secara umum:

1. Membangkitkan populasi awal atau inialisasi populasi.
2. Perhitungan *fitness value*.
3. Proses Seleksi.
4. Proses *Crossover*.
5. Kemudian kromosom-kromosom yang telah dipindahsilang (*crossover*) akan mengalami mutasi.
6. Selama nilai optimal belum dicapai, akan terus melakukan iterasi (sampai mencapai jumlah generasi yang diinginkan).
7. Setelah proses GA selesai, akan didapatkan hasil kromosom-kromosom yang terbaik.

Operator pada GA terdiri atas sejumlah parameter kontrol yang terdiri dari [19]:

1. Ukuran populasi: mendefinisikan berapa banyak kromosom dan berapa banyak gen didalam satu kromosom yang terlibat selama proses pencarian
2. Probabilitas *crossover*: didefinisikan sebagai rasio jumlah *offspring* yang dihasilkan dalam tiap generasi atas ukuran populasi
3. Probabilitas mutasi: menunjukkan kemungkinan terjadi mutasi pada gen-gen yang menyusun sebuah kromosom.
4. Kriteria terminasi: menspesifikasikan kondisi berakhirnya pencarian solusi pada GA.

Operator genetik yang digunakan setelah proses evaluasi tahap pertama membentuk populasi baru dari generasi sekarang. Operator-operator tersebut adalah operator seleksi, *crossover* dan mutasi.

2.6 Penelitian-penelitian Sejenis

Tabel 2. Penelitian-penelitian terdahulu

No.	Nama Peneliti	Judul	Isi	Tahun
1.	Lili Ayu Wulandari, Aditya Kurniawan	<i>Genetic Algorithm Approach in Optimizing the Energy Intake for Health Purpose</i>	Mengajukan suatu teknik di dalam penyusunan dan kalkulasi konsumsi makanan yang memenuhi gizi seimbang untuk masyarakat tetapi dengan kondisi normal menggunakan GA	2016
2.	Sri Vijay Bharat Peddi dkk	<i>Cloud Based Virtualization for a Calorie Measurement E-Health Mobile Application</i>	Mengajukan suatu teknik didalam penyusunan dan kalkulasi konsumsi makanan yang memenuhi gizi seimbang untuk masyarakat normal dengan berbasis <i>cloud</i>	2015
3.	Parisa Pouladzadeh dkk	<i>Measuring Calorie and Nutrition from Food Image</i>	Mengajukan suatu teknik didalam penyusunan dan kalkulasi konsumsi makanan yang memenuhi gizi seimbang untuk masyarakat normal dengan berdasarkan citra makanan	2014
4.	Marios Anthimopoulos dkk	<i>Computer Vision-Based Carbohydrate Estimation for Type 1 Patients With Diabetes Using Smartphones</i>	Mengajukan suatu teknik perhitungan kebutuhan kalori tanpa memberikan saran makanan yang baik untuk dikonsumsi sehari-hari untuk penderita DM	2015
5.	Amine dkk	<i>Diet, Nutrition and The Prevention of Chronic Diseases</i>	Mengajukan suatu teknik perhitungan kebutuhan kalori tanpa memberikan saran makanan yang baik untuk dikonsumsi sehari-hari untuk penyakit kronis	2003
6.	Melfazen dkk	<i>Carbohydrate Counting untuk Penderita DM dengan Terapi Insulin Menggunakan Algoritma Koloni Lebah Buatan</i>	Mengajukan saran penyajian menu makanan dengan menggunakan metode algoritma koloni lebah buatan untuk menghitung karbohidrat dan ukuran penyajian makanan	2012
7.	Artika dkk	<i>Implementasi Algoritma Genetika Untuk Optimasi Komposisi Makanan Bagi Penderita DM</i>	Optimasi komposisi makanan bagi penderita DM dengan menggunakan pendekatan algoritma genetika	2015

Berdasarkan tabel di atas dapat disimpulkan bahwa:

- Penelitian sebelumnya hanya menyajikan suatu teknik penyajian makanan untuk kondisi normal atau dalam keadaan sehat dengan menggunakan GA saja dan metode lain seperti dengan berbasis *cloud* dan berdasarkan citra makanan.
- Penelitian sebelumnya hanya mengajukan suatu teknik perhitungan kebutuhan kalori tanpa memberikan saran makanan yang baik untuk penderita penyakit kronis dan DM.
- Penelitian sebelumnya mengajukan saran penyajian menu makanan untuk penderita DM tetapi menggunakan

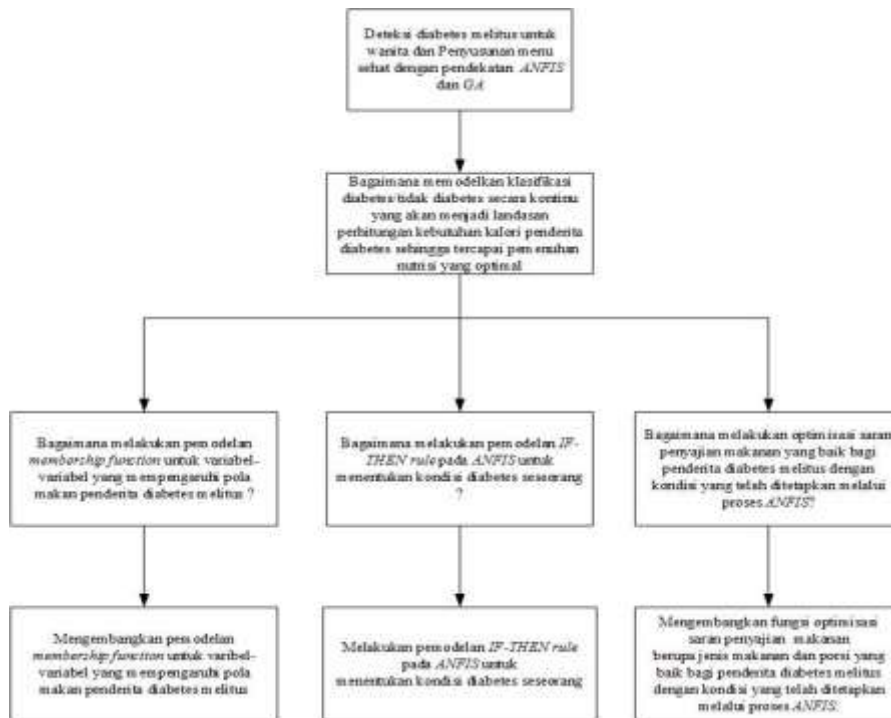
metode lain yaitu dengan menggunakan metode algoritma koloni lebah buatan dan GA saja.

Sedangkan di dalam penelitian ini akan diajukan suatu teknik penyajian makanan dengan menggunakan pendekatan ANFIS dan GA dan juga dengan melihat kebutuhan kalori perhari dari penderita diabetes serta memperhatikan keanekaragaman makanan sehingga sesuai dengan 4 pilar gizi seimbang seperti yang telah ditetapkan oleh Kementerian Kesehatan RI.

III. METODOLOGI

3.1 Kerangka Berpikir

Dalam melakukan penelitian ini ditemukan beberapa permasalahan, penyelesaian masalah tersebut dipaparkan dalam kerangka berpikir yang terdapat pada Gambar 8.



Gambar 8. Kerangka berpikir

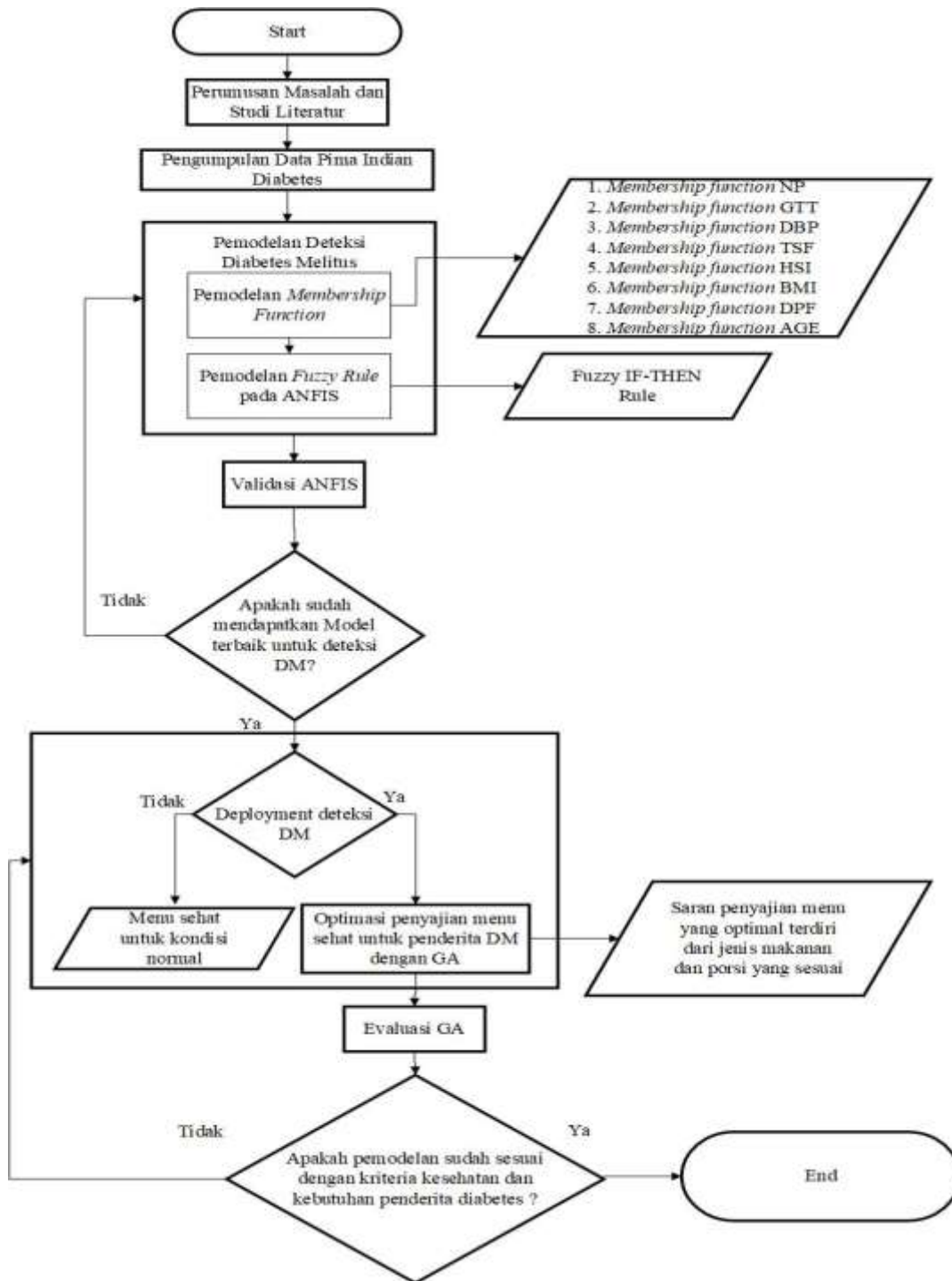
3.2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan di dalam penelitian ini terbagi dalam beberapa tahap, yaitu:

1. Perumusan masalah dan studi literatur.
2. Pengumpulan data.
3. Pemodelan deteksi DM yang terdiri dari pemodelan *membership function* yang berasal dari 8 variabel input yang diambil dari *Pima Indian Diabetes Dataset*, dan pemodelan *fuzzy rule* pada ANFIS.
4. Tahap validasi ANFIS.

5. Algoritma optimasi penyajian menu makanan untuk penderita diabetes melitus berdasarkan output dari ANFIS dengan menggunakan GA.
6. Tahap evaluasi dengan menggunakan GA, sehingga dapat dibuktikan bahwa model yang telah dikembangkan memenuhi kriteria kesehatan dan kebutuhan penderita diabetes melitus.

Semua tahapan di atas akan digambarkan ke dalam Metodologi Penelitian yang terdapat pada Gambar 9.



Gambar 9. Metodologi penelitian

3.2.1 Perumusan Masalah dan Studi Literatur

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana mengembangkan sebuah model yang akan memberikan saran penyajian makanan yang baik bagi penderita DM dengan mempertimbangkan kondisi penderita DM

dan keragaman makanan. Dalam hal ini dibagi atas beberapa sub masalah yaitu:

- a. Bagaimana melakukan pemodelan *membership function* untuk variabel-variabel yang mempengaruhi pola makan penderita diabetes melitus yaitu kondisi gula darah setelah 2 jam muatan glukosa, indeks massa tubuh, tekanan darah, jumlah kehamilan,

- ketebalan lipatan kulit *triceps*, kadar insulin dalam darah, riwayat diabetes dalam keluarga dan usia penderita?
- b. Bagaimana melakukan pemodelan *IF-THEN rule* pada ANFIS untuk menentukan kondisi diabetes seseorang yang terbagi kedalam 2 class yaitu Tidak Diabetes dan Diabetes?
 - c. Bagaimana melakukan optimisasi saran penyajian makanan yang baik bagi penderita diabetes melitus dengan kondisi yang telah ditetapkan melalui proses ANFIS?

Tahap analisa masalah dilakukan dengan:

1. Konsultasi dan wawancara dengan yang ahli di bidangnya, yaitu dengan dr. Briliana. P. Sabirin, SpPD dan dr. Tetty H, SpGK selaku ahli untuk spesialis Penyakit dalam dan spesialis gizi yang berasal dari RSUD Tarakan.
2. Mempelajari isu-isu terkini pada penderita DM mengenai masalah-masalah yang berkaitan dengan penyakit diabetes melitus.
3. Tinjauan pustaka juga dilakukan terhadap penelitian-penelitian terdahulu mengenai masalah-masalah yang berkaitan dengan penyakit diabetes melitus dan mengenai penerapan pembelajaran mesin (*machine learning*) dan kecerdasan komputasi (*computational intelligence*) dalam memodelkan kriteria diabetes dan susunan kebutuhan nutrisi seseorang khususnya penderita diabetes melitus.

3.2.2 Pengumpulan Data

Di dalam penelitian ini, data utama yang digunakan adalah:

1. *Dataset Pima Indian Diabetes* sebagai data pasien penderita diabetes. Dataset Pima diambil dari *UCI Machine Learning Repository* yaitu berasal dari *Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases* yang berada di Amerika Serikat yaitu data yang diambil dari wanita suku Indian Pima. Dataset Pima ini terdiri dari 768 data klinis yang

- semuanya berasal dari jenis kelamin wanita dengan usia sekurang-kurangnya 21 tahun. Dari 768 data yang terdiagnosa positif diabetes berjumlah 268 dan sisanya berjumlah 500 adalah negatif diabetes. *Dataset Pima* mempunyai 8 atribut dan 2 class yaitu 0 dan 1. Untuk nilai 1 yang artinya positif diabetes dan nilai 0 negatif diabetes. Untuk atribut *dataset Pima* dapat dilihat pada Tabel 3.
2. Data Makanan sebagai data menu makanan diambil dari Tabel Komposisi Pangan Indonesia yang terdiri dari makanan pokok, lauk pauk, sayuran dan buah yang total semuanya berjumlah 312 data makanan beserta nilai energi, protein, lemak dan karbohidrat dari masing-masing makanan yang terdapat pada Tabel 4.

Tabel 3. Atribut dataset pima indians diabetes

No.	Atribut	Singkatan	Deskripsi	Satuan
1.	<i>Number of times pregnant</i>	<i>NP</i>	Banyaknya kehamilan	-
2.	<i>Plasma glucose concentration a 2 hours in oral glucose tolerance test</i>	<i>GTT</i>	Kadar glukosa 2 jam setelah konsumsi larutan glukosa	Mg/dL
3.	<i>Diastolic blood pressure</i>	<i>DBP</i>	Tekanan darah diastolic	Mm Hg
4.	<i>Triceps skin fold thickness</i>	<i>TSF</i>	Ketebalan Lipatan kulit <i>triceps</i>	Mm
5.	<i>2-Hour serum insulin</i>	<i>HSI</i>	Kadar Insulin di dalam darah 2 jam setelah makan	Mu U/ml
6.	<i>Body Mass Index Diabetes</i>	<i>BMI</i>	Berat massa tubuh	Kg/m ²
7.	<i>Diabetes pedigree function</i>	<i>DPF</i>	Fungsi Riwayat diabetes dalam keluarga	-
8.	<i>Age</i>	<i>AGE</i>	Umur	Years
9.	<i>Class Variable (0 or 1)</i>		Positif diabetes (1) dan negatif diabetes (0)	-

Tabel 4. Atribut data makanan

No.	Atribut	Deskripsi	Satuan
1.	Nama Makanan	Nama makanan matang	-
2.	Nilai Energi	Komposisi nilai energi	Kkal
3.	Nilai Protein	Komposisi nilai protein	Gram
4.	Nilai Lemak	Komposisi nilai Lemak	Gram
5.	Nilai Karbohidrat	Komposisi nilai Karbohidrat	Gram

Untuk nilai protein, lemak dan karbohidrat di dalam data makanan akan disamakan semua ke dalam bentuk kilo kalori (kkal), seperti yang ditunjukkan pada persamaan 16 s/d 18 [1].

$$1 \text{ gram protein} = 4 \text{ kal} \quad (16)$$

$$1 \text{ gram lemak} = 9 \text{ kal} \quad (17)$$

$$1 \text{ gram karbohidrat} = 4 \text{ kal} \quad (18)$$

3.2.3 Pemodelan

Untuk pemodelan pada penelitian ini terdiri dari:

1. Tahap pemodelan *membership function* yang variabel inputnya diambil dari *Pima Indians Diabetes Dataset* yang berasal dari *UCI Machine Learning Repository* yang terdiri dari 8 variabel input yaitu *Number of Pregnant (NP)*, *Plasma glucose concentration a 2 hours in an oral glucose tolerance test (GTT)*, *Diastolic blood pressure (DP)*, *Triceps skin fold thickness (TSF)*, *2-Hour serum insulin (HSI)*, *Body Mass Index (BMI)*, *Diabetes pedigree function (DPF)* dan *Age*.
2. Tahap pemodelan *fuzzy rule* untuk ANFIS, digunakan untuk menentukan kondisi diabetes seseorang yang terbagi kedalam 2 *class* yaitu Tidak Diabetes dan Diabetes.
3. Dan algoritma optimasi penyajian menu sehat berdasarkan output dari ANFIS dengan menggunakan algoritma genetika (GA).

3.2.3.1 Pemodelan Membership function

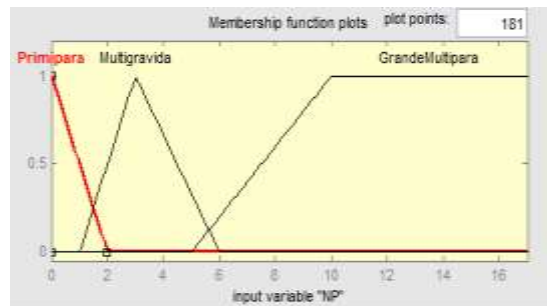
Berdasarkan wawancara yang telah dilakukan dengan dr. Briliana. P. Sabirin, SpPD maka pemodelan *membership function* yang terdiri dari 8 variabel Input dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Variabel *NP*

Variabel *NP* ini dibagi dalam 3 kategori yaitu:

$$\text{Status } NP = \begin{cases} \text{Primipara} & , \text{ if } NP < 2 \\ \text{Multigravida} & , \text{ if } 2 \leq NP < 5 \\ \text{GrandeMultipara} & , \text{ if } NP \geq 5 \end{cases}$$

Dari pembagian kategori ini nantinya dapat diketahui fungsi keanggotaannya (*membership function*) pada setiap himpunan *fuzzy* primipara, multigravida, grandemultipara [20]. Adapun kurvanya ditunjukkan pada Gambar 10.



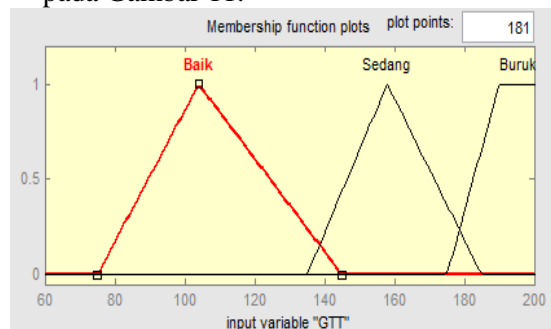
Gambar 10. Kurva himpunan *fuzzy* variabel *NP*

2. Variabel *GTT*

Variabel *GTT* ini dibagi dalam 3 kategori yaitu:

$$\text{Status } GTT = \begin{cases} \text{Baik} & , \text{ if } GTT < 145 \\ \text{Sedang} & , \text{ if } 145 \leq GTT \leq 179 \\ \text{Buruk} & , \text{ if } GTT \geq 180 \end{cases}$$

Dari pembagian kategori ini nantinya dapat diketahui fungsi keanggotaannya (*membership function*) pada setiap himpunan *fuzzy* baik, sedang, buruk [12]. Adapun kurvanya ditunjukkan pada Gambar 11.



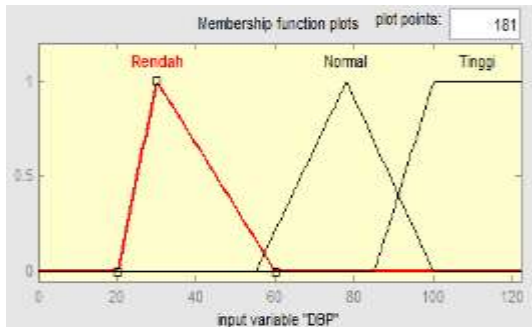
Gambar 11. Kurva himpunan *fuzzy* variabel *GTT*

3. Variabel *DBP*

Variabel *DBP* ini dibagi dalam 3 kategori yaitu:

$$\text{Status } DBP = \begin{cases} \text{Rendah} & , \text{ if } DBP < 80 \\ \text{Normal} & , \text{ if } 80 \leq DBP \leq 90 \\ \text{Tinggi} & , \text{ if } DBP \geq 90 \end{cases}$$

Dari pembagian kategori ini nantinya dapat diketahui fungsi keanggotaannya (*membership function*) pada setiap himpunan *fuzzy* rendah, normal, tinggi [12]. Adapun kurvanya ditunjukkan pada Gambar 12.



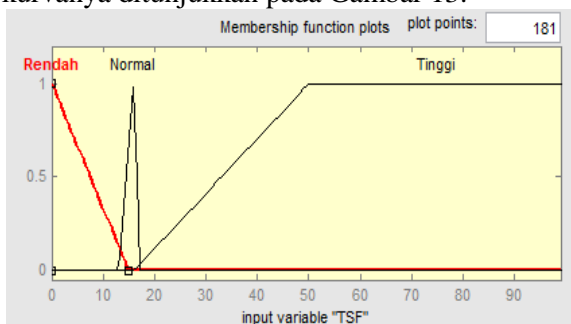
Gambar 12. Kurva himpunan *fuzzy* variabel DBP

4. Variabel TSF

Variabel TSF ini dibagi dalam 3 kategori yaitu:

$$\text{Status } TSF = \begin{cases} \text{Rendah} & , \text{ if } TSF < 15 \\ \text{Normal} & , \text{ if } 15 \leq TSF \leq 16.5 \\ \text{Tinggi} & , \text{ if } TSF \geq 16.5 \end{cases}$$

Dari pembagian kategori ini nantinya dapat diketahui fungsi keanggotaannya (*membership function*) pada setiap himpunan *fuzzy* rendah, normal dan tinggi [21]. Adapun kurvanya ditunjukkan pada Gambar 13.



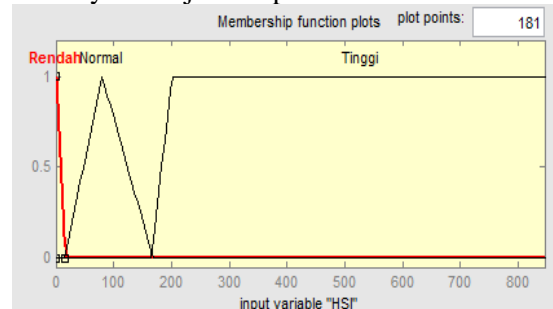
Gambar 13. Kurva himpunan *fuzzy* variabel TSF

5. Variabel HSI

Variabel HSI ini dibagi dalam 3 kategori yaitu:

$$\text{Status } HSI = \begin{cases} \text{Rendah} & , \text{ if } HSI < 16 \\ \text{Normal} & , \text{ if } 16 \leq HSI \leq 166 \\ \text{Tinggi} & , \text{ if } HSI \geq 166 \end{cases}$$

Dari pembagian kategori ini nantinya dapat diketahui fungsi keanggotaannya (*membership function*) pada setiap himpunan *fuzzy* rendah, normal, tinggi [21]. Adapun kurvanya ditunjukkan pada Gambar 14.



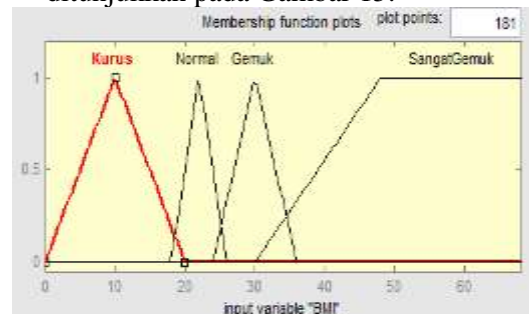
Gambar 14. Kurva himpunan *fuzzy* variabel HIS

6. Variabel BMI

Variabel BMI ini dibagi dalam 4 kategori yaitu:

$$\text{Status BMI} = \begin{cases} \text{Kurus} & , \text{ if } BMI < 20 \\ \text{Normal} & , \text{ if } 20 \leq BMI \leq 25 \\ \text{Gemuk} & , \text{ if } 25 \leq BMI \leq 35 \\ \text{Sangat gemuk} & , \text{ if } BMI \geq 35 \end{cases}$$

Dari pembagian kategori ini nantinya dapat diketahui fungsi keanggotaannya (*membership function*) pada setiap himpunan *fuzzy* kurus, normal, gemuk, sangat gemuk. Adapun kurvanya ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15. Kurva himpunan *fuzzy* variabel BMI

7. Variabel DPF

Variabel DPF ini dibagi dalam 5 kategori yaitu:

$$\text{Status } DPF = \begin{cases} \text{Sangat Rendah} & , \text{ if } DPF < 0.244 \\ \text{Rendah} & , \text{ if } 0.245 \leq DPF \leq 0.525 \\ \text{Sedang} & , \text{ if } 0.526 \leq DPF \leq 0.805 \\ \text{Tinggi} & , \text{ if } 0.806 \leq DPF \leq 1.11 \\ \text{Sangat Tinggi} & , \text{ if } DPF \geq 1.11 \end{cases}$$

Dari pembagian kategori ini nantinya dapat diketahui fungsi keanggotaannya (*membership function*)

pada setiap himpunan *fuzzy* Sangat rendah, Rendah, Sedang, Tinggi dan Sangat Tinggi [22] [3]. Adapun kurvanya ditunjukkan pada Gambar 16.



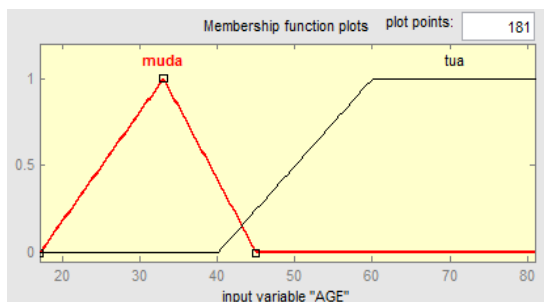
Gambar 16. Kurva himpunan *fuzzy* variabel DPF

8. Variabel *AGE*

Variabel *AGE* ini dibagi dalam 2 kategori yaitu:

$$\text{Status } AGE = \begin{cases} \text{Muda} & , \text{ if } AGE < 45 \\ \text{Tua} & , \text{ if } AGE \geq 45 \end{cases}$$

Dari pembagian kategori ini nantinya dapat diketahui fungsi keanggotaannya (*membership function*) pada setiap himpunan *fuzzy* muda, tua. Adapun kurvanya ditunjukkan pada Gambar 17.



Gambar 17. Kurva himpunan *fuzzy* variabel *AGE*

3.2.3.2 Pemodelan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS)

Pemodelan *IF-THEN rule* pada ANFIS digunakan untuk menentukan kondisi diabetes seseorang yang terbagi kedalam 2 *class* yaitu Tidak Diabetes dan Diabetes. Untuk pemodelan *IF-THEN rule* pada ANFIS menggunakan sistem *fuzzy* Takagi Sugeno untuk mengambil keputusan berdasarkan *rule* (aturan) *fuzzy IF-THEN* dan fakta yang ada. Model *fuzzy* Takagi Sugeno yang digunakan adalah *fuzzy* Takagi Sugeno Kang yang

menghasilkan output linier. Berdasarkan *Rule* yang berkaitan dengan nilai variabel.

Arsitektur ANFIS ditentukan oleh jumlah kriteria dan parameter. Terdapat 8 input kriteria yang akan digunakan di dalam pemodelan ANFIS yaitu *NP* (jumlah kehamilan), *GTT* (kadar gula darah 2 jam setelah makan), *DBP* (tekanan darah *diastolic*), *TSF* (ketebalan lipatan kulit *triceps*), *HSI* (kadar insulin dalam darah 2 jam setelah makan), *BMI* (indeks massa tubuh), *DPF* (fungsi riwayat diabetes dalam keluarga) dan *AGE* (usia) dimana masing-masing kriteria mempunyai jumlah paramater yang berbeda-beda.

Di dalam pemodelan *IF-THEN rule* pada ANFIS, 8 variabel input kriteria akan dibandingkan secara bertahap yaitu dengan mengambil variabel yang paling berpengaruh didalam menentukan diabetes atau tidaknya seseorang, tujuannya adalah agar mempercepat waktu proses. Berdasarkan wawancara yang telah dilakukan dengan dr. Briliana. P. Sabirin, SpPD selaku pakar untuk spesialis Penyakit dalam, adapun variabel input yang paling berpengaruh bagi penderita diabetes melitus secara berurutan adalah *GTT*, *AGE*, *DPF*, *BMI*, *HSI*, *DBP*, *NP* dan *TSF*, sehingga proses ANFIS dijelaskan sebagai berikut:

Tahap 1: Variabel input *GTT* dan *AGE* akan menghasilkan nilai output 1 yang akan dibandingkan dengan variabel selanjutnya.

Tahap 2: Output 1 yaitu variabel *GTT* dan *AGE* akan dibandingkan dengan variabel input *DPF*.

Tahap 3: Output 2 yaitu variabel *GTT*, *AGE*, *DPF* akan dibandingkan dengan variabel input *BMI*.

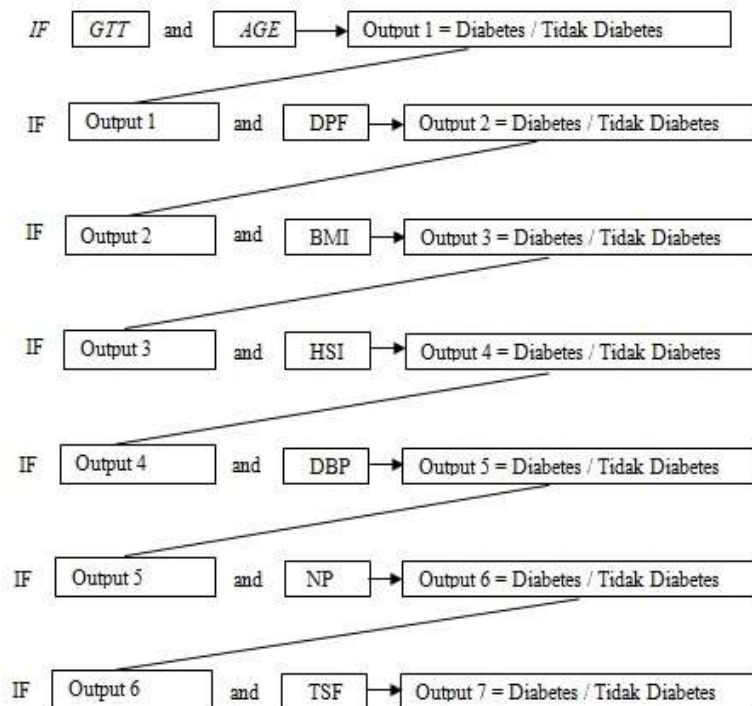
Tahap 4: Output 3 yaitu variabel *GTT*, *AGE*, *DPF*, *BMI* akan dibandingkan dengan variabel input *HSI*.

Tahap 5: Output 4 yaitu variabel *GTT*, *AGE*, *DPF*, *BMI*, *HSI* akan dibandingkan dengan variabel input *DBP*.

Tahap 6: Output 5 yaitu variabel *GTT*, *AGE*, *DPF*, *BMI*, *HSI*, *DBP* akan dibandingkan dengan variabel input *NP*.

Tahap 7: Output 6 yaitu variabel *GTT*, *AGE*, *DPF*, *BMI*, *HSI*, *DBP*, *NP* akan dibandingkan dengan variabel input *TSF*.

Aturan umum *fuzzy* Takagi Sugeno dengan *n rule fuzzy IF-THEN* dihasilkan pada Gambar 18.



Gambar 18. Pemodelan *IF THEN rule* pada ANFIS

Untuk mengembangkan fungsi optimisasi saran penyajian makanan berupa jenis makanan dan porsi yang baik bagi penderita diabetes melitus yaitu dengan kondisi yang telah ditetapkan melalui proses ANFIS sebelumnya akan dilakukan dengan menggunakan pendekatan Algoritma Genetika (GA).

3.2.3.3 Optimasi menu makanan sehat dengan menggunakan Algoritma Genetika (GA)

Berdasarkan wawancara yang telah dilakukan dengan dr. Tetty H, SpGK bahwa di dalam menentukan menu makanan untuk penderita diabetes (diabetasi) harus dihitung terlebih dahulu jumlah kalori yang dibutuhkan dalam sehari atau disebut juga *Energy Requirement* (ER). Untuk menghitung ER maka diperlukan nilai BMR (*Basal Metabolic Rate*). Nilai BMR ditentukan dengan menggunakan Persamaan 1 dan 2.

Berat Badan (BB) dihitung dari BMI yang terdapat didalam data pima yaitu dengan persamaan:

$$BB = (BMI \times (TB)^2) \tag{19}$$

Untuk Tinggi Badan (TB) diasumsikan dari tinggi badan rata-rata wanita yaitu 160 cm yang diubah kedalam satuan meter sehingga menjadi 1.6 m, dan Usia diperoleh dari data yang berasal dari *database Pima Indian*

Dataset. Berdasarkan nilai BMR maka ER dihitung sesuai dengan tingkat aktivitas fisik atau *Physical Activitas Level* (PAL) sehingga kebutuhan energinya (ER) adalah dengan menggunakan persamaan 3. Di mana ER adalah kebutuhan energi dan PAL adalah faktor PAL didasarkan pada aktivitas fisik setiap individu.

Untuk Nilai PAL yang diambil adalah untuk tingkat aktivitas ringan yaitu 1.375. Selanjutnya adalah menghitung Total kebutuhan energi (ERtotal) yaitu dengan menggunakan persamaan 4 – 6 sesuai dengan hasil BMI nya. Setelah didapatkan Total kebutuhan energi (ERtotal) dalam sehari (dalam satuan kalori) maka jumlah total kalori tersebut akan di bagi tiga yaitu untuk karbohidrat, protein dan lemak sesuai dengan komposisi yang telah ditetapkan untuk penderita diabetes.

Setiap makanan yang dikonsumsi idealnya harus berisi makanan pokok, lauk pauk, sayuran dan buah-buahan yaitu tercapainya keanekaragaman pangan yang sesuai dengan isi 4 pilar gizi seimbang [1]. Makanan ini memiliki peran dalam memberikan kontribusi asupan energi, atau dengan kata lain, total asupan energi disumbangkan oleh makanan pokok, lauk pauk, sayuran dan buah-buahan. Oleh karena

itu total asupan energi atau *total energy intake* (TE) ditulis dengan persamaan berikut:

$$TE = x_1MP + x_2LK + x_3S + x_4B \quad (20)$$

di mana,

x_1, x_2, x_3, x_4 : adalah jumlah porsi, untuk makan pagi sebesar ½ porsi, makan siang dan makan malam sebesar 1 porsi

MP : adalah nilai Energi makanan pokok
 LK : nilai Energi lauk
 S : nilai Energi sayuran
 B : nilai Energi buah

Untuk contoh data makanan akan ditunjukkan pada Tabel 5 di bawah ini:

Tabel 5. Contoh tabel data makanan

No	Nama Makanan	Komposisi Zat Gizi makanan per 100 gram			
		Energi (kkal)	Protein (g)	Lemak (g)	Karbohidrat (g)
Makanan Pokok					
1.	Nasi	180	3	0.3	39.8
2.	Nasi Beras Merah	149	2.8	0.4	32.5
.
37.	Nasi tim	120	2.4	0.4	26
Lauk Pauk					
38.	Tahu goreng	115	9.7	8.5	2.5
39.	Rendang sapi	193	22.6	7.9	7.8
.
149.	Mujahir pepes	121	21.7	2.8	0.8
Sayuran					
150.	Bayam kukus	30	1.3	0.7	5.8
151.	Buncis rebus	30	2.2	0.2	6.4
.
262.	Sayur asem	29	0.7	0.6	5
Buah					
263.	Apel	58	0.3	0.4	14.9
264.	Mangga indramayu	72	0.8	0.2	18.7
.
312.	Semangka	28	0.5	0.2	6.9

Algoritma genetika (GA) digunakan untuk optimasi komposisi bahan makanan bagi diabetasi berdasarkan kondisi yang telah ditetapkan sebelumnya melalui proses ANFIS. Untuk tahapan prosesnya adalah sebagai berikut:

1. Inisialisasi kromosom sebanyak n, yaitu:

$$\text{Chro} = \begin{bmatrix} MP_1 & LK_1 & S_1 & B_1 \\ MP_2 & LK_2 & S_2 & B_2 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ MP_n & LK_n & S_n & B_n \end{bmatrix}$$

dimana:

n : adalah jumlah kromosom

MP : adalah Makanan Pokok yang mempunyai indeks makanan 1-37

LK : adalah Lauk Pauk yang mempunyai indeks makanan 38-149

S : adalah Sayuran yang mempunyai indeks makanan 150-262

B : adalah Buah yang mempunyai indeks makanan 263-312

Kromosom terdiri atas gen-gen yang disusun oleh empat variabel yang akan memberikan kontribusi asupan energi yaitu makanan pokok, lauk-pauk, sayuran dan buah. Lalu dari masing-masing gen yang terdapat di setiap

kromosom akan dirandom sesuai dengan batas maksimal indeksnya masing-masing yang artinya setiap angka yang dihasilkan dari proses random mewakili nama jenis makanan yang terdapat di dalam *database* makanan.

2. Evaluasi nilai *fitness* (*fitness function*) dari masing-masing kromosom dengan menggunakan fungsi *fitness*. Dengan demikian fungsi *fitness* untuk mengoptimalkan asupan energi adalah selisih dari kebutuhan energi dan asupan energi seperti yang ditunjukkan dalam persamaan berikut:

$$FV = \max \left(\frac{1}{\text{Error}} \right) \quad (21)$$

dimana,

$$\text{Error} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (ER_{total_i} - TE_i)^2}}{n} \quad (22)$$

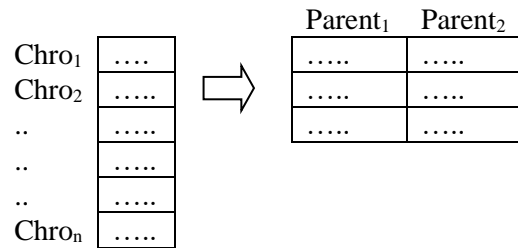
dimana:

- FV*: *Fitness Function* (Fungsi *Fitness*)
- ER_{total}* : *Total Energi Requirement* (Total Kebutuhan kalori per hari) (Pers. 4 - 6)
- TE*: *Total Energy intake* (Total asupan energi) (Pers. 20)
- n*: Total set konsumsi makanan

Nilai *fitness* suatu kromosom menggambarkan kualitas kromosom dalam populasi tersebut. Semakin tinggi nilai *fitness*nya maka akan semakin baik individu tersebut dan peluang untuk terpilih dalam proses seleksi semakin besar.

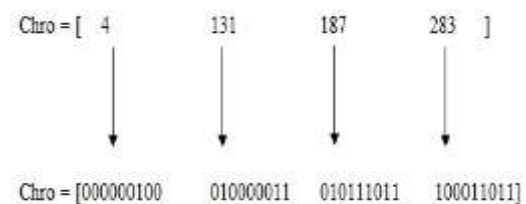
3. Proses seleksi yaitu dengan menggunakan metode *Roulette Wheel Selection*. Di dalam seleksi *Roulette Wheel* ini adalah dengan mencari nilai *probability* dari masing-masing kromosom yang telah ditetapkan yang bertujuan untuk mencari *fitness function* yang terbaik yaitu dengan cara membagi nilai *fitness* dari masing-masing kromosom dengan total nilai *fitness*. Seleksi dijalankan pada kromosom untuk menemukan *mating pool* yang berisi kromosom terbaik yaitu yang memiliki nilai *fitness* yang maksimal (terbesar).

4. *Parents selection* atau seleksi induk. Seleksi *parents* dilakukan dengan membagi 2 dari total jumlah kromosom yang telah terpilih melalui *Roulette Wheel Selection* secara random yang terdapat pada Gambar 19.



Gambar 19. *Parents selection*

5. Ubah nilai gen yang terdapat di dalam masing-masing *parents* ke dalam bilangan biner yang bertujuan untuk mempertahankan *diversity* atau keanekaragaman. Untuk masing-masing gen akan diubah ke dalam 9 buah bilangan biner atau 9 bit, jadi total dalam 1 kromosom akan terdapat $4 \times 9 = 36$ bilangan biner atau 36bit seperti ditunjukkan pada Gambar 20.



Gambar 20. Contoh mengubah kromosom terpilih ke dalam bilangan biner

6. Proses *Crossover* pada induk atau *parents* yang terpilih untuk mendapatkan anak (*offspring*) dengan menggunakan metode *Single point crossover*. *Crossover* dilakukan berdasarkan probabilitas atau *probability crossover* (*pc*) dimana *pc* menentukan banyaknya kromosom yang mengalami *crossover*. Misal nilai *pc* = 0.6. Range untuk nilai *pc* berkisar dari 0-1. Besarnya nilai *pc* ideal adalah di antara 0.4 sampai dengan 0.9 yang bertujuan agar tercapai keberagaman [23]. Maka:

$$Jc = pc * \text{jumlah kromosom} \quad (23)$$

dimana,

Jc : Jumlah kromosom yang akan mengalami *crossover*

Set angka random (R_n) sebagai pembandingan dengan nilai pc . Jika $R_n < pc$ maka lakukan *crossover*.

7. Proses mutasi untuk memastikan bahwa keanekaragaman dari kromosom dalam suatu populasi tetap terjaga yaitu dengan mengganti nilai gen dari 0 ke 1 atau sebaliknya. Yang diperlukan dalam melakukan mutasi adalah peluang mutasi atau *probability mutation* (pm) yaitu menentukan sejumlah gen yang dilibatkan dalam proses mutasi. Misalnya nilai pm adalah 0.8 maka:

$$B_m = pm * \text{jumlah kromosom} * \text{jumlah gen} \quad (24)$$

dimana,
 B_m : Banyak gen yang akan mengalami mutasi
8. Menjadikan kromosom anak hasil proses *Crossover* dan Mutasi sebagai Populasi baru.
9. Ubah kromosom ke dalam bentuk desimal.
10. Mengembalikan *range* MP, LK, S dan B ke dalam *range* yang benar.
11. Lakukan proses 2 hingga tercapai maksimum iterasi.
12. Ubah atau *convert* nilai numerik hasil proses GA ke dalam menu makanan, dimana nilai numerik menunjukkan indeks makanan.
13. Populasi baru yang dihasilkan adalah berupa kombinasi menu makanan yang telah dioptimasi atau yang memiliki nilai gizi yang paling optimal dengan menggunakan Algoritma Genetika.

3.2.4 Validasi dan Evaluasi

Proses validasi dan evaluasi dilakukan terhadap model untuk melihat apakah model yang telah dibangun sesuai dengan kriteria kesehatan dan memenuhi kebutuhan penderita DM. Setelah ANFIS menghasilkan sebuah model, maka model tersebut harus diuji validasinya terhadap kriteria model yang dikehendaki. Tujuan dari proses ini adalah untuk melihat seberapa jauh keberhasilan ANFIS melakukan pemodelan sistem.

ANFIS melakukan validasi model ini dengan cara membandingkan *output* dari data yang telah dilakukan pada proses pembelajaran (data *training*), dengan kumpulan data lain yang tidak dilakukan

proses pembelajaran, sehingga perbandingan tadi akan menghasilkan "*output*" yang dapat dijadikan ukuran tingkat keberhasilan model ini [24]. Metode validasi dan evaluasi yang akan digunakan adalah dengan membagi secara random sebesar 80% data latih atau *training* dan 20% data uji atau *testing*. Data yang digunakan dalam proses pembangunan model disebut data latih, sedangkan data yang akan digunakan untuk memvalidasi model disebut sebagai data uji.

Software yang digunakan untuk melakukan *training* (pembelajaran) dan *testing* (pengujian) menggunakan MATLAB versi R2013a. Eksperimen pada proses *training* dan *testing* dengan menggunakan ANFIS akan dilakukan sebanyak 5 kali percobaan pada masing-masing nilai epoch yang berbeda-beda. Pada proses optimasi menu makanan sehat dengan menggunakan GA akan dilakukan eksperimen sebanyak 5 kali percobaan dari masing-masing nilai parameter generasi yang berbeda.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil dari Pemodelan pada ANFIS

Pemodelan *IF-THEN rule* pada ANFIS dilakukan terhadap data *Pima Indian Diabetes Dataset* yang berjumlah 768 *record*. akan dibagi menjadi:

- a. 80% data *training* (proses pembelajaran) untuk pembentukan model sebanyak 614 data.
- b. 20% data *testing* (proses validasi data) untuk pengujian model sebanyak 154 data.

Variabel yang akan digunakan berjumlah 8 variabel input dan 1 variabel output. 8 variabel input tersebut adalah:

1. NP adalah *Number of times Pregnant* (banyaknya jumlah kehamilan).
2. GTT adalah *Plasma glucose concentration 2 hours in oral glucose tolerance test* (kadar gula darah 2 jam setelah konsumsi larutan glukosa).
3. DBP adalah *Diastolic Blood Pressure* (Tekanan darah diastolic).
4. TSF adalah *Triceps Skin fold thickness* (Ketebalan lipatan kulit *triceps*).

5. HSI adalah *2-hours serum insulin* (kadar insulin dalam darah 2 jam setelah makan).
6. BMI adalah *Body Mass Index* (Indeks Massa Tubuh)
7. DPF adalah *Diabetes Pedigree Function* (Fungsi riwayat diabetes dalam keluarga).
8. AGE adalah Usia.

Sedangkan 1 variabel outputnya adalah *class variable* yang bernilai 0 atau 1. 0 apabila tidak diabetes dan 1 adalah diabetes. Dari ke-8 variabel input tersebut akan dibandingkan secara bertahap, tahapannya terdiri dari 7 tahap seperti yang telah dijelaskan pada Bab tiga.

Dimulai dari variabel yang paling berpengaruh di dalam menentukan diabetes atau tidaknya seseorang sehingga urutannya akan menjadi *GTT, AGE, DPF, BMI, HSI, DBP, NP dan TSF*. Setelah dilakukan *training* dan *testing* terhadap data pima secara bertahap maka didapatkan hasil akurasinya adalah seperti yang terdapat pada Tabel 6 dan Gambar 21 di bawah ini:

Tabel 6. Hasil accuracy proses training dan testing pada ANFIS

No.	Epoch	Accuracy Training	Accuracy Testing
1.	100	87 %	72.1 %
2.	300	86.8 %	70.8 %
3.	500	87.1 %	70.1 %
4.	700	87.9 %	71.4 %
5.	1000	87.8 %	72.1 %
6.	2000	89.1 %	72.1 %



Gambar 21. Grafik hasil accuracy proses training dan testing pada ANFIS

Setelah dilakukan eksperimen dengan memberikan nilai *epoch* mulai dari 100, 300, 500, 700, 1000, 2000 yang dilakukan sebanyak

5 kali percobaan untuk masing-masing epoch maka hasil yang didapat menunjukkan bahwa dengan semakin banyak jumlah *Epoch* (perulangan) yang diberikan maka nilai akurasi yang dihasilkan juga semakin tinggi dan lebih akurat.

Hasil *output* yang dihasilkan dari pemodelan pada ANFIS memberikan hasil yang *continue* yang artinya hasil tersebut nilainya tidak berupa nilai diskrit (0 atau 1) tetapi berupa 0-0.5 untuk tidak diabetes dan 0.51-1 untuk diabetes yang nantinya akan menjadi bobot penentu untuk menghitung nilai *fitness* di dalam proses GA.

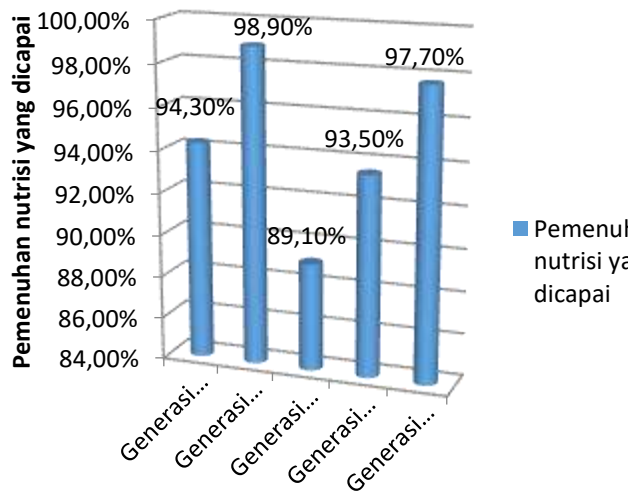
Hasil terbaik didapatkan pada epoch = 2000 yaitu sebesar 89.1% untuk *accuracy training* dan 72.1% untuk *accuracy testing*. Hasil akhir output yang diambil adalah yang menghasilkan akurasi yang terbaik untuk dilanjutkan ke langkah berikutnya yaitu optimasi menu makanan dengan menggunakan GA.

4.2 Hasil dari Optimasi Menu Makanan Sehat dengan Menggunakan GA

Untuk optimasi menu makanan sehat dengan menggunakan GA dilakukan setelah mendapatkan output dari pemodelan ANFIS. Selanjutnya hasil output tersebut akan menjadi bobot penentu untuk menghitung nilai *fitness* didalam proses GA. Pada penelitian ini akan dilakukan eksperimen dengan memberikan nilai untuk Jumlah kromosom = 10 dan Jumlah pasien = 10, Jumlah Generasi yang diberikan akan dimulai dari 20 – 150. Selanjutnya akan dilakukan eksperimen sebanyak 5 kali percobaan dari masing-masing generasi dan akan dilihat apakah pemenuhan nutrisinya sudah mencapai optimal atau belum yang artinya apakah sudah mencapai nilai *fitness* yang maksimal. Berikut hasilnya terdapat pada Tabel 7 dan Gambar 22. Untuk contoh daftar menu makanan yang telah dioptimasi menggunakan GA dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 7. Hasil optimasi yang dicapai

No.	Generasi	Pemenuhan nutrisi yang dicapai
1.	20	94.3 %
2.	40	98.9 %
3.	80	89.1 %
4.	100	93.5 %
5.	150	97.7 %



Gambar 22. Grafik hasil optimasi yang dicapai

Berdasarkan Tabel 7 dan Gambar 22 di atas, setelah dilakukan eksperimen dengan memberikan nilai generasi mulai dari 20 – 150 yang dilakukan sebanyak 5 kali percobaan untuk masing-masing generasi maka didapatkan hasil terbaik untuk pemenuhan nutrisi yang dicapai sebesar 98.9% dengan nilai *fitness* tertinggi pada jumlah generasi 40, jumlah kromosom 10, jumlah pasien 10 dan kombinasi *crossover rate* dan *mutation rate* yaitu 0.6:0.8. Hasil akhir yaitu kromosom terbaik yang menghasilkan menu makanan sehat yang memenuhi gizi atau nutrisi yang optimal dengan nilai *fitness* tertinggi.

Tabel 8. Contoh menu makanan yang sudah dioptimasi menggunakan GA

No.	Makanan Pokok	Lauk-Pauk	Sayuran	Buah
1.	Nasi Rames	Teri belad	Kacang Tanah Rebus	Salak bali
2.	Mie Celon	Pindang Layang	Peterseli	Apel
3.	Nasi Beras Merah	Mujahir acar kuning	Daun singkong ambon	Mangga Indramayu
4.	Nasi Rames	Dendeng itik alabio	Kacang panjang	Sawo duren
5.	Pundut Nasi	Telur ayam dadar	Kembang turi	Jeruk manis
6.	Nasi Beras Merah	Pempek belida	Rebung asam	Mangga manalagi

7.	Nasi Beras Merah	Pempek belida	Daun singkong ambon	Mangga kwini
8.	Nasi Beras Merah	Pempek adaan	Kacang kedelai rebus	Salak bali
9.	Nasi tim	Pencok lele	Gudeg	Pisang raja
10.	Nasi Tim	Pempek kulit	Toge goreng	Nanas

Tabel 8 di atas menunjukkan contoh tabel daftar menu makanan yang telah dioptimasi dengan menggunakan GA yaitu sudah memenuhi gizi atau nutrisi yang optimal dan tercapainya keanekaragaman makanan sesuai dengan 4 pilar gizi seimbang. Untuk pemberian *snack* diberikan di antara jam makan sebanyak 3x dengan menu berupa buah-buahan sama dengan buah yang akan diberikan di dalam menu makan besar.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini yaitu pemodelan pada ANFIS yang telah digunakan pada penelitian ini dapat memberikan hasil dengan akurasi terbaik sebesar 89.1% untuk *accuracy training* dan 72.1% untuk *accuracy testing* dengan *epoch* = 2000 untuk menentukan diabetes atau tidaknya seseorang. Hasil *output* yang dihasilkan dari pemodelan pada ANFIS memberikan hasil yang *continue* yang artinya hasil tersebut nilainya tidak berupa nilai diskrit (0 atau 1) tetapi nilainya berupa 0-0.5 untuk tidak diabetes dan 0.51-1 untuk diabetes yang nantinya akan menjadi bobot penentu untuk menghitung nilai *fitness* di dalam proses GA.

Hasil terbaik yang didapatkan dari proses GA adalah sebesar 98.9% untuk pemenuhan nutrisi yang dicapai dengan nilai *fitness* tertinggi pada jumlah generasi = 40, jumlah kromosom = 10, jumlah pasien = 10 dan kombinasi *crossover rate* dan *mutation rate* yaitu 0.6:0.8. Hasil akhir yang diperoleh adalah kromosom terbaik yang menghasilkan menu makanan sehat bagi penderita diabetes yang memenuhi gizi atau nutrisi yang optimal dan tercapainya keanekaragaman makanan sesuai dengan 4 pilar gizi seimbang seperti

yang telah ditetapkan oleh Kementerian Kesehatan RI.

5.2 Saran

Dalam penelitian ini perlu dilakukan beberapa peningkatan antara lain:

1. Penyesuaian parameter pada ANFIS sehingga *accuracy* pada proses *testing* dapat ditingkatkan.
2. Untuk data makanan perlu adanya penambahan dari Tabel Komposisi Pangan Indonesia sehingga variasi menu dapat lebih kaya dan beragam.
3. Untuk data makanan sebaiknya di dalam Tabel Komposisi Pangan Indonesia terdapat Ukuran Rumah Tangga (URT) untuk memudahkan peneliti membuat *range* porsi makanan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Kemenkes RI. (2014). *infodatin-diabetes.pdf*.
- [2]. Wulandhari, L. A., & Kurniawan, A. (2016). Genetic Algorithm Approach in Optimizing the Energy Intake for Health Purpose. In *Artificial Intelligence Perspectives in Intelligent Systems* (pp. 191–201). Springer
- [3]. Cipto, I. G. P. R. S. D. (2006). *Mangunkusumo dan Asosiasi Dietisien Indonesia. Penuntun Diet. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.*
- [4]. Lesmana, I. P. D. (2012). Pengembangan Decision Tree J48 Untuk Diagnosis Penyakit Diabetes Mellitus. *Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan*, (Semantik), 189–193.
- [5]. Lee, C., Member, S., & Wang, M. (2011). A Fuzzy Expert System for Diabetes Decision Support Application. *IEEE International Conference on Evolutionary Computation*, 41(1), 139–153.
- [6]. Virtual, C., & Sciences, N. (n.d.). CLOUD BASED VIRTUALIZATION FOR A CALORIE MEASUREMENT E- HEALTH MOBILE APPLICATION Sri Vijay Bharat Peddil, Abdulsalam Yassinel, Shervin Shirmohammadil,2.
- [7]. Pouladzadeh, P., Shirmohammadi, S., Member, S., & Al-maghrabi, R. (2014). Measuring Calorie and Nutrition From Food Image, 63(8), 1947–1956.
- [8]. Anthimopoulos, M., Dehais, J., Shevchik, S., Ransford, B. H., Duke, D., Diem, P., & Mougiakakou, S. (2015). Computer vision-based carbohydrate estimation for type 1 patients with diabetes using smartphones. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 9(3), 507–515.
- [9]. Amine, E., Baba, N., Belhadj, M., Deurenbery-Yap, M., Djazayery, a., Forrester, T., ... Yoshiike, N. (2003). Introduction. *DIET, NUTRITION AND THE PREVENTION OF Chronic Diseases: Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation*, 1–3. <http://doi.org/0512-3054>
- [10]. Melfazen, O., Dachlan, H. S., & Mustofa, A. (2012). Carbohydrate Counting untuk Penderita Diabetes Mellitus dengan Terapi Insulin Menggunakan Algoritma Koloni Lebah Buatan, 6(1), 29–36.
- [11]. American Diabetes Association. (2014). *Standards of Medical Care in Diabetes d 2014* (Vol. 37).
- [12]. PERKENI. (2011). *Buku Panduan Konsensus Pengendalian dan Pencegahan Diabetes Mellitus Type 2.*
- [13]. Mahan, L. K., & Raymond, J. L. (2016). *Krause's food & the nutrition care process.* Elsevier Health Sciences.
- [14]. Whyte, G., Loosemore, M., & Williams, C. (2015). *ABC of sports and exercise medicine.* John Wiley & Sons.
- [15]. Engelbrecht, A. P. (2007). *Computational intelligence: an introduction.* John Wiley & Sons.
- [16]. Kusumadewi, S. (2002). Analisis dan desain sistem fuzzy menggunakan Toolbox Matlab. *Graha Ilmu, Yogyakarta.*
- [17]. Jang, J.-S. R., Sun, C.-T., & Mizutani, E. (1997). Neuro-fuzzy and soft computing; a computational approach to learning and machine intelligence.
- [18]. Jang, J. R. (1993). ANFIS : Adap tive-Ne twork-Based Fuzzy Inference System, 23(3).
- [19]. Chikezie, C. U., Olowosulu, A. T., & Abejide, O. S. (2013). Multiobjective optimization for pavement maintenance and rehabilitation programming using

- genetic algorithms, 5(4), 76–83.
- [20]. Varney, H., Kriebs, J. M., & Gegor, C. L. (2007). Buku ajar asuhan kebidanan. *Jakarta: Egc.*
- [21]. Jonas, W. B. (2005). Dictionary of complementary and alternative medicine. *Journal of Alternative & Complementary Medicine, 11(4)*, 739–740.
- [22]. Buppajarntham, Saranya. Department of Internal Medicine, A. E. M. C. (2014). Reference Range of Insilin Levels. <http://emedicine.medscape.com/article/2089224-overview> [2017, Feb 24]
- [23]. Coley, D. A. (1999). *An introduction to genetic algorithms for scientists and engineers*. World Scientific Publishing Co Inc.
- [24]. Nilawati, L., Wahyudi, M., Informatika, M., Selatan, J., Komputer, I., & Selatan, J. (2015). Penilaian properti menggunakan metode anfis. *Konferensi Nasional Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi*, 127–132.