

**IMPLEMENTASI SISTEM PAKAR DIAGNOSIS PENYAKIT *DIABETES*
MELLITUS MENGGUNAKAN METODE *FUZZY LOGIC*
BERBASIS WEB**

**Tesis
untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-2 Program Studi
Magister Sistem Informasi**



**Fauzan Masykur
24010410400022**

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2012**

ABSTRAK

Jumlah penderita *Diabetes Mellitus* meningkat dari tahun ke tahun. Hal ini dikarenakan keterlambatan diagnosis penyakit dan juga karena gaya hidup yang tidak sehat. Penderita penyakit tersebut biasanya tidak menyadari kalau menderita penyakit *Diabetes Mellitus*. Pada penelitian ini, dibuat suatu sistem penegakan penyakit *Diabetes Mellitus* dengan Metode Sugeno. Variabel-variabel pendukung penegakan diagnosis penyakit tersebut digunakan dalam pembentukan himpunan *fuzzy*. Himpunan *fuzzy* itu akan diproses dengan Metode Sugeno sehingga menghasilkan suatu keputusan. Aplikasi yang dirancang telah diuji dengan melibatkan rekam medik diagnosa dari dokter, hasil keputusan yang dihasilkan aplikasi adalah sama dengan diagnosa dokter yang tertera di rekam medik. Secara umum aplikasi berbasis web ini bisa digunakan sebagai alat bantu dalam penegakan diagnosis penyakit *Diabetes Mellitus*).

Kata-kunci: logika fuzzy, sistem pakar, diabetes mellitus, web

ABSTRACT

Number of patients with Diabetes Mellitus increases from year to year. This is due to late diagnosis of disease and also because of an unhealthy lifestyle. The disease usually does not realize that the disease Diabetes Mellitus. In this study, made an enforcement system diseases Diabetes Mellitus with the Sugeno method. The variables supporting the diagnosis of the disease are used in the formation of a fuzzy set. Fuzzy set will be processed by the Sugeno method to produce a decision. Designed application has been tested with the involvement of medical records from physician diagnosis, the decision of the resulting application is the same as physician diagnosis listed in medical records. In general, web-based applications can be used as a tool in the diagnosis of Diabetes Mellitus.

Keyword : fuzzy logic, expert system, diabetes mellitus, web-based

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Setiap tahun, tren jumlah penderita diabetes kian meningkat. Berdasarkan data Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), Indonesia kini menempati urutan ke-4 terbesar dalam jumlah penderita Diabetes. Pada 2006, jumlah penderita *Diabetes Mellitus* (DM) di Indonesia mencapai 14 juta orang. Dari jumlah itu, baru 50% penderita yang sadar mengidap dan sekitar 30% di antaranya melakukan pengobatan secara teratur. Menurut beberapa penelitian epidemiologi, prevalensi diabetes di Indonesia berkisar 1,5 sampai 2,3 kecuali di Manado yang cenderung lebih tinggi yaitu 6,1% (Wahdah, 2011).

Klasifikasi etiologis *Diabetes Mellitus* menurut ADA 2005 yaitu *Diabetes Mellitus* tipe 1, *Diabetes Mellitus* tipe 2, *Diabetes Mellitus* tipe lain dan *Diabetes Kehamilan (Gestasional)*. Di Indonesia jumlah keseluruhan kasus penyakit *Diabetes Mellitus* tipe 1 belum diketahui secara pasti, tipe ini jarang ditemui. Hal ini disebabkan karena Indonesia terletak di khatulistiwa atau faktor genetik yang tidak mendukung. Lain halnya pada *Diabetes Mellitus* tipe 2 yang meliputi lebih dari 90% dari jumlah populasi penderita diabetes – untuk selanjutnya disebut diabetesi –, faktor lingkungan sangat berperan (Sudoyo, 2006). *Diabetes Mellitus* ini kalau dibiarkan akan mengakibatkan gangguan kesehatan yang serius.

Peningkatan jumlah diabetesi disebabkan keterlambatan penegakan diagnosis dan juga dikarenakan pola hidup yang tidak sehat. konsep *Fuzzy logic* sangat fleksibel dan mempunyai toleransi terhadap data-data yang tidak tepat serta didasarkan pada bahasa alami. Oleh karena itu diperlukan suatu sistem sebagai alat bantu dalam penentuan apakah pasien itu menderita *Diabetes Mellitus* atau tidak dengan konsep *Fuzzy logic*. Sistem yang digunakan sebagai alat bantu adalah sistem pakar

Penggunaan sistem pakar dapat diimplementasikan dengan mudah ke dalam bahasa mesin secara mudah dan efisien dengan menggunakan *fuzzy logic*. *Fuzzy logic* telah menjadi area riset yang mengagumkan karena kemampuannya dalam menjembatani bahasa mesin yang serba presisi dengan bahasa manusia yang cenderung tidak presisi yaitu dengan menekankan pada makna atau arti (*significance*). Bisa dibayangkan bahwa sistem *fuzzy* adalah sebuah mesin penerjemah bahasa manusia sehingga bisa dimengerti oleh bahasa mesin dan juga sebaliknya (Naba, 2009).

Sistem pakar dibuat hanya pada domain pengetahuan tertentu untuk suatu kepakaran tertentu yang mendekati kemampuan manusia di salah satu bidang saja.

Sistem pakar mencoba mencari penyelesaian yang memuaskan yaitu sebuah penyelesaian yang cukup bagus agar pekerjaan dapat berjalan walaupun itu bukan penyelesaian yang optimal (Hartati dan Iswanti, 2008).

Pada dasarnya sistem pakar diterapkan untuk mendukung aktivitas pemecahan masalah. Beberapa aktivitas pemecahan yang dimaksud antara lain: pembuatan keputusan (*decision making*), pemaduan pengetahuan (*knowledge fusing*), pembuatan desain (*designing*), perencanaan (*planning*), prakiraan (*forecasting*), pengaturan (*regulating*), pengendalian (*controlling*), diagnosis (*diagnosing*), perumusan (*prescribing*), penjelasan (*explaining*), pemberian nasihat (*advising*), dan pelatihan (*tutoring*). Selain itu sistem pakar juga dapat berfungsi sebagai asisten yang pandai dari seorang pakar.

Sistem pakar *fuzzy logic* dapat diterapkan menggunakan aplikasi *web* karena dengan aplikasi *web* bisa mudah digunakan oleh semua pihak tanpa batasan waktu. Dengan digunakan aplikasi *web*, *user* dapat dengan mudah dan cepat mengakses sistem.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Dari uraian di atas dapat di rumuskan permasalahan yang ditimbulkannya, yaitu Bagaimana membuat atau membangun suatu sistem untuk mendiagnosa penyakit *Diabetes Mellitus* melalui sistem pakar dengan metode *fuzzy logic* yang dapat digunakan bagi siapa saja dengan menggunakan metode Sugeno

1.3 BATASAN MASALAH

Dari pemaparan di bagian latar belakang diatas dapat dijadikan landasan untuk menentukan batasan masalah dalam penelitian yang akan dilakukan. Adapun batasan tersebut sebagai berikut :

1. Sistem pakar yang peneliti rancang ini hanya untuk mendiagnosis penyakit *Diabetes Mellitus*.
2. Sistem pakar ini nantinya berbasis web yang dapat digunakan siapa saja sebagai media pembelajaran khususnya dalam mendiagnosis penyakit *Diabetes Mellitus*.

3. Output dari rancang bangun sistem ini nanti berupa negatif diabetes, prediabetes, positif diabetes tipe 1, positif diabetes tipe 2.

1.4 KEASLIAN PENELITIAN

Penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan diagnosis penyakit yaitu yang dilakukan oleh Ali Keles, Ayturk Keles, Ugur Yavuz, pada tahun 2011. *Expert system based on neuro-fuzzy rules for diagnosis breast cancer*, namun pada penelitian ini dilakukan untuk mendiagnosis penyakit kanker payudara dengan menggunakan *neuro fuzzy*.

Penelitian yang lain dari yang diatas adalah penelitian yang dilakukan oleh Daoliang Li, Zetian Fu, Yanqing Duan pada tahun 2002 yang berjudul “*Fish-Expert: a web-based expert system for fish disease diagnosis*”, dalam penelitian yang mereka lakukan bahwa mereka melakukan penelitian mengenai kepakaran dalam mendiagnosis penyakit binatang yakni ikan.

Sedangkan penelitian yang akan peneliti lakukan adalah sistem pakar yang menggunakan metode *fuzzy logic* yang berbasis web. Yang peneliti maksud disini adalah sistem pakar yang berkaitan dengan bidang kesehatan terutama pada penyakit *Diabetes Mellitus*. Basis web yang akan penulis lakukan menggunakan PHP dan XAMPP yang nantinya bisa diakses siapa saja.

1.5 TUJUAN

Tujuan dari penelitian ini adalah rancang bangun sebuah aplikasi dari sistem pakar dalam bidang kesehatan yaitu diagnosis penyakit *Diabetes Mellitus*. Aplikasi ini digunakan untuk mendiagnosis penyakit *Diabetes Mellitus* dengan metode *fuzzy logic* dan aplikasi ini berbasis web sehingga bisa digunakan masyarakat secara gratis.

1.6 MANFAAT

Penelitian ini bermanfaat bagi banyak kalangan antara lain :

a. Untuk masyarakat

Masyarakat menjadi lebih peduli terhadap kesehatan terutama pada penyakit *Diabetes Mellitus*.

b. Untuk penulis

Penulis bisa mengaplikasikan selama menuntut ilmu dalam perkuliahan terutama dalam bidang sistem pakar, *fuzzy logic* dan aplikasi web

c. Untuk *User*

Dengan adanya aplikasi ini, *user* menjadi lebih mudah dalam penegakan penyakit *Diabetes Mellitus*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Menurut *American Diabetes Association (ADA)* tahun 2010, *Diabetes Mellitus* merupakan suatu kelompok penyakit metabolik dengan karakteristik hiperglikemia yang terjadi karena kelainan sekresi insulin, kerja insulin, atau kedua-duanya (Perkeni, 2011).

Kematian terbesar di Indonesia, sedangkan epidemi penyakit menular juga belum tuntas, selain itu semakin banyak pula ditemukan penyakit infeksi baru dan timbulnya kembali penyakit infeksi yang sudah lama menghilang, Sehingga Indonesia memiliki beban kesehatan ganda yang berat. Berdasarkan studi epidemiologi terbaru, Indonesia telah memasuki epidemi diabetes melitus tipe 2. Perubahan gaya hidup dan urbanisasi nampaknya merupakan penyebab penting masalah ini, dan terus menerus meningkat pada milenium baru ini.

Diperkirakan masih banyak (sekitar 50%) penyandang diabetes yang belum terdiagnosis di Indonesia. Selain itu hanya dua pertiga saja dari yang terdiagnosis yang menjalani pengobatan, baik non farmakologis maupun farmakologis. Dari yang menjalani pengobatan tersebut hanya sepertiganya saja yang terkontrol dengan baik. Bukti-bukti menunjukkan bahwa komplikasi diabetes dapat dicegah dengan kontrol glikemik yang optimal. Kontrol glikemik yang optimal sangatlah penting, namun demikian di Indonesia sendiri target pencapaian kontrol glikemik belum tercapai, rerata HbA1c masih 8%, masih di atas target yang diinginkan yaitu 7%. Oleh karena itu diperlukan suatu pedoman pengelolaan yang dapat menjadi acuan penatalaksanaan *Diabetes Mellitus (DM)*.

Berbagai penelitian epidemiologi menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan angka insidensi dan prevalensi DM tipe 2 di berbagai penjuru dunia. WHO memprediksi adanya peningkatan jumlah penyandang diabetes yang cukup besar pada tahun-tahun mendatang. WHO memprediksi kenaikan jumlah penyandang DM di Indonesia dari 8,4 juta pada tahun 2000 menjadi sekitar 21,3 juta pada tahun 2030. Senada dengan WHO, *International Diabetes Federation*

(IDF) pada tahun 2009, memprediksi kenaikan jumlah penyandang *Diabetes Mellitus* (DM) dari 7,0 juta pada tahun 2009 menjadi 12,0 juta pada tahun 2030. Meskipun terdapat perbedaan angka prevalensi, laporan keduanya menunjukkan adanya peningkatan jumlah penyandang *Diabetes Mellitus* (DM) sebanyak 2-3 kali lipat pada tahun 2030.

Untuk uji glukosa darah puasa, penderita diminta berpuasa selama 10 jam sejak malam sebelum diambil darah (misalnya mulai puasa jam 9 malam). Selama berpuasa penderita tidak boleh melakukan aktifitas fisik yang berat, tidak boleh merokok, dan tetap diperbolehkan minum air putih. Pagi hari setelah puasa (misalnya jam jam 8 pagi), penderita diambil darah vena 3-5 ml dikumpulkan dalam tabung bertutup merah (tanpa antikoagulan) atau dalam tabung tutup abu-abu (berisi NaF). NaF digunakan untuk mencegah glikolisis yang dapat mempengaruhi hasil laboratorium. Penderita diminta untuk makan dan minum seperti biasa, lalu puasa lagi selama 2 jam. Selama berpuasa penderita tidak boleh melakukan aktifitas fisik yang berat, tidak boleh merokok, dan tetap diperbolehkan minum air putih.

Berbagai keluhan dapat ditemukan pada penyandang diabetes. Kecurigaan adanya *Diabetes Mellitus* (DM) perlu dipikirkan apabila terdapat keluhan klasik seperti di bawah ini (Perkeni, 2011) :

- Keluhan klasik DM berupa: poliuria, polidipsia, polifagia, dan penurunan berat badan yang tidak dapat dijelaskan sebabnya
- Keluhan lain dapat berupa: lemah badan, kesemutan, gatal, mata kabur, dan disfungsi ereksi pada pria, serta pruritus vulvae pada wanita

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Sistem Pakar

Sistem pakar merupakan suatu sistem terkomputerisasi yang menggunakan pengetahuan bidang tertentu untuk mencapai solusi suatu masalah dari bidang tersebut. Solusi yang diberikan pada dasarnya sama seperti yang disimpulkan oleh seseorang yang banyak mengetahui masalah tersebut.

Untuk membangun sistem pakar yang baik diperlukan beberapa komponen, antara lain (Hartati dan Iswanti, 2008) :

1. Antar Muka Pengguna (*User Interface*)
2. Basis Pengetahuan (*Knowledge Base*)
3. Mekanisme Inferensi (*Inference Machine*)
4. Memori Kerja (*Working Memory*)

Antar Muka Pengguna, sistem pakar menggantikan seorang pakar dalam situasi tertentu, maka sistem harus menyediakan pendukung yang diperlukan oleh pemakai yang tidak memahami masalah teknis. Sistem pakar juga menyediakan komunikasi antar sistem dan pemakainya (*user*) yang disebut sebagai antar muka. Antar muka yang efektif dan ramah penggunaan (*user-friendly*) penting sekali terutama bagi pemakai yang tidak ahli dalam bidang yang diterapkan pada sistem pakar.

Basis pengetahuan, merupakan kumpulan pengetahuan bidang tertentu pada tingkatan pakar dalam format tertentu. Pengetahuan ini diperoleh dari akumulasi pengetahuan pakar dan sumber-sumber pengetahuan lainnya. Pada sistem pakar ini basis pengetahuan terpisah dengan mesin inferensi. Pemisahan ini bermanfaat untuk pengembangan sistem pakar secara leluasa disesuaikan dengan perkembangan pengetahuan.

Mesin Inferensi, merupakan otak dari sistem pakar berupa perangkat lunak yang melakukan tugas inferensi penalaran sistem pakar, biasa dikatakan sebagai mesin pemikir (*thinking machine*). Pada prinsipnya mesin inferensi inilah yang akan mencari solusi dari suatu permasalahan.

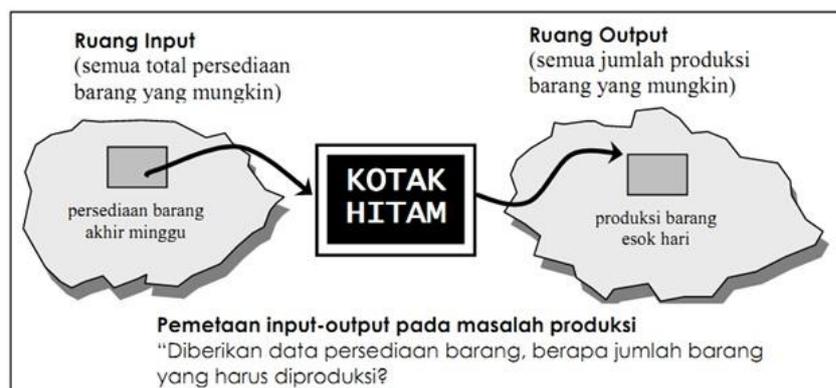
Mesin inferensi sesungguhnya adalah program komputer yang menyediakan metodologi untuk melakukan penalaran tentang informasi pada basis pengetahuan dan memori kerja serta untuk merumuskan kesimpulan-kesimpulan. Komponen ini menyajikan arahan-arahan tentang bagaimana menggunakan pengetahuan dari sistem dengan membangun agenda yang mengelola dan mengontrol langkah-langkah yang diambil untuk menyelesaikan masalah ketika dilakukan konsultasi.

Memori kerja, merupakan bagian sistem pakar yang menyimpan fakta-fakta yang diperoleh saat dilakukan proses konsultasi. Fakta-fakta inilah yang nantinya akan diolah oleh mesin inferensi berdasarkan pengetahuan untuk menentukan suatu keputusan pemecahan masalah.

2.2.2 Fuzzy Logic

Fuzzy Logic pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Dasar *fuzzy logic* adalah teori himpunan fuzzy. Pada teori himpunan fuzzy, peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangatlah penting. Nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan atau *membership function* menjadi ciri utama dari penalaran dengan *fuzzy logic* tersebut (Kusumadewi dan Purnomo, 2010).

Fuzzy Logic dapat dianggap sebagai kotak hitam yang menghubungkan antara ruang *input* dengan ruang *output*. Kotak hitam tersebut berisi cara atau metode yang dapat digunakan untuk mengolah data *input* menjadi *output* dalam bentuk informasi yang baik. Pada gambar 2.1 ditunjukkan pemetaan suatu *input-output* dalam bentuk informasi yang baik.



Gambar 2.1 Pemetaan Input-Output (Kusumadewi dan Purnomo. 2010)

Ada beberapa alasan mengapa orang menggunakan *Fuzzy Logic*, antara lain:

1. Konsep *Fuzzy Logic* mudah dimengerti. Konsep matematis yang mendasari penalaran *fuzzy* sangat sederhana dan mudah dimengerti.
2. *Fuzzy Logic* sangat fleksibel.
3. *Fuzzy Logic* memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat.
4. *Fuzzy Logic* mampu memodelkan fungsi-fungsi non linear yang sangat kompleks.
5. *Fuzzy Logic* dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.
6. *Fuzzy Logic* dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
7. *Fuzzy Logic* didasarkan pada bahasa alami.

Kalau himpunan tegas (*crisp*), nilai keanggotaan suatu item x dalam suatu himpunan A , yang sering ditulis dengan $\mu_A(x)$, memiliki dua kemungkinan, yaitu :

- Satu (1), yang berarti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan.
- Nol (0), yang berarti bahwa suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan

Beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy*, yaitu:

a. Variabel *Fuzzy*

Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*. Contoh: umur, temperatur, permintaan, dsb.

b. Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*.

c. Semesta Pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat

berupa bilangan positif maupun negatif. Adakalanya nilai semesta pembicaraan ini tidak dibatasi batas akhirnya.

d. Domain

Domain himpunann *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*.

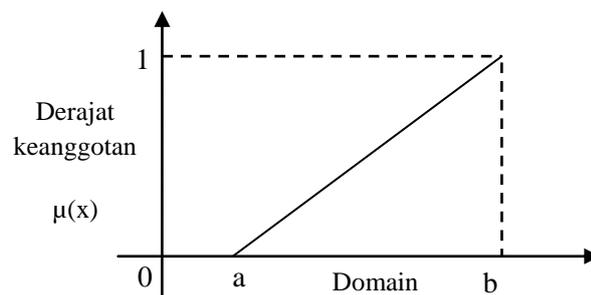
2.2.3 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input ke dalam nilai keanggotaan yang memiliki interval 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang dapat digunakan, yaitu :

a. Representasi linier

Pada representasi linier, pemetaan input ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai garis lurus. Ada 2 keadaan himpunan *fuzzy* yang linier.

Pertama, Kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol [0] bergerak ke kanan menuju nilai domain yang memilki derajat keanggotaan lebih tinggi.

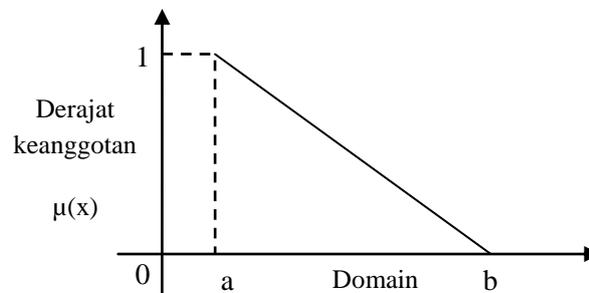


Gambar 2.2 Representasi Linier Naik (Kusumadewi dan Purnomo, 2010)

Fungsi Keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (2.1)$$

Kedua, Garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah.



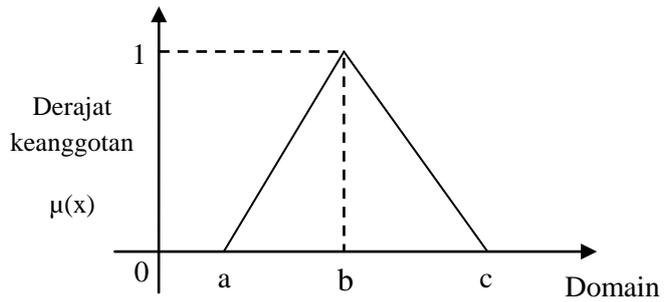
Gambar 2.3 Representasi Linier Turun (Kusumadewi dan Purnomo, 2010)

Fungsi Keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} \frac{(b-x)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases} \quad (2.2)$$

b. Representasi kurva segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linier) seperti terlihat pada gambar 2.3 di bawah ini.



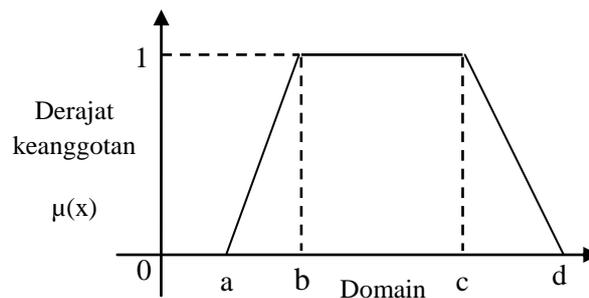
Gambar 2.4 Representasi Kurva Segitiga (Kusumadewi dan Purnomo, 2010)

Fungsi keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x - a)/(b - a); & a \leq x \leq b \\ (b - x)/(c - b); & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2.3)$$

c. Representasi kurva trapesium

Kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga , hanya saja pada rentang tertentu ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1



Gambar 2.5 Representasi Kurva Trapesium (Kusumadewi dan Purnomo, 2010)

Fungsi keanggotaan :

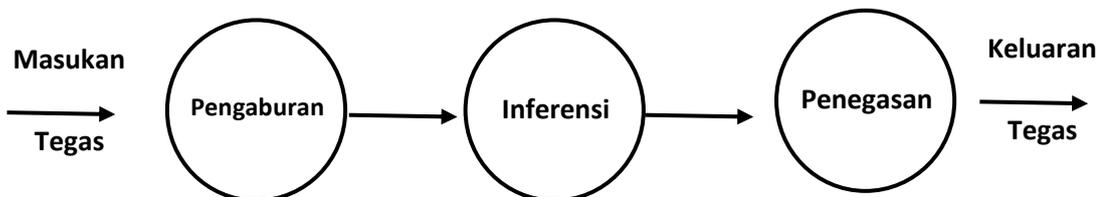
$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ (x - a)/(b - a); & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ (d - x)/(d - c); & x \geq d \end{cases} \quad (2.4)$$

2.2.4 Sistem Inferensi Fuzzy

Sistem inferensi *fuzzy* merupakan kerangka komputasi yang didasarkan pada teori himpunan *fuzzy*, aturan *fuzzy* berbentuk IF-THEN, dan penalaran *fuzzy*. Sistem inferensi *fuzzy* menerima input *crisp*. Input ini kemudian dikirim ke basis pengetahuan yang berisi n aturan *fuzzy* dalam bentuk IF-THEN. *Fire strength* akan dicari pada setiap aturan. Apabila jumlah aturan lebih dari satu, maka akan dilakukan agregasi dari semua aturan. Selanjutnya, pada hasil agregasi akan dilakukan *defuzzy* untuk mendapatkan nilai *crisp* sebagai output sistem.

Penerapan *fuzzy logic* dapat meningkatkan kinerja sistem kendali dengan menekan munculnya fungsi-fungsi liar pada keluaran yang disebabkan oleh fluktuasi pada variable masukannya. Pendekatan *fuzzy logic* secara garis besar diimplementasikan dalam tiga tahapan yang dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Tahap pengaburan (*fuzzification*) yakni pemetaan dari masukan tegas ke himpunan kabur.
2. Tahap *inferensi*, yakni pembangkitan aturan kabur.
3. Tahap penegasan (*defuzzification*), yakni tranformasi keluaran dari nilai kabur ke nilai tegas.



Gambar 2.6 Tahapan Proses Dalam Logika Kabur (Kurniawan, 2004)

2.2.5 Rule IF – THEN

Rule adalah sebuah struktur *knowledge* yang menghubungkan beberapa informasi yang sudah diketahui ke informasi lain sehingga dapat disimpulkan. Sebuah rule adalah sebuah bentuk *knowledge* yang procedural. Dengan demikian yang dimaksud dengan sistem pakar berbasis rule adalah sebuah program computer untuk memproses masalah dari informasi spesifik yang terdapat dalam memori aktif dengan sebuah set dari rule dalam *knowledge base*, dengan menggunakan inference engine untuk menghasilkan informasi baru.

Struktur rule secara logika menghubungkan satu atau lebih antaseden (juga disebut premis) yang terletak dalam bagian **IF** dengan satu atau lebih konsekuen (juga disebut konklusi) yang terletak dalam bagian **THEN**. Secara umum, sebuah rule dapat mempunyai premis jamak dihubungkan dengan pernyataan **AND** (konjungsi) pernyataan **OR** (disjungsi) atau kombinasi dari keduanya.

Dalam sistem pakar berbasis rule domain *knowledge* ditampung dalam sebuah set dari rules dan dimasukkan dalam basis sistem pengetahuan. Sistem menggunakan aturan ini dengan informasi selama berada dalam memori aktif untuk memecahkan masalah. Sistem pakar berbasis rule mempunyai arsitektur yang dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. *User interface*

Digunakan sebagai media oleh *user* untuk melihat dan berinteraksi dengan sistem.

2. *Developer interface*

Media yang digunakan untuk mengembangkan sistem oleh engineer.

3. Fasilitas penjelasan

Sub sistem yang berfungsi untuk menyediakan penjelasan dalam sistem reasoning.

4. Program *eksternal*

Program seperti *database, spreadsheet*, yang bekerja dalam mendukung keseluruhan sistem.

2.2.6 Metode Sugeno

Penalaran dengan metode Sugeno hampir sama dengan penalaran Mamdani, hanya saja *output* (konsekuen) system tidak berupa himpunan *fuzzy*, melainkan berupa konstanta atau persamaan linear. Metode ini diperkenalkan oleh Takagi-Sugeno Kang pada tahun 1985, sehingga ini sering juga dinamakan dengan metode TSK. Metode TSK terdiri dari 2 jenis, yaitu :

- a. Model *fuzzy* Sugeno Orde-Nol

Secara umum bentuk model *fuzzy* Sugeno Orde-Nol adalah :

IF (x_1 is A_1) o (x_2 is A_2) o (x_3 is A_3) o ... o (x_N is A_N) THEN $z = k$

Dengan A_i adalah himpunan *fuzzy* ke- i sebagai anteseden dan k adalah suatu konstanta (tegas) sebagai konsekuen.

b. Model *fuzzy* Sugeno Orde-Satu

Secara umum bentuk model *fuzzy* Sugeno Orde-Satu adalah :

IF (x_1 is A_1) o ... o (x_N is A_N) THEN $z = p_1 * x_1 + \dots + p_N * x_N + q$

Dengan A_i adalah himpunan *fuzzy* ke- i sebagai anteseden dan p_i adalah suatu konstanta (tegas) ke- i dan q juga merupakan konstanta dalam konsekuen.

Apabila komposisi aturan menggunakan metode Sugeno maka defuzzifikasi dilakukan dengan cara menilai rata-ratanya (*Weight Average*). Adapun persamaannya dapat dilihat di bawah ini.

$$WA = \frac{\alpha_1 z_1 + \alpha_2 z_2 + \dots + \alpha_N z_N}{\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_N} \quad (2.5)$$

2.2.7 World Wide Web

World Wide Web atau *WWW* adalah jaringan beribu-ribu computer yang dikategorikan menjadi dua : *Client* dan *Server* dengan menggunakan *Software* khusus membentuk sebuah jaringan yang disebut jaringan *client-server*. Dalam cara kerja dari *WWW* ada dua hal yang terpenting yaitu *software web server* dan *software web browser* (Sutarman, 2003).

Server menyimpan/menyediakan informasi dan memproses permintaan dari *client*, apabila ada *client* yang meminta informasi maka *server* mengirimkannya. Informasi yang diakses dapat berupa teks, gambar, suara. *Server* juga mengirimkan perintah-perintah ke *client* tentang bagaimana cara menampilkan semua informasi tersebut.

HTTP (HyperText Transfer Protocol) adalah suatu protokol yang menentukan aturan dan perlu diikuti oleh *web browser* dalam meminta atau mengambil suatu dokumen dan oleh *web server* dalam menyediakan dokumen yang diminta *web browser*. Protokol ini merupakan protokol standar yang digunakan untuk mengakses dokumen html.

Protokol transfer adalah suatu protokol yang digunakan untuk pengiriman informasi di internet. HTTP adalah protokol standar untuk suatu dokumen *web*. Selain HTTP di internet juga dikenal beberapa protokol lain diantaranya (sutarman, 2003) :

1. FTP (*File Transfer Protocol*), protokol ini dirancang untuk memungkinkan pemakaian dalam hal transfer *file* dalam format text atau binary dalam suatu *server* komputer di internet.
2. Gopher, protokol ini dirancang untuk mengakses *server* gopher yang menyediakan informasi dengan menggunakan suatu sistem menu atau melalui hubungan telnet.
3. News NNTP (*Network News Transfer Protocol*), adalah protokol yang digunakan untuk mendistribusikan berita di USENet. USENet adalah suatu sistem yang dirancang sebagai forum diskusi dengan berdasarkan pad topik-topik yang disebut *newsgroup*.

Homepage (situs *web*) adalah merupakan alamat (URL) yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan data dan informasi dengan berdasarkan topik tertentu.

Web Page (halaman *web*) merupakan halaman khusus dari situs *web* tertentu yang tersimpan dalam bentuk *file*. Dalam *web page* tersimpan berbagai informasi dan link yang menghubungkan suatu informasi ke informasi lain baik itu dalam *page* yang sama atau *page* yang berbeda.

Homepage merupakan halaman pertama atau sampul dari suatu *website* yang biasanya berisi tentang apa dan siapa dari perusahaan atau instansi atau organisasi pemilik *website* tersebut.

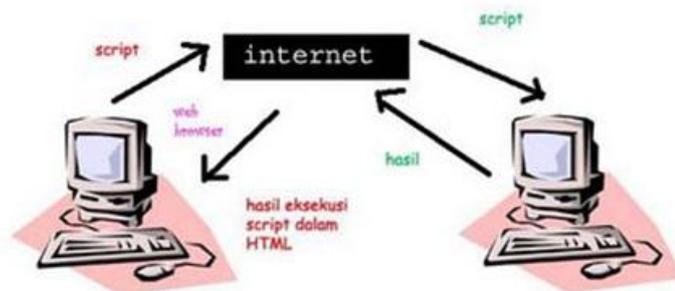
Web adalah fasilitas *hypertext* untuk menampilkan data berupa teks, gambar, suara, animasi dan data multimedia lainnya.

Pada pemrograman *website* dapat dikategorikan menjadi 2 kategori :

1. *Server – side Programming*

Pada *server-side programming* perintah-perintah program dijalankan di *web server* kemudian hasilnya dikirimkan ke browser dalam bentuk

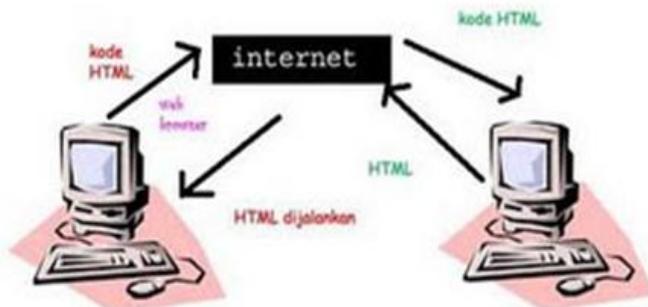
HTML. Pada gambar 2. 7 ditunjukkan ilustrasi pemrograman pada sisi *server*.



Gambar 2.7 Server-Side Programming (Sutarman, 2003)

2. *Client – side Programming*

Sedangkan *client-side programming*, perintah-perintah program dijalankan di *web browser* sehingga ketika *client* meminta dokumen yang mengandung *script* maka *script* tersebut akan di download dari *server*-nya kemudian dijalankan di browser yang bersangkutan. Pada gambar 2.8 ditunjukkan ilustrasi pemrograman di sisi *client*.

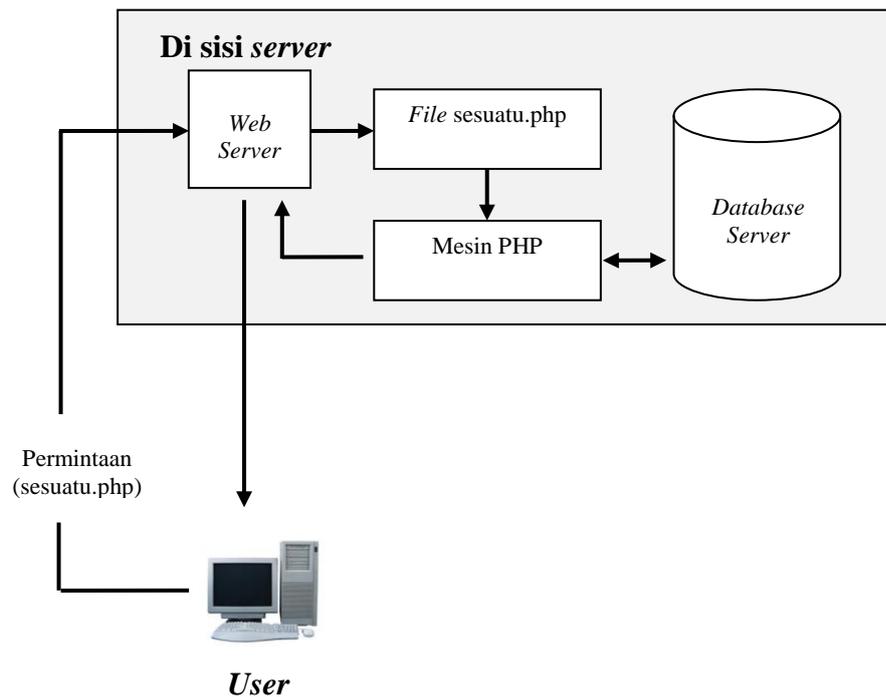


Gambar 2.8 Client – Side Programming (Sutarman, 2003)

2.2.8 PHP (Hypertext PreProcessor)

PHP merupakan bahasa *web server-side* yang bersifat *open source*. Bahasa PHP menyatu dengan script HTML yang sepenuhnya dijalankan pada *server*. *File* yang hanya berisi kode HTML yang dirancang tidak mendukung pembuatan aplikasi yang melibatkan *database* karena HTML dirancang untuk menyajikan informasi yang bersifat statis (tampilan yang isinya tetap hingga *webmaster* atau

penanggung jawab *web* melakukan perubahan isi). Oleh karena itu, muncul pemikiran untuk membuat suatu perantara yang memungkinkan aplikasi bias menghasilkan sesuatu yang bersifat dinamis dan berinteraksi dengan *database*. Akhirnya lahirlah berbagai perantara seperti PHP, ASP dan JSP. Gambar 2.9 memperlihatkan skema yang memungkinkan suatu aplikasi berinteraksi dengan *database* menggunakan PHP.



Gambar 2.9 Pemanggilan Aplikasi Web Bertipe PHP (Kadir. 2009)

Pada gambar 2.9, setelah *web server* menemukan *file* yang diminta *user* (*sesuatu.php*), *file* tersebut diserahkan ke mesin PHP untuk diproses. Bila PHP mendeteksi adanya interaksi dengan *database* maka PHP akan melakukan permintaan pada *database server* dan hasil dari *database server* diproses lebih lanjut. Setelah semua isi *file* diproses, maka hasilnya berupa diserahkan ke *web server* yang selanjutnya *web server* mengirimkan kode HTML kepada *user*.

Kode sumber PHP (*sesuatu.php*) tidak akan diketahui oleh *user* karena *user* hanya menerima kode hasil pemrosesannya. Dengan cara seperti ini,

kerahasiaan kode sumber bisa terjaga. Tidak perlu ada kekhawatiran bahwa pemakai bisa melihat *password* yang digunakan untuk mengakses *database*.

Pada level dasar, PHP dapat melakukan semua apa yang dapat dilakukan oleh pemrograman berbasis CGI lainnya, dan juga kekuatan utamanya adalah dalam pembuatan aplikasi web database. Hampir sebagian besar produk software DBMS dapat didukung oleh PHP baik yang berjalan pada sistem operasi Windows, Linux maupun sistem operasi lainnya.

Berikut ini contoh penulisan script PHP yang terdapat dalam kode html.

```
<html>
<head>
<title>Contoh</title>
</head>
<body>
<?php
echo "Hai, Aku adalah skrip PHP!";
?>
</body>
</html>
```

Script PHP dapat disisipkan pada kode html sehingga PHP sangat fleksibel. Dalam contoh di atas *script* PHP adalah :

```
<?php
echo "Hai, Aku adalah skrip PHP!";
?>
```

Fungsi echo adalah untuk menampilkan suatu output.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan Penelitian

Perangkat lunak yang dibutuhkan untuk pengembangan dan implementasi sistem untuk penegakan diagnosis penyakit Diabetes Mellitus adalah :

1. Windows 7

Sistem operasi yang digunakan dalam pengimplementasian perangkat lunak yang dibangun.

2. Macromedia Dreamweaver CS4

Untuk mengatur tampilan dan tata letak data serta sebagai manual editor untuk bahasa pemrograman PHP, Javascript, dan HTML.

3. XAMPP

Dalam aplikasi ini tersedia tiga macam aplikasi lainnya, yaitu:

- PHP

Sebagai *Script Engine* untuk menerjemahkan bahasa pemrograman PHP pada sistem operasi windows XP.

- Apache

Sebagai web server untuk pengetesan website.

- MySQL

Sebagai media basis data untuk penyimpanan data.

4. Mozilla Firefox.

Browser yang digunakan untuk melakukan tes terhadap *website*.

Adapun kebutuhan perangkat keras yang digunakan untuk menjalankan aplikasi sistem pakar tersebut minimal harus memenuhi spesifikasi sebagai berikut :

1. Komputer dengan prosesor intel Pentium 4,
2. Monitor VGA dengan resolusi min. 800 x 600,
3. 256 MB RAM,
4. Harddisk kapasitas 40 Gigabyte atau lebih,
5. CD-ROM drive,

6. Mouse,
7. Keyboard

3.2 Metode Penelitian

Suatu proses rancang bangun sistem diperlukan adanya analisa untuk mengetahui proses berjalannya sistem. Analisa sistem diperlukan untuk mengetahui permasalahan dan kebutuhan dalam perancangan sistem. Dalam analisa ini dibagi dalam 2 bagian, yaitu analisa data sistem dan analisa kebutuhan sistem.

3.2.1 Analisa Data Sistem

Aplikasi sistem pakar *fuzzy logic* berikut ini merupakan diagnosa penyakit dengan menggunakan mesin inferensi *fuzzy* berdasarkan metode sugeno. Proses diagnosis dalam sistem pakar ini didasarkan dari hasil laboratorium.

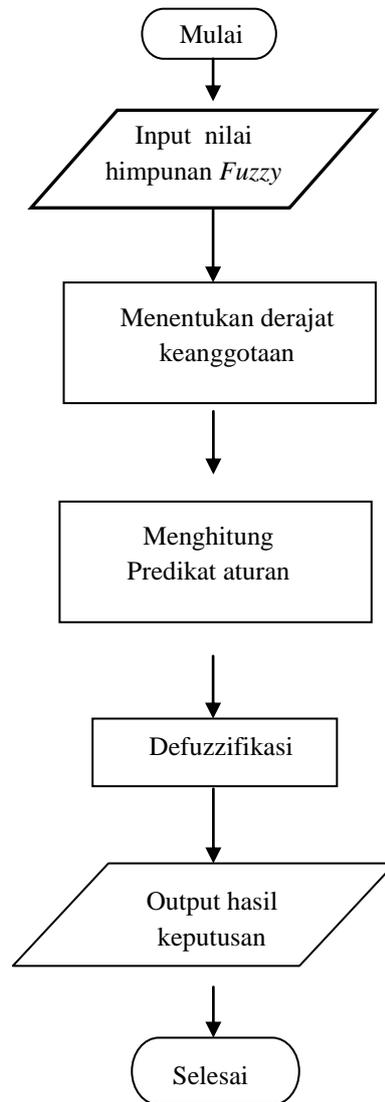
Masukan atau inputan dari sistem berikut ini adalah :

1. Biodata pasien, yang terdiri dari :
Username, Password, Nama, Jenis Kelamin, Alamat, Email, No telp.
2. Data hasil laboratorium, yang terdiri dari :
Glukosa darah puasa (GDP), Glukosa plasma puasa (GPP), Glukosa plasma tidur (GPT), Glukosa darah 2 jam PP (GD), Kadar HbA1c, Kadar HDL, Kadar trigliserida, Kadar insulin.

3.2.2 Analisa Kebutuhan Sistem

Proses mendapat pengetahuan dapat dilakukan dengan berbagai macam jalan, yakni pengetahuan dari pakar, buku, jurnal ilmiah, laporan dan sebagainya. Sumber pengetahuan tersebut dikumpulkan dan kemudian direpresentasikan ke dalam basis pengetahuan menggunakan kaidah JIKA – MAKA (*IF – THEN*).

Model yang dipakai dalam implementasi sistem pakar diaognosis penyakit adalah model logika *fuzzy* dengan metode Sugeno. Gambar 3.1 di bawah ini merupakan gambaran langkah-langkah yang digunakan dalam metode Sugeno.



Gambar 3.1 Flowchart Fuzzy metode sugeno

Adapun penjelasan dari *flowchart* pada gambar 3.1 di atas adalah sebagai berikut :

1. Input himpunan *fuzzy*

Dalam perancangan sistem pakar ini menggunakan inputan dari hasil pemeriksaan laboratorium. Hasil pemeriksaan tersebut merupakan variabel-variabel yang digunakan dalam penegakan diagnosis penyakit Diabetes Mellitus (DM). Variabel-variabel tersebut yaitu kadar glukosa

darah puasa, kadar glukosa darah 2 jam PP, kadar glukosa plasma puasa, kadar glukosa darah saat tidur, kadar insulin, kadar HbA1c, kadar kolesterol HDL, kadar trigliserida.

2. Menentukan derajat keanggotaan himpunan *fuzzy*

Setiap variabel sistem dalam himpunan *fuzzy* ditentukan derajat keanggotaannya (μ). Dimana derajat keanggotaan tersebut menjadi nilai dalam himpunan *fuzzy*.

3. Menghitung predikat aturan (α)

Variabel-variabel yang telah dimasukkan dalam himpunan *fuzzy*, dibentuk aturan-aturan yang diperoleh dengan mengkombinasikan setiap variabel dengan variabel yang satu dengan atribut linguitiknya masing-masing. Aturan-aturan yang telah diperoleh akan dihitung nilai predikat aturannya dengan proses implikasi.

Dalam metode Sugeno proses implikasi dilakukan dengan operasi *Min*. Predikat aturan tersebut diperoleh dengan mengambil nilai minimum dari derajat keanggotaan variabel yang satu dengan variabel yang lain, yang telah dikombinasikan dalam aturan yang telah ditentukan sebelumnya.

4. Defuzifikasi

Pada tahap defuzifikasi ini dilakukan penghitungan rata-rata (*Weight Average / WA*) dari setiap predikat pada setiap variabel dengan menggunakan persamaan berikut ini :

$$WA = \frac{\alpha_1 Z_1 + \alpha_2 Z_2 + \alpha_3 Z_3 + \dots + \alpha_n Z_n}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \dots + \alpha_n}$$

Keterangan α_n = nilai predikat aturan ke-n

Z_n = indeks nilai output ke-n

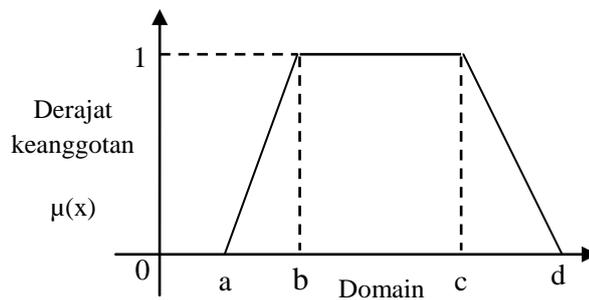
5. Hasil keputusan

Pada bagian ini merupakan hasil keputusan dari rangkaian proses dalam penegakan diagnosis penyakit *Diabetes Mellitus* (DM) berdasarkan hasil pemeriksaan di laboratorium. Adapun hasil pemeriksaan dan diagnosis dari dokter bisa dilihat pada rekam medic yang terdapat pada bagian lampiran.

3.2.3 Perancangan Sistem

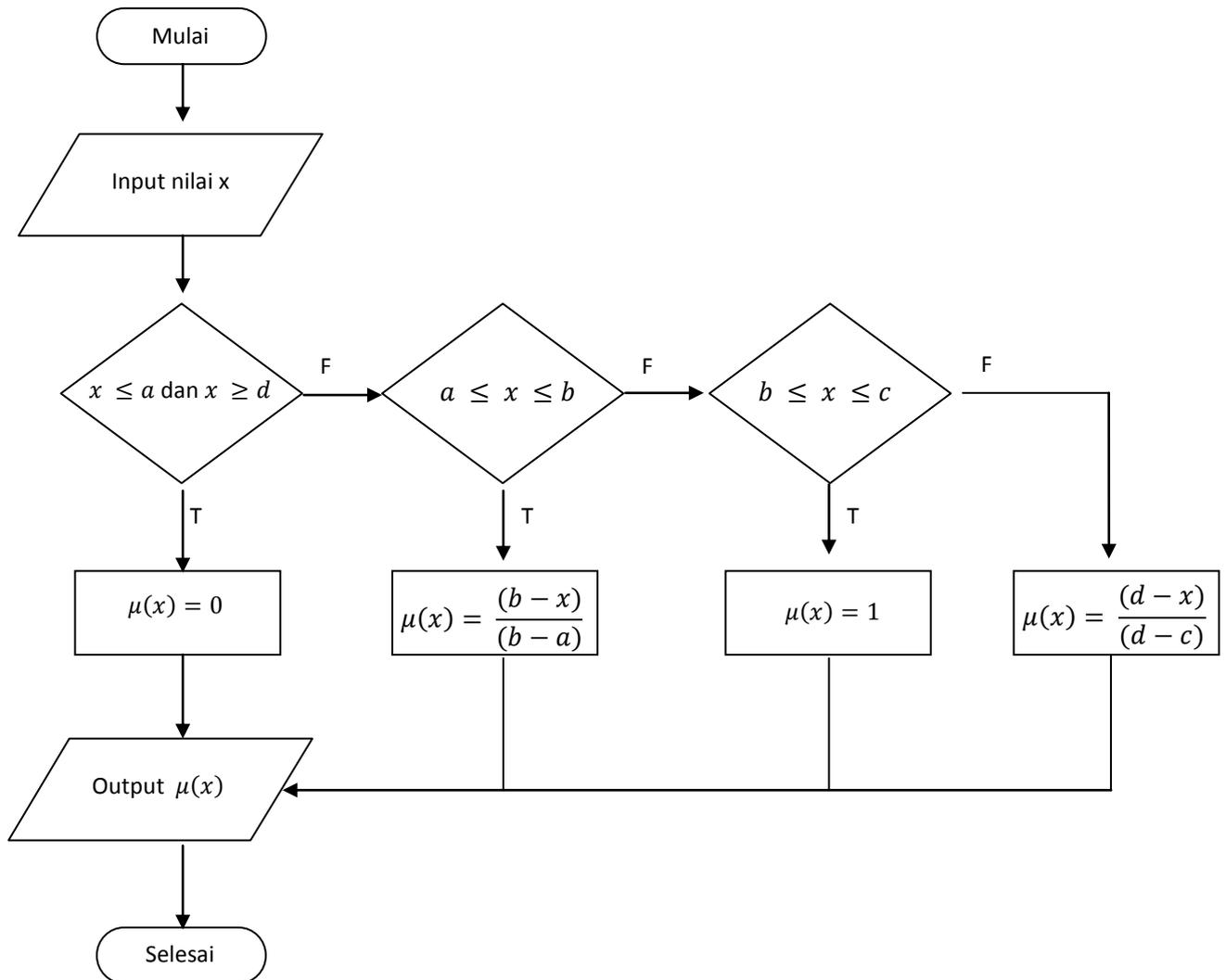
Dalam perancangan sistem yang akan dibuat menggunakan representasi kurva untuk mencari derajat keanggotaan pada tiap variabel *fuzzy*. Representasi kurva tersebut dapat di buat *flowchart* untuk memudahkan aliran proses dalam mencari derajat keanggotaan.

1. Representasi kurva trapesium



Gambar 3.2 Representasi kurva trapesium

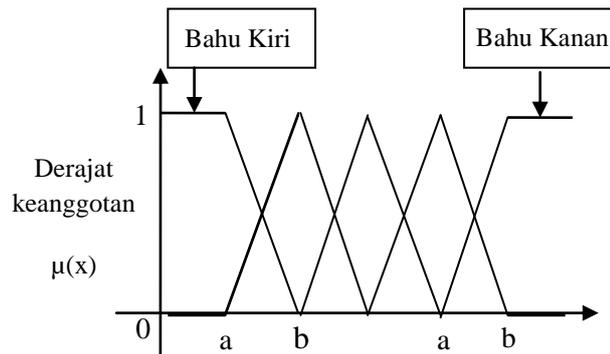
Gambar 3.9 di atas menjelaskan bahwa masukan awal adalah x atau sebagai nilai keanggotaan, kemudian akan diproses menjadi sebuah keputusan jika $x \leq a$ dan $x \geq d$ maka derajat keanggotaan $\mu(x) = 0$, jika $a \leq x \leq b$ maka derajat keanggotaan dihitung dengan menggunakan rumus $\mu(x) = \frac{(b-x)}{(b-a)}$, jika $b \leq x \leq c$ maka derajat keanggotaan $\mu(x) = 1$, jika $c \leq x \leq d$ derajat keanggotaan di hitung menggunakan rumus $\mu(x) = \frac{(d-x)}{(d-c)}$. Adapun *flowchart* dari representasi kurva trapesium ini dapat dilihat pada gambar 3.3 di bawah ini.



Gambar 3.3 *Flowchart* representasi kurva trapezium

2. Representasi kurva bahu

Representasi kurva bahu ini digunakan untuk mengakhiri suatu daerah variabel *fuzzy*. Untuk kurva bahu kiri bergerak dari pernyataan benar ke pernyataan salah sedangkan kurva bahu kanan bergerak dari pernyataan salah ke pernyataan benar.



Gambar 3.4 Representasi kurva bahu

3.2.4 Perancangan Inferensi *Fuzzy*

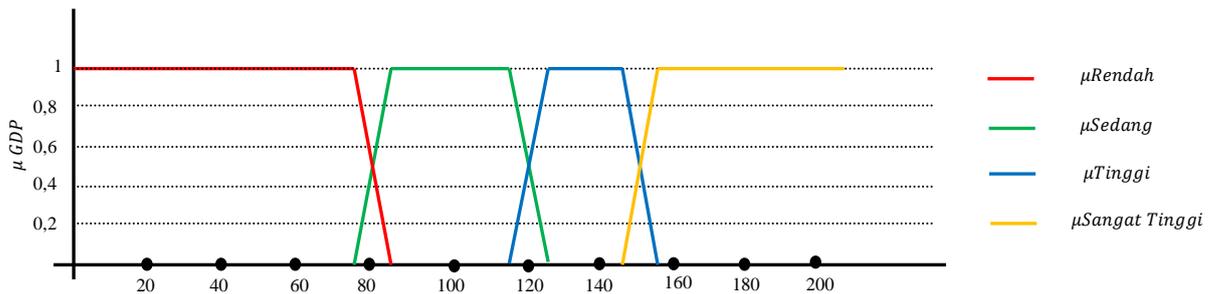
Sebagai langkah awal dari perancangan mesin inferensi *fuzzy* adalah menentukan himpunan *fuzzy* dari tiap-tiap variabel *fuzzy*. Adapun variabel *fuzzy* disini yang digunakan adalah hasil pemeriksaan laboratorium yang nantinya difungsikan sebagai *inputan* dari mesin inferensi *fuzzy*. Tabel 3.1 di bawah ini memaparkan batasan variabel dan himpunan *fuzzy* sebagai *inputan* di mesin inferensi *fuzzy*.

Tabel 3.1 Variabel dan himpunan *fuzzy*

No	Variabel <i>Fuzzy</i>	Himpunan <i>Fuzzy</i>			
		Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
1.	Gula Darah Puasa (mg/dl)	< 75	$75 \leq GDP \leq 125$	$125 \leq GDP \leq 145$	> 145
2.	Gula Plasma Puasa (mg/dl)	< 79	$79 \leq GPP \leq 120$	$120 \leq GPP \leq 135$	> 135
3.	Gula Plasma Tidur (mg/dl)	< 115	$115 \leq GPT \leq 140$	$140 \leq GPP \leq 185$	> 185
4.	Gula Darah 2 jam PP (mg/dl)	< 90	$90 \leq GD \leq 130$	$130 \leq GD \leq 190$	>190
5.	Kadar HbA1c (mg/dl)	< 3	$3 \leq HbA1c \leq 9$	> 9	
6.	Kadar HDL (mg/dl)	< 30	$30 \leq HDL \leq 75$	> 75	
7.	Kadar Trigliserida (mg/dl)	< 35	$35 \leq Tri \leq 165$	> 165	
8.	Kadar Insulin (%)	< 5	$5 \leq In \leq 9$	> 9	

1. Variabel Gula Darah Puasa (GDP)

Variabel Gula darah puasa ini dibagi dalam 4 kategori yaitu rendah (< 75), sedang ($75 \leq \text{GDP} \leq 125$), tinggi ($125 \leq \text{GDP} \leq 145$), sangat tinggi (> 145). Dari pembagian kategori ini nantinya dapat diketahui fungsi keanggotaannya pada setiap himpunan *fuzzy* rendah, sedang, tinggi, sangat tinggi. Adapun penjelasannya dapat diuraikan sebagai berikut :



Gambar 3.5 Kurva himpunan *fuzzy* variabel gula darah puasa

$$\mu_{rendah} [x] = \begin{cases} 1; & x \leq 75 \\ \frac{(85 - x)}{10}; & 75 \leq x \leq 85 \\ 0; & x \geq 85 \end{cases}$$

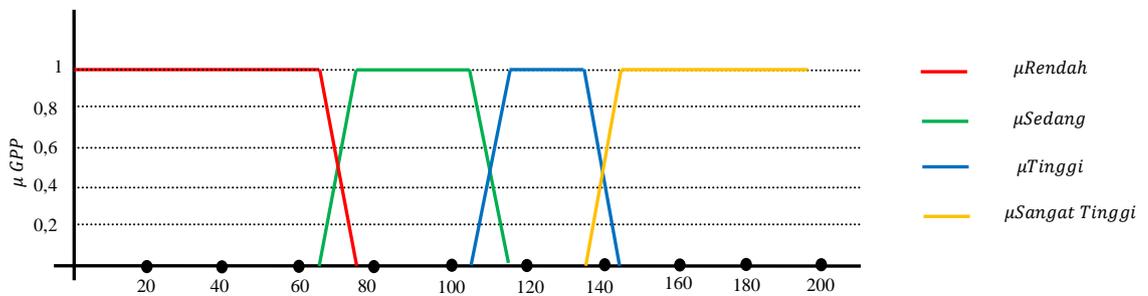
$$\mu_{sedang} [x] = \begin{cases} 0; & x \leq 75 \\ \frac{(x - 75)}{10}; & 75 \leq x \leq 85 \\ 1; & 85 \leq x \leq 115 \\ \frac{(125 - x)}{10}; & 85 \leq x \leq 115 \\ 0; & x \geq 125 \end{cases}$$

$$\mu_{tinggi} [x] = \begin{cases} 0; & x \leq 115 \\ \frac{(x - 115)}{10}; & 115 \leq x \leq 125 \\ 1; & 125 \leq x \leq 145 \\ \frac{(155 - x)}{10}; & 145 \leq x \leq 155 \\ 0; & x \geq 155 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{sangat tinggi}} [x] = \begin{cases} 0; & x \leq 145 \\ \frac{(x - 145)}{10}; & 145 \leq x \leq 155 \\ 1; & x \geq 155 \end{cases}$$

2. Variabel gula plasma puasa (GPP)

Pada variabel gula plasma puasa ini dibagi dalam 4 kategori yaitu rendah (< 79), sedang ($79 \leq \text{GPP} \leq 120$), tinggi ($120 \leq \text{GPP} \leq 135$), sangat tinggi (> 135). Fungsi keanggotaan dari tiap himpunan *fuzzy* rendah, sedang, tinggi, sangat tinggi dapat diuraikan sebagai berikut :



Gambar 3.6 Kurva himpunan *fuzzy* variabel gula plasma puasa

$$\mu_{\text{rendah}} [x] = \begin{cases} 1; & x \leq 65 \\ \frac{(75 - x)}{10}; & 65 \leq x \leq 75 \\ 0; & x \geq 75 \end{cases}$$

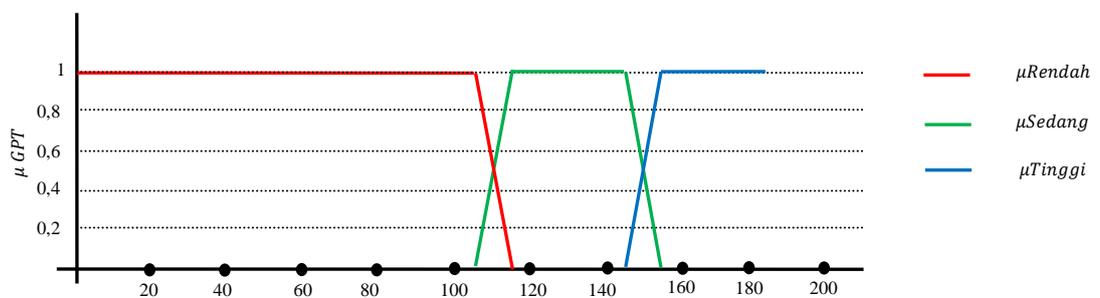
$$\mu_{\text{sedang}} [x] = \begin{cases} 0; & x \leq 65 \\ \frac{(x - 65)}{10}; & 65 \leq x \leq 75 \\ 1; & 75 \leq x \leq 105 \\ \frac{(115 - x)}{10}; & 105 \leq x \leq 115 \\ 0; & x \geq 115 \end{cases}$$

$$\mu_{tinggi} [x] = \begin{cases} 0; & x \leq 105 \\ \frac{(x - 105)}{10}; & 105 \leq x \leq 115 \\ 1; & 115 \leq x \leq 135 \\ \frac{(145 - x)}{10}; & 135 \leq x \leq 145 \\ 0; & x \geq 145 \end{cases}$$

$$\mu_{sangat\ tinggi} [x] = \begin{cases} 0; & x \leq 135 \\ \frac{(x - 135)}{10}; & 135 \leq x \leq 145 \\ 1; & x \geq 145 \end{cases}$$

3. Variabel gula plasma tidur (GPT)

Pada variabel gula plasma tidur ini dibagi dalam 3 kategori yaitu rendah (< 115), sedang (115 ≤ GPT ≤ 140), tinggi (140 ≤ GPT ≤ 185) sangat tinggi (GPT > 185). Fungsi keanggotaan dari tiap himpunan *fuzzy* rendah, sedang, tinggi dapat diuraikan sebagai berikut :



Gambar 3.7 Kurva himpunan *fuzzy* variabel gula plasma tidur

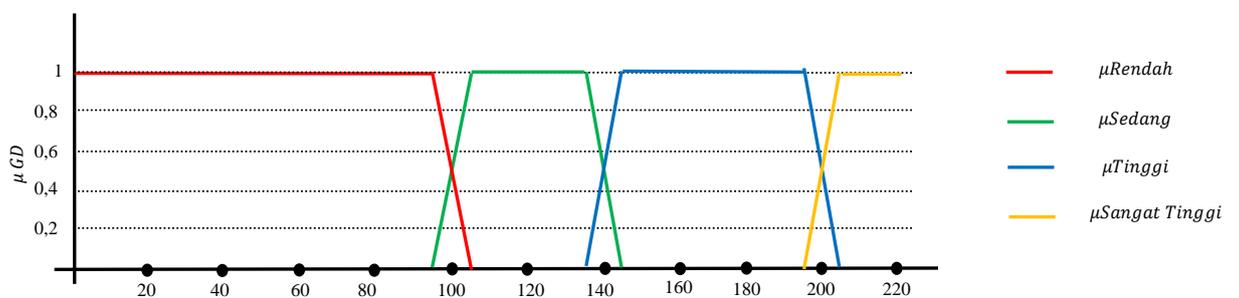
$$\mu_{Rendah} (x) = \begin{cases} 1; & x \leq 105 \\ \frac{115 - x}{10}; & 105 \leq x \leq 115 \\ 0; & x \geq 115 \end{cases}$$

$$\mu_{Sedang}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 105 \\ \frac{x - 105}{10}; & 105 \leq x \leq 115 \\ 1; & 115 \leq x \leq 145 \\ \frac{155 - x}{10}; & 145 \leq x \leq 155 \\ 0; & x \geq 155 \end{cases}$$

$$\mu_{Tinggi}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 145 \\ \frac{x - 145}{10}; & 145 \leq x \leq 155 \\ 1; & x \geq 155 \end{cases}$$

4. Variabel Gula darah 2 jam PP (GD)

Pada variabel gula darah 2 jam PP ini dibagi dalam 4 kategori yaitu rendah (< 90), sedang ($90 \leq GD \leq 130$), tinggi ($130 \leq GD \leq 190$), sangat tinggi (> 190). Fungsi keanggotaan dari tiap himpunan *fuzzy* rendah, sedang, tinggi, sangat tinggi dapat diuraikan sebagai berikut :



Gambar 3.8 Kurva himpunan *fuzzy* variabel gula darah 2 jam PP

$$\mu_{Rendah}(x) = \begin{cases} 1; & x \leq 95 \\ \frac{105 - x}{10}; & 95 \leq x \leq 105 \\ 0; & x \geq 105 \end{cases}$$

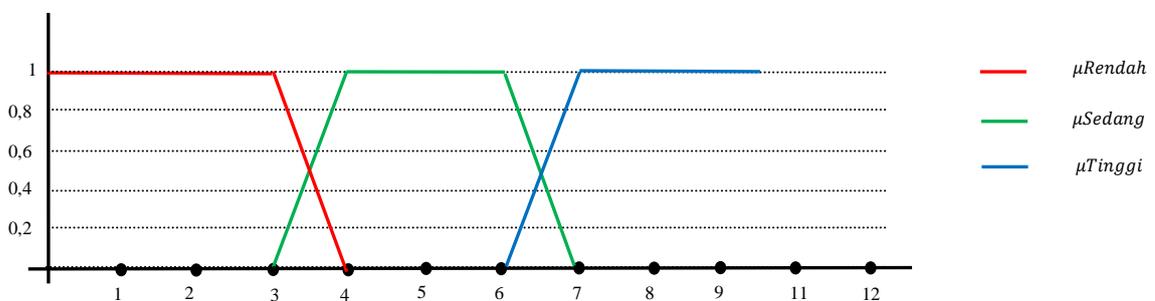
$$\mu_{Sedang}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 95 \\ \frac{x - 95}{10}; & 95 \leq x \leq 105 \\ 1; & 105 \leq x \leq 135 \\ \frac{145 - x}{10}; & 135 \leq x \leq 145 \\ 0; & x \geq 145 \end{cases}$$

$$\mu_{Tinggi}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 135 \\ \frac{x - 135}{10}; & 135 \leq x \leq 145 \\ 1; & 145 \leq x \leq 195 \\ \frac{205 - x}{10}; & 195 \leq x \leq 205 \\ 0; & x \geq 205 \end{cases}$$

$$\mu_{Sangat\ Tinggi}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 195 \\ \frac{x - 195}{10}; & 195 \leq x \leq 205 \\ 1; & x \geq 205 \end{cases}$$

5. Variabel kadar HbA1c

Pada variabel kadar HbA1c ini dibagi dalam 3 himpunan fuzzy yaitu rendah (< 3), sedang ($3 \leq \text{HbA1c} \leq 9$), tinggi (> 9). Fungsi keanggotaan dari tiap himpunan *fuzzy* rendah, sedang, tinggi dapat diuraikan sebagai berikut :



Gambar 3.9 Kurva himpunan *fuzzy* variabel kadar HbA1c

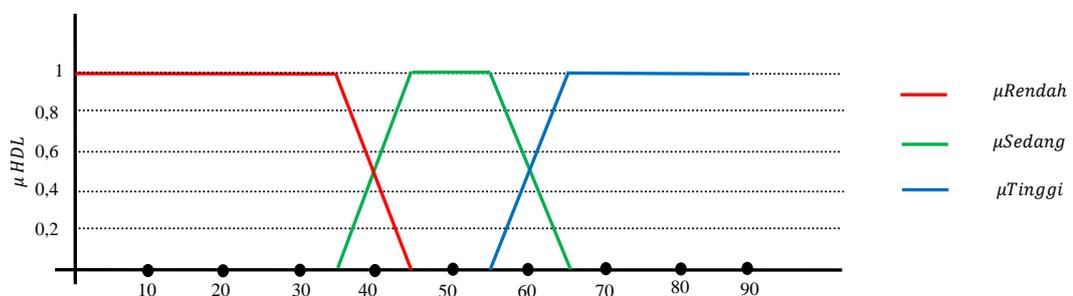
$$\mu_{Rendah}(x) = \begin{cases} 1; & x \leq 3 \\ 4 - x; & 3 \leq x \leq 4 \\ 0; & x \geq 4 \end{cases}$$

$$\mu_{Sedang}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 3 \\ x - 4; & 3 \leq x \leq 4 \\ 1; & 4 \leq x \leq 6 \\ 7 - x; & 6 \leq x \leq 7 \\ 0; & x \geq 7 \end{cases}$$

$$\mu_{Tinggi}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 6 \\ x - 6; & 6 \leq x \leq 7 \\ 1; & x \geq 7 \end{cases}$$

6. Variabel kadar HDL

Pada variabel kadar HDL ini dibagi dalam 3 himpunan fuzzy yaitu rendah (< 30), sedang ($30 \leq \text{HDL} \leq 75$), tinggi (> 75). Fungsi keanggotaan dari tiap himpunan *fuzzy* rendah, sedang, tinggi dapat diuraikan sebagai berikut :



Gambar 3.10 Kurva himpunan *fuzzy* variabel kadar HDL

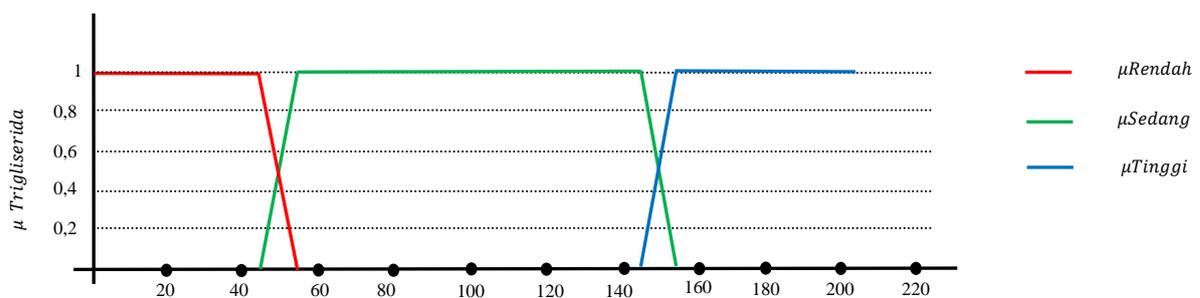
$$\mu_{Rendah}(x) = \begin{cases} 1; & x \leq 35 \\ \frac{45 - x}{10}; & 35 \leq x \leq 45 \\ 0; & x \geq 45 \end{cases}$$

$$\mu_{Sedang}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 35 \\ \frac{x - 35}{10}; & 35 \leq x \leq 45 \\ 1; & 45 \leq x \leq 55 \\ \frac{65 - x}{10}; & 55 \leq x \leq 65 \\ 0; & x \geq 65 \end{cases}$$

$$\mu_{Tinggi}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 55 \\ \frac{x - 55}{10}; & 55 \leq x \leq 65 \\ 1; & x \geq 65 \end{cases}$$

7. Variabel kadar Trigliserida

Pada variabel kadar Trigliserida ini dibagi dalam 3 himpunan fuzzy yaitu rendah (< 35), sedang ($35 \leq \text{Trigliserida} \leq 165$), tinggi (> 165). Fungsi keanggotaan dari tiap himpunan *fuzzy* rendah, sedang, tinggi dapat diuraikan sebagai berikut :



Gambar 3.11 Kurva himpunan *fuzzy* variabel kadar Trigliserida

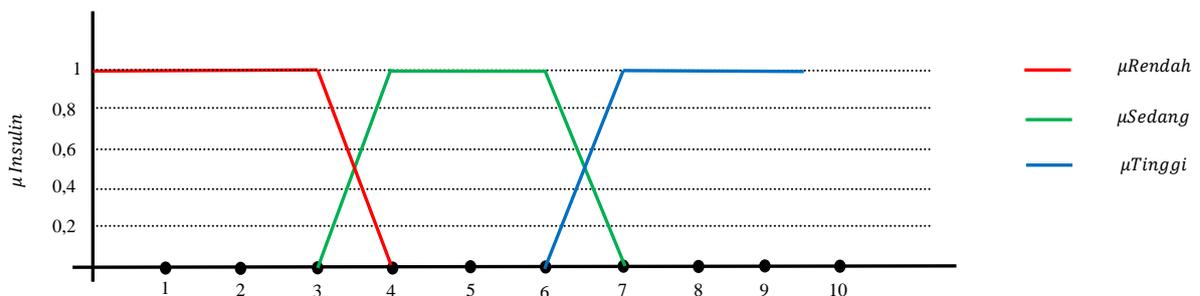
$$\mu_{Rendah}(x) = \begin{cases} 1; & x \leq 45 \\ \frac{55 - x}{10}; & 45 \leq x \leq 55 \\ 0; & x \geq 55 \end{cases}$$

$$\mu_{Sedang}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 45 \\ \frac{x - 45}{10}; & 45 \leq x \leq 55 \\ 1; & 55 \leq x \leq 145 \\ \frac{155 - x}{10}; & 145 \leq x \leq 155 \\ 0; & x \geq 155 \end{cases}$$

$$\mu_{Tinggi}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 145 \\ \frac{x - 145}{10}; & 145 \leq x \leq 155 \\ 1; & x \geq 155 \end{cases}$$

8. Variabel kadar Insulin

Pada variabel kadar Insulin ini dibagi dalam 3 himpunan fuzzy yaitu rendah (< 5), sedang ($5 \leq \text{Insulin} \leq 9$), tinggi (> 9). Fungsi keanggotaan dari tiap himpunan *fuzzy* rendah, sedang, tinggi dapat diuraikan sebagai berikut :



Gambar 3.12 Kurva himpunan *fuzzy* variabel kadar Insulin

$$\mu_{Rendah}(x) = \begin{cases} 1; & x \leq 3 \\ 4 - x; & 3 \leq x \leq 4 \\ 0; & x \geq 4 \end{cases}$$

$$\mu_{Sedang}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 3 \\ x - 4; & 3 \leq x \leq 4 \\ 1; & 4 \leq x \leq 6 \\ 7 - x; & 6 \leq x \leq 7 \\ 0; & x \geq 7 \end{cases}$$

$$\mu_{Tinggi}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 6 \\ x - 6; & 6 \leq x \leq 7 \\ 1; & x \geq 7 \end{cases}$$

3.2.5 Basis Pengetahuan

Basis pengetahuan dalam perancangan sistem ini sangatlah diperlukanyang berisi aturan-aturan atau rule yang berguna dalam penentuan keputusan sebagai hasil output sistem. Perancangan aturan-aturan ini merupakan langkah setelah pembentukan himpunan *fuzzy*. Aturan-aturan dalam perancangan sistem dapat di lihat di tabel 3.2 di bawah ini.

Tabel 3.2 Aturan-aturan dalam perancangan sistem

P1	IF	GDP rendah and HDL sedang and GPT rendah	THEN	Negatif Diabetes
P2	IF	GDP rendah and GPP rendah and GD Sedang	THEN	Negatif Diabetes
P3	IF	GPT rendah and HDL sedang and GPT rendah	THEN	Negatif Diabetes
P4	IF	GDP rendah and Insulin sedang and HDL tinggi	THEN	Negatif Diabetes
P5	IF	GDP rendah and HbA1c rendah Tg tinggi	THEN	Negatif Diabetes
P6	IF	GDP rendah and Tg rendah and GD Sedang	THEN	Negatif Diabetes
P7	IF	GDP rendah and GD rendah and GPT rendah	THEN	Negatif Diabetes
P8	IF	GPP rendah and GD rendah and HDL tinggi	THEN	Negatif Diabetes
P9	IF	GPT rendah and GD rendah and GD Sedang	THEN	Negatif Diabetes
P10	IF	GPT rendah and GPP rendah Tg tinggi	THEN	Negatif Diabetes
P11	IF	GPP rendah and HDLsedang and GPT rendah	THEN	Negatif Diabetes
P12	IF	GPP rendah and Tg rendah and GD Sedang	THEN	Negatif Diabetes
P13	IF	GPT rendah and Tg rendah and GPT rendah	THEN	Negatif Diabetes
P14	IF	GPT rendah and HbA1c rendah and Tg tinggi	THEN	Negatif Diabetes
P15	IF	GD rendah and HDLsedang and GPT rendah	THEN	Negatif Diabetes
P16	IF	GPP rendah and HbA1c rendah and GD Sedang	THEN	Negatif Diabetes
P17	IF	GPT rendah and Insulin sedang and HDL tinggi	THEN	Negatif Diabetes
P18	IF	GDP rendah and GPT rendah and GPT rendah	THEN	Negatif Diabetes
P19	IF	GD rendah and HbA1c rendah and GD Sedang	THEN	Negatif Diabetes
P20	IF	HbA1c rendah and HDL sedang Tg tinggi	THEN	Negatif Diabetes
P21	IF	HbA1c rendah and Tg rendah and GPT rendah	THEN	Negatif Diabetes

P22	IF	GD rendah and Tg rendah and GPT rendah	THEN	Negatif Diabetes
P23	IF	GDP sedang and GPT sedang and HDL tinggi	THEN	PraDiabetes
P24	IF	GDP sedang and GD tinggi and insulin rendah	THEN	PraDiabetes
P25	IF	GDP sedang and GPP sedang and insulin rendah	THEN	PraDiabetes
P26	IF	HbA1c tinggi and Tg tinggi and trigliserida tinggi	THEN	Positif Diabetes tipe 1
P27	IF	GDP sgt tinggi and Insulin rendah and GPT tinggi	THEN	Positif Diabetes tipe 1
P28	IF	HbA1c tinggi and Insulin rendah insulin rendah	THEN	Positif Diabetes tipe 1
P29	IF	GDP sgt tinggi and HDL rendah and GD tinggi	THEN	Positif Diabetes tipe 2
P30	IF	HbA1c tinggi and HDL rendah trigliserida tinggi	THEN	Positif Diabetes tipe 2
P31	IF	GDP tinggi and Insulin rendah and GD tinggi	THEN	Positif Diabetes tipe 2
P32	IF	GDP tinggi and GPP tinggi trigliserida tinggi	THEN	PraDiabetes
P33	IF	GDP sgt tinggi and GPP tinggi and GD tinggi	THEN	Positif Diabetes tipe 2
P34	IF	GDP tinggi and GPP sgt tinggi trigliserida tinggi	THEN	Positif Diabetes tipe 2
P35	IF	GDP sgt tinggi and Trigliserida tinggi and GPT tinggi	THEN	Positif Diabetes tipe 2
P36	IF	GDP rendah and GPP tinggi trigliserida tinggi	THEN	Pradiabetes

Dari aturan yang telah disusun diatas nantinya dapat digunakan sebagai penentuan keputusan dalam diagnosis penyakit *Diabetes Mellitus* (DM).