

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penyakit Diabetes Melitus (DM) adalah golongan Penyakit Tidak Menular (PTM) kronis. Menurut hasil Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) tahun 2013, DM merupakan suatu kumpulan gejala yang timbul pada seseorang karena adanya peningkatan kadar glukosa darah di atas normal. Seseorang yang terkena penyakit DM ditandai dengan kadar glukosa yang tinggi dalam darah dan urin dalam jangka waktu yang lama. Syafutra dkk. (1981) berpendapat bahwa tingginya kadar glukosa disebabkan karena terganggunya fungsi pankreas dalam mensekresikan insulin. Menurut Wilcox (2005) insulin adalah hormon yang disekresi oleh sel β dari pulau-pulau langerhans yang ada di pankreas. Hormon ini berperan dalam menjaga kestabilan kadar gula darah dalam tubuh agar tetap berada pada batas normalnya.

DM yang dikenal sebagai penyakit gula, secara luas diklasifikasikan ke dalam dua kategori, yaitu DM tipe 1 dan DM tipe 2. DM tipe 1 adalah penyakit diabetes yang terjadi pada seseorang yang sama sekali tidak dapat menghasilkan hormon insulin dalam tubuhnya. Pada kasus ini, sel β penghasil hormon insulin dirusak oleh imun dalam tubuh karena dianggap sebagai musuh. Berbeda dengan DM tipe 1, penderita DM tipe 2 masih menghasilkan hormon insulin dalam tubuhnya, namun jumlahnya tidak cukup untuk mengurangi tingkat glukosa dalam darah.

Pada saat ini, DM merupakan masalah kesehatan yang sangat menakutkan bagi hampir seluruh lapisan masyarakat global, nasional maupun lokal. Laporan status global oleh *World Health Organization* (WHO) tahun 2010 memperkirakan bahwa 60% penyebab kematian semua umur di dunia adalah karena PTM. Diabetes Melitus menduduki peringkat ke-6 sebagai penyebab kematian. Sekitar 1,3 juta orang meninggal akibat diabetes dan 4% meninggal sebelum usia 70 tahun. WHO juga melaporkan bahwa, diperkirakan pada tahun 2030 prevalensi DM di Indonesia mencapai 21,3 juta jiwa.

Sementara menurut laporan Riskesdas (2013), terjadi peningkatan prevalensi penyakit Diabetes Melitus di Indonesia dari 1,1% pada tahun 2007 menjadi 2,1% di tahun 2013. Masih berdasarkan laporan Riskesdas (2013), khusus Provinsi Sumatera Utara tahun 2013, prevalensi penyakit DM cukup menjadi perhatian. Pasalnya terjadi peningkatan prevalensi DM di Sumatera Utara dari 1,21% di tahun 2007 menjadi 2,30% di tahun 2013. Dapat dikatakan bahwa prevalensi penyakit Diabetes Melitus ini sudah tentu akan menjadi suatu masalah kesehatan nasional di kemudian hari.

Banyak model matematika yang telah dikembangkan untuk lebih memahami mekanisme DM. Model-model tersebut menggambarkan penyakit DM dengan melihat mekanisme sistem dinamik glukosa dan insulin di dalam darah. Beberapa model matematika tersebut antara lain Model Minimal Bergman, Model Minimal Riel N Van dan Model Minimal Zheng dan Zhao. Namun, menurut Serah (2011) model matematika sederhana dan komprehensif yang paling sesuai dengan mekanisme sistem dinamik glukosa-insulin adalah Model Minimal Bergman. Model ini berisi parameter yang lebih sedikit dan telah banyak digunakan dalam penelitian fisiologis untuk memperkirakan efektivitas glukosa dan sensitivitas insulin dalam tubuh.

Telah banyak peneliti mengerjakan penelitian mengenai metode untuk mendiagnosa maupun pengobatan penyakit DM. Peneliti-peneliti tersebut umumnya mengkaji dengan model matematika sistem glukosa dan insulin. Diantaranya yaitu Serah (2011). Dalam penelitiannya, Serah menganalisis realitas fisiologis untuk memperkirakan efektivitas glukosa dan sensitivitas insulin dengan Model Minimal Bergman. Hal ini juga diperkuat oleh M.Khalid (2014). Khalid menggunakan Model Minimal Bergman untuk mengetahui kadar glukosa dan insulin ketika manusia melakukan aktivitas fisik dengan modifikasi berupa penambahan konsumsi glukosa pada model.

Pada penelitian ini, model matematika yang akan digunakan peneliti untuk sistem dinamik glukosa-insulin adalah Model Minimal Bergman (MMB). Model ini pertama kali diperkenalkan oleh Richard N. Bergman. *Minimal model* oleh Bergman adalah model satu kompartemen, yang berarti bahwa tubuh dianggap sebagai sebuah tangki dengan konsentrasi dasar (basal) glukosa dan insulin. MMB menjelaskan dinamika glukosa dan insulin, yaitu bagaimana konsentrasi masing-masing saling mempengaruhi. Model minimal yang diberikan oleh Bergman

tersebut adalah:

$$\frac{dG(t)}{dt} = -(p_1 + X(t))G(t) + p_1 G_b, \quad G(0) = G_0$$

$$\frac{dX}{dt} = -p_2 X(t) + p_3(I(t) - I_b), \quad X(0) = X_0$$

$$\frac{dI}{dt} = p_6[G(t) - p_5] + p_4(I(t) - I_b), \quad I(0) = I_0$$

$G(t)$ adalah konsentrasi glukosa pada saat t dan G_b adalah konsentrasi glukosa basal (konsentrasi sebelum diinjeksi glukosa). $I(t)$ adalah konsentrasi insulin pada saat t dan I_b adalah konsentrasi insulin basal. $X(t)$ adalah aksi insulin mengembalikan glukosa ke tingkat basal pada saat t . Sedangkan p_1, p_2, p_3, p_4, p_5 dan p_6 merupakan parameter dalam model.

Munculnya intoleransi glukosa dan gangguan sekresi insulin pada penyakit DM menarik peneliti untuk menelaah perilaku solusi sistem dinamik glukosa-insulin. Untuk itu, pada kesempatan ini, akan dilakukan penelitian berjudul **”Analisis Perilaku Solusi Sistem Dinamik Glukosa-Insulin dari Model Minimal Bergman”**. Penelitian ini juga akan dilengkapi dengan simulasi menggunakan *software* Matlab.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka peneliti merumuskan beberapa permasalahan yang akan menjadi pokok bahasan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Apakah terdapat titik kesetimbangan pada sistem dinamik glukosa-insulin?
2. Jika terdapat titik kesetimbangan pada sistem, bagaimana jenis kestabilannya?
3. Secara umum, bagaimana perilaku solusi sistem dinamik glukosa-insulin?
4. Bagaimana menentukan skema numerik untuk simulasi solusi sistem dinamik glukosa-insulin?

1.3 Batasan Masalah

Agar masalah dalam penelitian ini lebih terarah, peneliti membatasi masalah hanya pada data simulasi. Skema numerik yang akan digunakan dalam simulasi tidak dianalisis lebih lanjut.

1.4 Tujuan Penelitian

Sejalan dengan rumusan masalah, tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui terdapat atau tidaknya titik kesetimbangan pada sistem dinamik glukosa-insulin.
2. Menentukan jenis kestabilan, bila terdapat titik kesetimbangan pada sistem.
3. Menganalisis perilaku solusi sistem dinamik glukosa-insulin.
4. Menentukan skema numerik untuk simulasi solusi sistem dinamik glukosa-insulin.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan dilakukannya penelitian ini, penulis mengharapkan adanya manfaat yang dapat diperoleh, antara lain sebagai berikut:

1. Bagi peneliti
Menambah pengetahuan peneliti mengenai sistem dinamik glukosa-insulin dalam tubuh manusia serta perilaku dan kestabilannya.
2. Bagi pembaca
Memberikan informasi tentang dinamika glukosa dan insulin dalam tubuh manusia dan memberikan informasi pada saat seperti apa dikatakan seseorang menderita penyakit diabetes.