

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Penyakit Diabetes Melitus (DM) atau yang sering dikenal dengan penyakit kencing manis adalah suatu penyakit atau kondisi dimana tubuh seseorang tidak dapat mengendalikan kadar glukosa darah, sehingga kadar glukosa darah meningkat yang dikenal dengan istilah hiperglikemia [3]. Diabetes Melitus terjadi karena kurang sempurnanya kerja insulin atau kekurangan jumlah hormon insulin. Hormon insulin bertugas membawa glukosa darah ke dalam sel untuk pembentukan energi.

Dalam keadaan sehat, tubuh akan menyerap glukosa dari makanan dalam jumlah yang ideal, kemudian menyimpan sisanya. Glukosa tersebut diperlukan tubuh sebagai bahan bakar. Glukosa yang diserap dari makanan akan diangkut ke seluruh tubuh melalui aliran darah, kemudian diberikan ke sel-sel organ tubuh yang memerlukan dengan bantuan insulin (hormon yang dihasilkan pankreas). Bila jumlah glukosa berlebih, maka insulin membantu menyimpan kelebihan glukosa tersebut di dalam organ hati dan otot (dalam bentuk glikogen), atau diubah menjadi trigliserida yang disimpan dalam jaringan penyimpan lemak (adipose) [2]. Insulin yang berikatan dengan reseptornya dapat membuka pintu masuknya glukosa ke dalam sel. Bila insulin tidak ada atau kerja insulin terganggu, maka glukosa tidak dapat masuk ke dalam sel tetapi

berada dalam pembuluh darah sehingga konsentrasi glukosa di dalam darah akan meningkat, dan ini mengindikasikan bahwa seseorang menderita diabetes melitus.

Jumlah penderita diabetes melitus di Indonesia telah menunjukkan angka yang cukup mengkhawatirkan. Data Internasional Diabetes Federation (IDF) pada tahun 2017 menunjukkan bahwa jumlah penderita diabetes di Indonesia mencapai 10,3 juta jiwa (<http://www.idf.org>). Indonesia menduduki peringkat ke-6 dengan jumlah penderita diabetes dewasa tertinggi dunia. Angka total penderita diabetes diprediksi akan terus mengalami peningkatan dan mencapai 16,7 juta jiwa pada tahun 2045. Hasil riset kesehatan dasar (Riskesdas) tahun pada 2018 menyatakan bahwa sejak tahun 2013 prevalensi diabetes melitus naik sebesar 1,6 persen dari 6,9 menjadi 8,5 persen.

Telah banyak ahli yang melakukan penelitian mengenai penyakit diabetes. Beberapa dari mereka menemukan model matematika dari penyakit diabetes. Hussain dan Zadeng [3] melakukan penelitian tentang model matematika interaksi insulin dengan glukosa. Dalam makalahnya mereka mempertimbangkan hilangnya glukosa karena aksi insulin (tergantung insulin) serta hilangnya glukosa karena penyerapan jaringan seperti sel otak dan saraf (tergantung insulin) dan peningkatan kadar glukosa akibat infus melalui asupan makanan, asupan glukosa oral dan penyerapan nutrisi berterusan dan infus konstan. Ilmuan lainnya yang juga melakukan penelitian mengenai penyakit diabetes ini adalah Chavez, dkk. [1] tentang aplikasi teori kontrol optimal pada pengobatan diabetes. Selanjutnya G.W. Swan [8] juga melakukan penelitian

mengenai kontrol optimal model dari diabetes melitus. Pada penelitiannya Swan juga menggunakan teori masalah kontrol optimal kuadratik linier. Model yang diajukan dalam [8] dan [1] adalah sebagai berikut:

$$\min J(u) = \int_0^{\infty} [[x_1(t) - x_d]^2 + \rho u^2(t)] dt,$$

$$\text{kendala } \dot{x}_1(t) = -m_1 x_1 - m_2 x_2, \tag{1.1.1}$$

$$\dot{x}_2(t) = -m_3 x_2 + u,$$

dimana $x_1(t)$ menyatakan konsentrasi glukosa darah pada waktu t (dalam menit), $x_2(t)$ menyatakan konsentrasi hormon dalam darah (termasuk insulin) pada waktu t (dalam menit), m_1 menyatakan konstanta laju untuk menghilangkan glukosa yang berada di atas konsentrasi normal karena kelebihannya sendiri, m_2 menyatakan konstanta laju untuk menghilangkan glukosa yang berada di atas konsentrasi normal karena konsentrasi hormon di atas konsentrasi normal, m_3 menyatakan konstanta laju untuk menghilangkan hormon yang berada di atas konsentrasi normal karena kelebihannya sendiri, $\rho > 0$ adalah skalar pembobot, x_d menyatakan kadar glukosa darah yang diharapkan dan u menyatakan konsentrasi insulin eksogen yang diinfuskan.

Fungsi objektif yang hendak diminimumkan adalah $J(u)$. Dalam hal ini yang akan diminimumkan adalah tingkat konsentrasi gula darah sebagai akibat penginfusan insulin. Kendala dalam model (1.1.1) menyatakan bahwa tubuh tidak menghasilkan insulin ($x_2(0) = 0$) diakibatkan rusaknya sel β pada pankreas. Masalah yang diselesaikan dari model (1.1.1) adalah berapa sebaiknya kadar insulin $u(t)$ yang diinfuskan sedemikian sehingga fungsi tujuan $J(u)$ diminimumkan.

Dalam penelitian ini kendala pada model (1.1.1) dimodifikasi menjadi

$$\begin{aligned} \dot{x}_1(t) &= -m_1x_1 - m_2x_2, \quad x_1(0) = x_{10}, \\ \dot{x}_2(t) &= -m_3x_2 + m_4x_1 + u, \quad x_2(0) = x_{20}, \end{aligned} \quad (1.1.2)$$

dimana $m_4 > 0$ menyatakan konstanta laju untuk melepaskan hormon di atas konsentrasi normal karena konsentrasi glukosa darah di atas konsentrasi normal. Persamaan kendala dalam (1.1.2) menyatakan bahwa tubuh penderita diabetes masih menghasilkan insulin namun jumlahnya sedikit ($x_2(0) = x_{20} \neq 0$), sehingga memerlukan infus insulin eksogen. Teori kontrol optimal kuadratik linier digunakan untuk menganalisis hubungan antara pemberian insulin eksogen terhadap kadar glukosa darah dari seorang penderita diabetes melitus. Pada penelitian ini akan ditentukan kontrol optimal $u(t)$ yang meminimumkan $J(u)$ dan memenuhi persamaan (1.1.2).

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka yang menjadi pokok pembahasan dalam penelitian ini adalah bagaimana aplikasi kontrol optimal kuadratik linier untuk menganalisis interaksi insulin terhadap glukosa darah pada penyakit diabetes melitus.

1.3 Tujuan Penelitian

Sesuai dengan perumusan masalah yang telah diuraikan sebelumnya, maka tujuan diadakan penelitian ini adalah mengetahui aplikasi kontrol optimal

kuadratik linier untuk menganalisis interaksi insulin terhadap glukosa darah pada penyakit diabetes melitus.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat diadakan penelitian ini adalah dapat memperluas wawasan penulis serta pembaca pada umumnya dan diharapkan dapat memberikan sumbangan kepada para pembaca agar lebih memahami aplikasi kontrol optimal kuadratik linier untuk menganalisis interaksi insulin terhadap glukosa darah pada penyakit diabetes melitus.

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan dalam tesis ini dibagi atas empat bab. Bab I berisi latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan. Selanjutnya pada Bab II dibahas beberapa teori dasar yang terkait dengan topik yang diteliti pada tesis ini. Kemudian pada Bab III dijelaskan analisis interaksi insulin dan glukosa pada penyakit diabetes melitus. Terakhir, pada Bab IV disajikan kesimpulan hasil yang diperoleh.