

## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang

*Diabetes Mellitus* merupakan kondisi di mana pankreas tidak mampu memproduksi insulin yang cukup untuk mengatur kadar gula dalam darah. Pada penderita diabetes tipe I, pankreas sama sekali tidak memproduksi hormon insulin dan penderita secara keseluruhan bergantung pada sumber insulin external yang diinfuskan ke dalam tubuhnya untuk menjaga gula darah pada kadar normal. *Hyperglycemia* terjadi saat glukosa darah meningkat lebih tinggi dari kadar normal ( $> 8\text{mmol/L}$ ) dan *hypoglycemia* terjadi saat kadar gula darah menurun di bawah  $3\text{mmol/L}$ . Kedua kondisi tersebut dapat mengganggu bahkan mengancam kesehatan si penderita diabetes. *Hyperglycemia* dapat menyebabkan kebutaan, kegagalan jantung dan komplikasi lainnya.pada jangka panjang tertentu. *Hypoglycemia* mengakibatkan efek jangka pendek yang lebih kritis, yaitu kehilangan kesadaran dan koma.

Perawatan bagi *diabetes mellitus* (DM) tipe I saat ini meliputi pengendalian waktu pelaksanaan, kadar, dan lokasi pemberian obat. Oleh karena itu diperlukan alternatif untuk mengimplementasikan pengendalian yang optimal pada target yang dituju. Pengendalian kadar glukosa di dalam tubuh dilakukan dengan cara pemberian insulin yang tepat, agar kadar normal gula darah antara  $3,33\text{-}6,67\text{ mmol/L}$  ( $60\text{-}120\text{ mg/dL}$ ) yang merupakan target dari pengendali dapat terpenuhi.

Pada umumnya perawatan bagi DM tipe I membutuhkan pengukuran glukosa tiga sampai empat kali sehari diikuti penyuntikan insulin ke dalam lapisan *subcutaneous*, dan biasanya perawatan ini berhubungan dengan waktu makan dan waktu tidur untuk menjaga kadar gula darah pada rentang *normoglycemia* (70-110 mg/dL). Walaupun terapi insulin secara intensif mungkin telah memadai, kadar glukosa tetaplah bergantung pada aktifitas si penderita DM (makanan yang dikonsumsi dan olah raga). Dalam mengendalikan kadar glukosa, terdapat sistem pemberian insulin secara otomatis menggunakan pengukuran glukosa kontinu, di mana aplikasi ini menggunakan pendekatan berdasarkan pemodelan. Sehingga kualitas model memainkan peranan penting.

Tubuh yang normal memiliki sistem pengaturan *feedback* alami, saat kadar glukosa tinggi merangsang pankreas untuk memproduksi insulin, tapi tidak pada penderita diabetes. Maka perlu memanipulasi tingkat pemberian insulin dan kehandalan dari pengendali yang dirancang dapat dilihat secara simulasi pada penderita diabetes.

*Model Predictive Control* (MPC) merupakan suatu metodologi pengendalian yang saat ini memiliki pengaruh yang sangat penting dalam bidang industri dibandingkan dengan pengendali konvensional seperti *Two-Degree of Freedom* ataupun Aturan Kendali Kenaikan.

Pada sistem kendali konvensional, batasan-batasan (*constraints*) seperti amplitudo dan *slew rate* sinyal kendali tidak diperhitungkan pada proses pengendalian. Hal ini tentu dapat menyebabkan hasil kendali menjadi kurang baik, terutama jika terjadi pemotongan paksa terhadap sinyal kendali sebelum masuk ke *plant*. Pemotongan sinyal kendali biasanya terjadi ketika nilai trayektori

acuan berubah secara mendadak. Hal tersebut tentu tidak akan terjadi pada MPC karena pengendali dapat memprediksi keluaran proses yang akan datang serta tidak mengabaikan batasan-batasan yang ada. Selain agar keluaran sistem menjadi bagus, adanya batasan pada proses pengendali dapat membuat kinerja alat menjadi optimal sehingga alat tidak cepat rusak dan dapat beroperasi dalam jangka waktu yang lama.

Banyaknya faktor yang harus diperhitungkan pada pengendali MPC membuat algoritma MPC menjadi sangat panjang dan rumit. Akan tetapi dengan kecepatan komputasi perangkat keras saat ini, tidak lagi menjadi masalah utama. Masalah utama metode MPC adalah keperluan akan model proses. Model proses pada MPC berguna untuk memprediksi keluaran sistem sehingga pengendali MPC dapat memberikan sinyal masukan yang sesuai. Oleh sebab itu, algoritma MPC membutuhkan model proses yang baik.

## **1.2. Tujuan Pembahasan**

Tesis ini bertujuan merancang pengendalian untuk menentukan tingkat pemberian insulin yang tepat dan mengendalikan kadar gula darah pada penderita diabetes tipe I agar *normoglycemia* (3,33-6,67 mmol/L) dapat terpenuhi.

## **1.3. Batasan Masalah**

Tesis ini membahas perancangan MPC dengan *constraints* menggunakan metode *Quadratic Programming* dalam menghitung besar perubahan sinyal kendali. *Constraints* yang digunakan adalah amplitudo dan *slew rate* sinyal kendali.

Model yang digunakan pada perancangan MPC ini adalah model ruang keadaan linier dengan laju insulin eksternal dan glukosa makanan sebagai masukan, serta konsentrasi gula darah, insulin plasma dan insulin interstitial sebagai keluaran sistem. Pembatasan masalah khususnya terdapat pada *constraints* sistem yaitu :

1. Sistem yang dirancang ini hanya untuk *plant* penderita diabetes khusus bertipe I, di mana termasuk dalam kategori *insulin dependent* karena pankreas sama sekali tidak menghasilkan insulin.
2. Selisih kenaikan dan penurunan input yang dimanipulasi (laju insulin yang diinjeksikan,  $\Delta u$ ) tidak boleh melebihi 16,667 mU/min per *sample time*.
3. Insulin yang diinjeksikan ( $u$ ) berkisar pada rentang nilai 0 mU/min sampai dengan 100 mU/min.
4. Penyerapan glukosa pada arteri dan dinding usus serta glukosa pada lapisan *subcutaneous* yang pada kenyataannya mempengaruhi kadar gula darah penderita DM tipe I diabaikan, hanya glukosa pada darah yang diperhitungkan pada sistem yang dirancang ini.
5. Model sistem adalah non linier yang kemudian dilinierisasikan di sekitar titik setimbangnya.
6. Parameter-parameter dan nilai fundamental yang berlaku pada penderita diabetes tipe I merupakan nilai yang diambil dari referensi.

#### **1.4. Sistematika Penulisan**

Tesis ini terbagi dalam lima bab, yang masing-masing memiliki pokok bahasan tertentu sebagai bagian dari tujuan pembahasan tesis.

Bab satu merupakan bab pendahuluan yang membahas latar belakang masalah, tujuan penulisan, batasan masalah dan sistematika penulisan. Bab dua membahas konsep dasar *Model Predictive Control* (MPC), termasuk di dalamnya identifikasi model acuan, pembentukan *constraints*, penurunan sinyal kendali dengan dan tanpa *constraints*, dan minimisasi fungsi kriteria. Bab tiga membahas pemodelan sistem dan perancangan pengendali dengan MPC. Bab empat membahas hasil dan analisa sistem yang dikendalikan dengan MPC. Bab lima merupakan kesimpulan dari keseluruhan pembahasan tesis ini.

