

INTISARI

KENDALI KESEIMBANGAN BERJALAN ROBOT HUMANOID UNTUK PERUBAHAN KEMIRINGAN LINTASAN MENGGUNAKAN LQR

Oleh

Shinta Murti Puspitasari

16/398424/PA/17385

Saat robot *humanoid* berjalan, robot mengalami percepatan sehingga menimbulkan torsi atau momen gaya. Perubahan kemiringan lintasan juga menyebabkan robot mengalami kemiringan orientasi badan yang berubah-ubah setiap langkahnya. Perubahan kemiringan robot ini berakibat pada keluarnya pusat massa robot dari batas toleransi sehingga robot jatuh. Sebuah sistem kendali diperlukan untuk melawan momen gaya dan mengoptimalkan pergerakan titik pusat massa robot saat berjalan di permukaan dengan kemiringan lintasan yang berubah.

Dalam penelitian ini, digunakan dua sistem kendali *fullstate feedback* dengan metode *Linear Quadratic Regulator* (LQR), yaitu kendali pola berjalan dan kendali kemiringan robot. Robot dimodelkan sebagai sebuah pendulum terbalik linier. Sebuah sensor IMU yang terdiri dari akselerometer dan giroskop digunakan untuk mengetahui kemiringan badan robot. Titik pusat massa robot didapatkan dengan perhitungan *forward kinematics* posisi servo kaki robot. Masukan kendali pola berjalan berupa torsi yang didapatkan dari selisih antara pusat massa saat ini dengan referensi berjalan, sedangkan masukan kendali kemiringan robot didapatkan dari sensor IMU. Masukan kendali ini kemudian dikalikan dengan gain K yang didapatkan dari penalaan komponen Q . Hasil kendali berupa torsi yang dibutuhkan untuk menggerakkan pusat massa kemudian dikonversi menjadi sudut *pitch* dan *roll* pada *ankle* robot. *Inverse kinematics* akan menghitung sudut masing-masing servo berdasarkan sudut *pitch* dan *roll* yang dihasilkan kendali.

Hasil penelitian kendali keseimbangan berjalan robot *humanoid* untuk perubahan kemiringan lintasan menggunakan LQR mampu mempertahankan posisi titik pusat massa robot dalam toleransi. Robot *humanoid* mampu berjalan di lintasan dengan kemiringan yang berubah mulai dari kemiringan -10° hingga 10° .

Kata kunci: Kemiringan, Pendulum Terbalik, *State Space*

ABSTRACT

HUMANOID ROBOT WALKING CONTROL FOR SLOPE CHANGE OF TRACK USING LQR

By

Shinta Murti Puspitasari

16/398424/PA/17385

While walking, robot experiences acceleration that generates torque or moment of force. Change in the slope of the track also causes robot to experience a tilt of body orientation in every step. This will result to robot's center of mass coming out of its tolerance limit which induces the robot to fall. A control system is needed to counteract the moment of force and optimize the movement of robot's center of mass when walking on a track with slope change.

In this research, two full-state feedback control systems were used with the Linear Quadratic Regulator (LQR) method, one for walking pattern control and one for robot tilt control. The robot is modeled as a linear inverted pendulum. An IMU sensor consisting of accelerometer and gyroscope is used to determine the tilt of the robot's body. Robot's center of mass is obtained by calculating the forward kinematics of the position of robot's leg servos. The input of walking pattern control is torque obtained from the difference between the current center of mass and the walking reference, while the input of robot tilt control is obtained from the IMU sensor. These control inputs are then multiplied by the gain K obtained from the tuning of the Q component. The output of control is the torque needed to move robot's center of mass, which converted into pitch and roll angles of robot's ankle. Inverse kinematics will calculate the angle of each servo based on pitch and roll angles generated by the control.

The result of this research on controlling the balance of walking humanoid robot for slope change of track using LQR method can maintain the position of robot's center of mass within the tolerance. Humanoid robot managed to walk on a track with slope changes between -10° until 10° without falling.

Tags: Tilt, Inverted Pendulum, State Space