

ABSTRACT

The main problem in this capstone project is the need for a controller that can stabilize a humanoid robot when standing still or walking on synthetic grass even when subjected to external disturbances. In order for this system to function properly, it first needs a dynamic modelling of the system, sensor data processing, and a robust controller.

The humanoid robot is modelled as a linear inverted pendulum, but there is difficulty in identifying the correct system parameters. A system identification approach was done to acquire the dynamic model of the robot. The inertial measurement unit (IMU) sensor is noisy, so an estimator is needed. One of the state estimators is a Kalman Filter. After acquiring the model, an output feedback controller can be designed using the linear quadratic regulator (LQR) algorithm. But this controller has a disadvantage as it cannot work for nonlinear systems, so a fuzzy logic controller is needed to handle the nonlinearities of this system.

The problem of humanoid robot stabilization is solved by designing two controllers: ankle strategy and stepping strategy. The model of the humanoid robot is acquired using a nonrecursive least square system identification to get a better dynamic representation of the robot. This model is also used to design a Kalman Filter to estimate the system states from the noisy sensors and design a LQR controller. The fuzzy logic controller is made parallel according to the number of model states to vary the output feedback gain based on angle and angular velocity membership functions. The implemented control system consists of an ankle strategy and a stepping strategy for a humanoid robot that can maintain its stability around the pitch axis when subject to pendulum disturbance or even restraining force from a spring balance.

INTISARI

Permasalahan utama dalam proyek *capstone* ini adalah dibutuhkannya pengendali yang dapat menjaga kestabilan robot humanoid pada saat berdiri diam maupun berjalan di permukaan rumput sintetis meskipun terdapat gangguan eksternal. Agar sistem dapat bekerja dengan baik, dibutuhkan pemodelan dinamik robot humanoid, pengolahan data sensor yang baik, dan pengendali yang andal.

Robot humanoid dapat dimodelkan sebagai pendulum terbalik linier, namun permasalahannya adalah menentukan parameter sistem yang sesuai. Pendekatan identifikasi sistem dapat digunakan untuk mendapatkan model dinamik robot. Sensor *inertial measurement unit* (IMU) juga penuh dengan derau sehingga perlu proses estimasi menggunakan estimator, salah satunya adalah Kalman Filter. Setelah mendapatkan model, dapat dirancang pengendali *output feedback* dengan algoritma *linear quadratic regulator* (LQR). Namun kelemahannya adalah tidak dapat bekerja pada sistem nonlinier sehingga dibutuhkan pengendali logika *fuzzy* untuk mengatasi ketidaklinieran sistem.

Penyelesaian masalah keseimbangan robot humanoid sendiri dapat dirancang dengan dua macam pengendali, yaitu pengendali dengan strategi tumit dan strategi melangkah. Pemodelan untuk robot humanoid sendiri dapat menggunakan identifikasi sistem metode *nonrecursive least square* agar mendapatkan model yang merepresentasikan dinamika robot secara utuh. Model ini juga dapat digunakan untuk merancang Kalman Filter untuk mengestimasi *state* sistem dari sensor yang penuh derau dan merancang pengendali LQR. Pengendali logika *fuzzy* dibuat secara paralel sesuai banyak *state* model untuk mengubah nilai penguatan *output feedback* berdasarkan fungsi keanggotaan sudut dan kecepatan sudut. Sistem kendali yang diimplementasikan berupa strategi tumit dan melangkah untuk robot humanoid yang dapat mempertahankan kestabilan robot pada sumbu *pitch* terhadap gangguan bandul maupun gaya penahan.