**Evaluasi Tengah Semester (ETS)**

**Kontrol Otomatik Lanjut**

Perancangan Sistem Kontrol Keseimbangan Pada Robot Roda 2 Menggunakan Algoritma Kontrol

*Linier Quadratic Regulator* - *Neural Network*

****

OLEH :

MOHAMMAD BEREL TORIKI 02311950010008

# **DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA**

# **FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA SISTEM**

# **INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

# **SURABAYA**

**2020**

Perancangan Sistem Kontrol Keseimbangan Pada Robot Roda 2 Menggunakan Algoritma Kontrol *Linier Quadratic Regulator* - *Neural Network*

Nama Mahasiswa : Mohammad Berel Toriki

NRP : 02311950010008

Dosen : Prof. Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, M.T

# ABSTRAK

Salah sat

Kata kunci : DC-DC *buck converter*, daya listrik, pengendali logika *fuzzy* tipe-2, *pulse width modulation*, tegangan, *prototype* turbin angin,

# KATA PENGANTAR

****

Penulis mengucapkan puji kehadirat Allah SWTatas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga tugas pengganti ETS dengan judul **“Perancangan Sistem Kontrol Keseimbangan Pada Robot Roda 2 Menggunakan Algoritma Kontrol *Linier Quadratic Regulator* - *Neural Network*”** dapat terlaksana sampai akhirnya laporan tugas ini dapat penulis susun hingga selesai. Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Allah SWT yang telah memberikan kemudahan serta kemampuan untuk mengerjakan tugas ini.
2. Orang tua tercinta berserta saudara yang mendukung dalam pekerjaan tugas ini.
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah selaku dosen pengampuh mata kuliah kontrol otomatik lanjut
4. Bapak dan Ibu dosen Teknik Fisika ITS yang telah memberikan ilmu selama penulis kuliah.
5. Teman-teman pascasarjana

Penulis menyadari bahwa terdapat banyak ketidaksempurnaan dalam pengerjaan dan laporan tugas ini, sehingga penulis memohon maaf berserta kritik dan saran.

|  |  |
| --- | --- |
|  | Surabaya, 30 Maret 2020 |
|  | Mohammad Berel Toriki |

# DAFTAR ISI

[HALAMAN JUDUL i](#_Toc520385045)

[ABSTRAK v](#_Toc520385047)

[KATA PENGANTAR ix](#_Toc520385049)

[DAFTAR ISI xi](#_Toc520385050)

[DAFTAR GAMBAR xv](#_Toc520385051)

[BAB 1 PENDAHULUAN 1](#_Toc520385054)

[1.1 Latar belakang 1](#_Toc520385055)

[1.2 Perumusan masalah 3](#_Toc520385056)

[1.3 Tujuan 4](#_Toc520385057)

[BAB 2 Tinjauan Pustaka 5](#_Toc520385059)

[2.1 *Hydraulic Power System* 5](#_Toc520385060)

[2.1.1 Klasifikasi Turbin Angin 5](#_Toc520385061)

[2.1.2 Komponen turbin angin 7](#_Toc520385062)

[2.1.3 Desain turbin angin 7](#_Toc520385063)

[2.2 DC-DC *Buck Converter* 8](#_Toc520385064)

[2.3 Sistem Pengendalian Logika *Fuzzy* Tipe-2 11](#_Toc520385065)

[2.4 Performansi Tanggapan Sistem Pengendalian Orde Kedua 17](#_Toc520385066)

[2.5 Peta Jalan Penelitian DC-DC *Buck Converter* 18](#_Toc520385067)

[BAB 3 METODE 21](#_Toc520385068)

[3.1 Diagram Perancangan Sistem 21](#_Toc520385069)

[3.2 Diagram Blok Sistem Pengendalian 21](#_Toc520385069)

[3.2 Perancangan Simulasi Sistem Pengendalian Menggunakan Matlab 22](#_Toc520385070)

[BAB 4 PENUTUP 37](#_Toc520385079)

[4.1 Kesimpulan 37](#_Toc520385080)

[4.2 Saran 41](#_Toc520385081)

# DAFTAR GAMBAR

[Gambar 2.1 Klasifika 6](#_Toc520194625)

[Gambar 2.2 Komponen 7](#_Toc520194626)

[Gambar 2.3 Rangkaia 8](#_Toc520194627)

[Gambar 2.4 Gelomba 9](#_Toc520194628)

[Gambar 2.5 Ske 12](#_Toc520194629)

[Gambar 2.6 Fungsi 13](#_Toc520194630)

[Gambar 2.7 Fungsi kean 14](#_Toc520194631)

[Gambar 2.8 Fungsi kea 14](#_Toc520194632)

[Gambar 2.9 Operasi 15](#_Toc520194633)

**BAB 1**

**PENDAHULUAN**

**1.1 Latar Belakang**

Penelitian ketika Argonne National Laboratories di Oak Ridge, Amerika, memperkenalkan sebuah mekanisme robotic yang diberi nama master-slave manipulator. Robot tersebut dipakai untuk menangani material radioaktif. Kemudian di tahun 1950-an Unimation Incorporated memperkenalkan produk robot komersial pertama. Baru pada pertengahan tahun 1960-an produk robot dipakai dalam kegiatan industri. Karena aplikasi robot hampir tak dapat dipisahkan dengan kegiatan industri, maka muncul istilah industrial robot dan robot manipulator. Dewasa ini definisi robot industri sudah tidak sesuai lagi karena teknologi mobile robot sudah dipakai meluas sejak awal 1980-an. Seiring itu pula muncul istilah robot humanoid (mirip manusia), animaloid (mirip binatang), dan sebagainya.

Balancing robot beroda dua adalah suatu mobile robot yang memiliki dua buah roda disisi kanan dan kirinya yang tidak bisa seimbang bila tidak dikontrol. Untuk menyeimbangkan robot beroda dua diperlukan suatu metode kontrol yang baik untuk mempertahankan posisi robot dalam keadaan tegak lurus terhadap permukaan bumi tanpa memerlukan pengendali lain dari luar. Robot keseimbangan ini juga telah dikembangkan menjadi salah satu model transportasi yang bernama segway.

Pada tahun 2001 Dean Kamen mengumumkan bahwa Segway merupakan alat transportasi yang cocok untuk keperluan hiburan, jalan-jalan, patroli dalam kota, aktifitas perkantoran. Belum lagi berkembangnya komponen elektronika yang sangat pesat dan murah, memicu banyak penelitian untuk mengembangkan dari ingkat pendidikan sampai komersil. Robot keseimbangan merupakan robot yang memiliki prinsip kerja mirip seperti sistem inverted pendulum.

Pada kesempatan kali ini, penulis akan merancang prototype dari Segway. ini juga merupakan pengembangan dari yang telah dibuat sebelumnya oleh Ridho Rumansyah, S.Si. pada perancangan yang telah ia buat, robot hanya dapat berdiri dengan 2 roda dan dapat menyeimbangkannya. Pada Tugas ini dirancang sistem dengan menggunakan mikrokontroler, serta memakai sensor accelerometer dan gyroscope yang kemudian di masukan kedalam persamaan complamantary filter untuk menggabungkan pembacaan dari accelerometer dan gyroscope. Sehingga robot ini dapat mempertahankanposisinya tegak lurus dengan seimbang terhadap permukaan bumi pada bidang datar. Dan dapat menerapkan Self-balancing Control pada robot.

**1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas didapatkan rumusan masalah yang dapat dijadikan sebagai pembahasan pada tugas ini :

* Bagaimana sistem keseimbangan pada robot roda 2?
* Bagaimana merancang sistem pengendalian modern berbasis *linier quadratic regulatic* dengan *neural network* pada sistem kontrol keseimbangan robot roda 2 ?
* Bagaimana pengaruh sistem kontrol cerdas terhadap perilaku sistem ?

**1.3 Tujuan**

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka didapatkan tujuan dari penulisan makalah ini yaitu sebagai berikut :

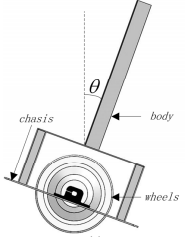
* Mengetahui sistem keseimbangan pada robot roda 2
* Menghasilkan suatu rancangan sistem pengendalian modern berbasis *linier quadratic regulatic* dengan *neural network* pada sistem kontrol keseimbangan robot roda 2
* Mengetahui pengaruh sistem kontrol cerdas terhadap perilaku sistem

**BAB 2**

**TINJAUAN PUSTAKA**

**2.1 Robot Beroda 2**

*Hydraulic power system*

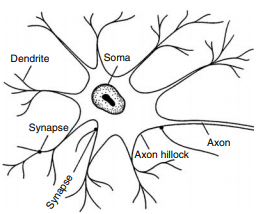


**Gambar 2.1** Model Mekanik Sistem Keseimbangan Robot Roda 2

**2.2 *Artificial Neural Network***

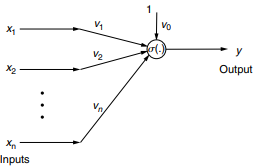
**2.2.1 Topologi *Artificial Neural Network***

*Artificial neural network* adalah suatu jenis algoritma kontrol yang diadopsi dari jaringan syaraf pada otak manusia yang dapat dimodelkan berdasarkan proses biologis untuk pengolahan informasi termasuk sistem *nervous* secara spesifik. Sinyal dirambatkan berdasarkan perbedaan potensial antara bagian dalam dan bagian luar dari sel.



**Gambar 2.2** Neuron Anatomi

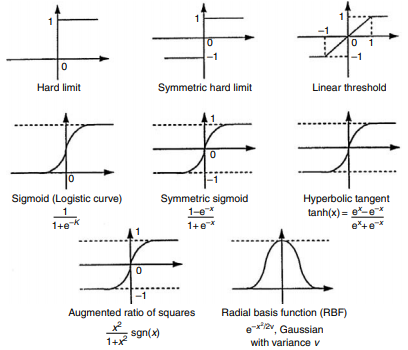
Dendrit membawa sinyal dari bagian neuron yang lain menuju soma atau badan sel, dan mengumpulkan beberapa sinyal menjadi satu di bagian soma. Secara matematis neuron dapat dimodelkan melalui gambar berikut.



**Gambar 2.3** Model matematis dari neuron

Model matematika dalam bentuk gambar seperti yang ditunjukkan pada gambar 2 dapat dituliskan dalam bentuk persamaan matematika berikut.

Fungsi aktivasi dalam *neural network* merupakan fungsi sel non linier. Terdapat beberapa jenis fungsi aktivasi yang dapat digunakan seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut.



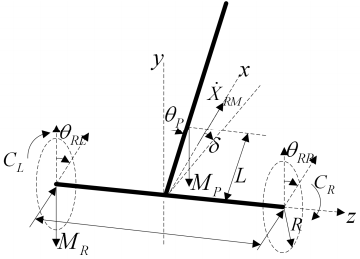
**Gambar 2.4** Fungsi aktivasi yang umum digunakan pada *neural network*

**BAB 3**

**METODE**

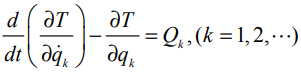
**3.1 Pemodelan Robot Beroda 2**

Robot beroda 2 dapat digambarkan melalui analisa diagram pada gambar 3.1 berikut.

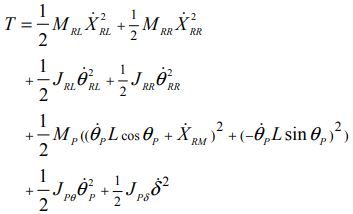


**Gambar 3.1** Diagram analisis sistem keseimbangan robot beroda 2

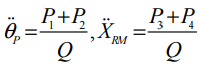
Persamaan Euler – Lagrange merupakan metode pemodelan yang berdasarkan analisa energi dari suatu sistem. Berikut persamaan matematis untuk gaya yang dihasilkan oleh sistem dengan menggunakan persamaan *Newtonian*.

 (1)

Dimana T adalah total energi kinetik dari sistem, qk adalah letak koordinat atau posisi, dan Qk ­adalah gaya yang diberikan pada sistem. Total energi kinetik dari robot ditunjukkan oleh persamaan berikut.

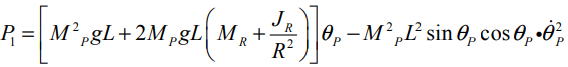
 (2)

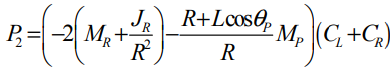
Dimana θRL, θRR, θP merupakan komponen dari qk pada persamaan 1. θRL adalah perubahan sudut roda sebelah kiri, θRR adalah perubahan sudut roda sebelah kanan, dan θP adalah sudut antara pendulum dan sumbu y. Sedangkan CL merupakan torsi motor sebelah kiri, CR merupaka torsi motor sebelah kanan. Subtitusi variabel tersebut ke persamaan 1 sehingga didapatkan persmaan keadaan sistem.

 (3)

dimana Q, P1, P2, P3, P4 merupakan persamaan sebagai berikut

 (4)

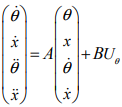
 (5)

 (6)

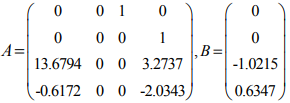
 (7)

 (8)

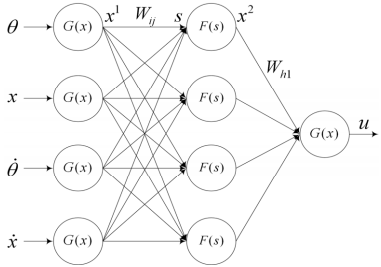
Dimana diketahui persmaan state spacenya sebagai berikut

 (9)

Dimana matriks A dan B diketahui

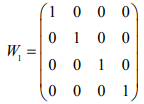
 (10)

**3.2 Pemodelan LQR - *Neural Network Controller***

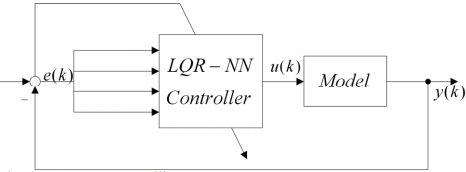


**Gambar 3.2** Struktur jaringan internal dari LQR – NN

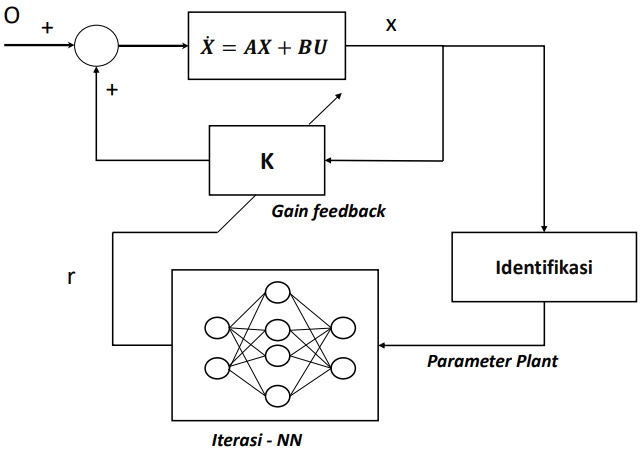
Berdasarkan gambar 3.2 diatas semua inputan yaitu dimasukkan pada *layer* pertama yang berisi 4 neuron dengan bobot layer disimbolkan dengan Wij dan dengan *output* akhir berupa aksi kontrol (u), untuk bobot pada layer pertama dapat dimodelkan menggunakan persamaan matrix sebagai berikut.

 (11)

**3.3 Diagram Blok Sistem**



**Gambar 3.3** Diagram Blok Sistem Pengendalian



**Gambar 3.** Diagram blok pengendalian dengan sistem kendali LQR