

Progress Evaluasi Tengah Semester (ETS)

Kontrol Otomatik Lanjut

Perancangan Pengendali Posisi Motor DC dengan Menggunakan
Algoritma Kontrol

Neural Network Predictive Controller



OLEH :

Choirul Mufit

02311950010006

**DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA SISTEM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020**

Perancangan Pengendali Posisi Motor DC dengan Menggunakan Algoritma Kontrol *Neural Network Predictive Controller*

Nama Mahasiswa : Choirul Mufit

NRP : 02311950010006

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

ABSTRAK

Kata kunci:

KATA PENGANTAR
DAFTAR ISI
DAFTAR GAMBAR

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam dunia industri motor arus searah banyak digunakan sebagai motor penggerak. pemilihan motor arus searah sebagai motor penggerak dibandingkan motor induksi karena motor arus searah memiliki rentang pengaturan kecepatan yang lebar. Pengaturan kecepatan motor searah juga mudah dilakukan dalam berbagai kecepatan dan variasi beban.. Ada berbagai macam alasan mengapa motor DC sangat populer digunakan. Salahsatunya adalah sistem tenaga listrik DC masih umum digunakan pada industri, automobil , dan robotika. Dan meskipun tidak ada sumber tenaga listrik DC, rangkaian penyearah dan chopper dapat digunakan untuk menghasilkan sumber listrik DC yang diinginkan.

Dalam dunia industri, pengendalian posisi motor DC sangat penting. Misalnya pada industri plastik. Pada proses penggulungan plastik, kecepatan penggulungan plastik harus disesuaikan dengan kecepatan mesin pengirim plastik dan juga disesuaikan dengan jari-jari gulungan. Jika tidak maka hasil gulungan plastik tidak rapi atau kusut.

Pada robotika pengendalian posisi dan kecepatan motor DC juga sangat penting misalnya dalam Kontes Robot Indonesia (KRI) dan Kontes Robot Cerdas Indonesia (KRCI). Robot harus dapat bergerak cepat dan tepat, meskipun terdapat berbagai halangan ataupun gangguan. Karena itu pergerakan robot memerlukan pengaturan posisi dan kecepatan motor yang baik agar tujuan yang diinginkan dapat tercapai.

Karena itulah kendali Neural network diperlukan disini yaitu untuk mengendalikan posisi motor DC. Sehingga didapatkan pengendalian dengan performansi yang baik dengan tingkat eror steady state masuk dalam eror yang masih diizinkan

1.2 Rumusan Masalah

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

Bagaimana merancang sistem pengendalian modern berbasis *Neural Network Predictive Controller* sistem kontrol posisi motor DC ?

- Bagaimana pengaruh sistem kontrol yang diterapkan terhadap perilaku sistem ?

1.3 Tujuan

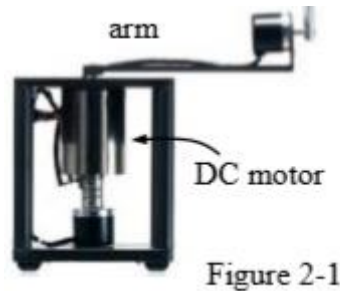
Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka didapatkan tujuan dari penulisan makalah ini yaitu sebagai berikut :

- Menghasilkan suatu rancangan sistem pengendalian modern berbasis *Neural Network Predictive Controller sistem kontrol posisi motor DC*
- Mengetahui pengaruh sistem kontrol yang diterapkan terhadap perilaku sistem

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Motor DC



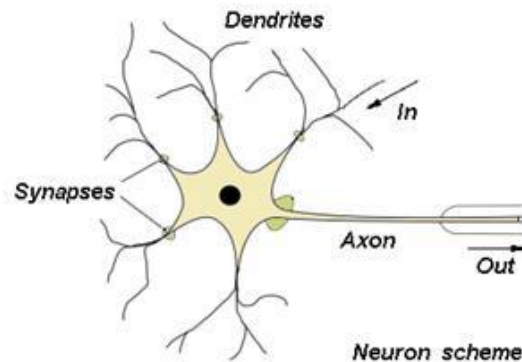
Gambar 2.1 Motor DC

Motor Arus Searah (motor DC) telah ada selama lebih dari seabad. Keberadaan motor DC telah membawa perubahan besar sejak dikenalkan motor induksi, atau terkadang disebut AC Shunt Motor. Motor DC telah memunculkan kembali Silicon Controller Rectifier yang digunakan untuk memfasilitasi kontrol kecepatan pada motor. Mesin listrik dapat berfungsi sebagai motor listrik apabila didalam motor listrik tersebut terjadi proses konversi dari energi listrik menjadi energi mekanik. Motor listrik merupakan perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya memutar impeller pompa, fan atau blower, menggerakkan kompresor dan mengangkat bahan. Motor listrik digunakan juga di rumah (mixer, bor listrik, fan angin) dan di industri. Motor listrik terkadang disebut “kuda kerja” nya industri sebab diperkirakan bahwa motor-motor menggunakan sekitar 70% beban listrik total di industri. Sedangkan untuk motor DC itu sendiri memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan jangkar dan kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Pada motor DC kumparan medan disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Motor DC sering dimanfaatkan sebagai penggerak pintu geser otomatis dan dalam rangkaian robot sederhana.

2.2 Artificial Neural Network

Ide dasar Neural Network dimulai dari otak manusia, dimana otak memuat sekitar 10^{11} neuron. Neuron ini berfungsi memproses setiap informasi yang masuk. Satu neuron memiliki 1 akson, dan

minimal 1 dendrit. Setiap sel syaraf terhubung dengan syaraf lain, jumlahnya mencapai sekitar 10^4 sinapsis. Masing-masing sel itu saling berinteraksi satu sama lain yang menghasilkan kemampuan tertentu pada kerja otak manusia.



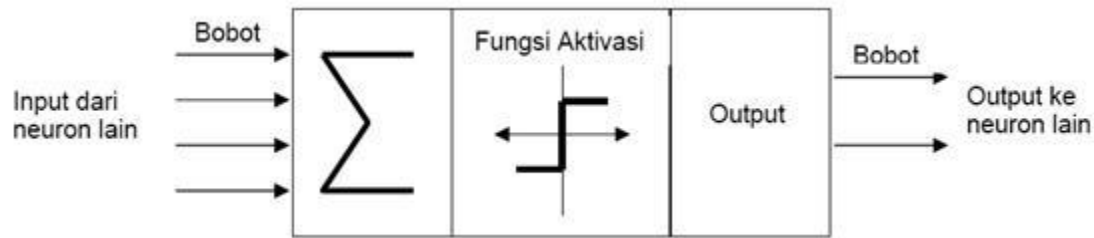
Gambar 2.2 Struktur Neuron pada otak manusia

Dari gambar di atas, bisa dilihat ada beberapa bagian dari otak manusia, yaitu:

1. Dendrit (*Dendrites*) berfungsi untuk mengirimkan impuls yang diterima ke badan sel syaraf.
2. Akson (*Axon*) berfungsi untuk mengirimkan impuls dari badan sel ke jaringan lain
3. Sinapsis berfungsi sebagai unit fungsional di antara dua sel syaraf.

Proses yang terjadi pada otak manusia adalah:

Sebuah neuron menerima impuls dari neuron lain melalui dendrit dan mengirimkan sinyal yang dihasilkan oleh badan sel melalui akson. Akson dari sel syaraf ini bercabang-cabang dan berhubungan dengan dendrit dari sel syaraf lain dengan cara mengirimkan impuls melalui sinapsis. Sinapsis adalah unit fungsional antara 2 buah sel syaraf, misal A dan B, dimana yang satu adalah serabut akson dari neuron A dan satunya lagi adalah dendrit dari neuron B. Kekuatan sinapsis bisa menurun/meningkat tergantung seberapa besar tingkat propagasi (penyiaran) sinyal yang diterimanya. Impuls-impuls sinyal (informasi) akan diterima oleh neuron lain jika memenuhi batasan tertentu, yang sering disebut dengan nilai ambang (*threshold*). Dari struktur neuron pada otak manusia, dan proses kerja yang dijelaskan di atas, maka konsep dasar pembangunan neural network buatan (*Artificial Neural Network*) terbentuk. Ide mendasar dari Artificial Neural Network (ANN) adalah mengadopsi mekanisme berpikir sebuah sistem atau aplikasi yang menyerupai otak manusia, baik untuk pemrosesan berbagai sinyal elemen yang diterima, toleransi terhadap kesalahan/*error*, dan juga *parallel processing*.



Gambar 2.3 Struktur ANN

Karakteristik dari ANN dilihat dari pola hubungan antar neuron, metode penentuan bobot dari tiap koneksi, dan fungsi aktivasinya. Gambar di atas menjelaskan struktur ANN secara mendasar, yang dalam kenyataannya tidak hanya sederhana seperti itu.

1. Input, berfungsi seperti dendrite
2. Output, berfungsi seperti akson
3. Fungsi aktivasi, berfungsi seperti sinapsis

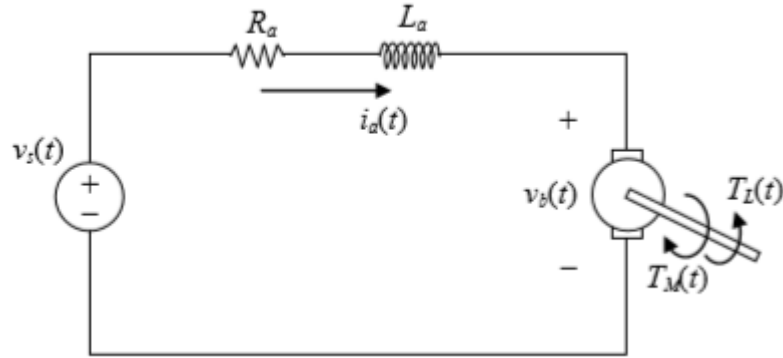
Neural network dibangun dari banyak node/unit yang dihubungkan oleh link secara langsung. Link dari unit yang satu ke unit yang lainnya digunakan untuk melakukan propagasi aktivasi dari unit pertama ke unit selanjutnya. Setiap link memiliki bobot numerik. Bobot ini menentukan kekuatan serta penanda dari sebuah konektivitas. Proses pada ANN dimulai dari input yang diterima oleh neuron beserta dengan nilai bobot dari tiap-tiap input yang ada. Setelah masuk ke dalam neuron, nilai input yang ada akan dijumlahkan oleh suatu fungsi perambatan (*summing function*), yang bisa dilihat seperti pada di gambar dengan lambang sigma (Σ). Hasil penjumlahan akan diproses oleh fungsi aktivasi setiap neuron, disini akan dibandingkan hasil penjumlahan dengan *threshold* (nilai ambang) tertentu. Jika nilai melebihi *threshold*, maka aktivasi neuron akan dibatalkan, sebaliknya, jika masih dibawah nilai *threshold*, neuron akan diaktifkan. Setelah aktif, neuron akan mengirimkan nilai output melalui bobot-bobot outputnya ke semua neuron yang berhubungan dengannya. Proses ini akan terus berulang pada input-input selanjutnya. ANN terdiri dari banyak neuron di dalamnya. Neuron-neuron ini akan dikelompokkan ke dalam beberapa layer. Neuron yang terdapat pada tiap layer dihubungkan dengan neuron pada layer lainnya. Hal ini tentunya tidak berlaku pada layer input dan output, tapi hanya layer yang berada di antaranya. Informasi yang diterima di layer input dilanjutkan ke layer-layer dalam ANN secara satu persatu hingga mencapai layer terakhir/layer output. Layer yang terletak di antara input dan output disebut sebagai *hidden layer*. Namun, tidak semua ANN memiliki hidden layer, ada juga yang hanya terdapat layer input dan output saja.

BAB 3

METODE

3.1 Pemodelan Motor DC

Control posisi ini biasanya banyak digunakan untuk tangan robot, servo, pemindah barang, dsb, Adapun gambar motor DC diatas dapat direpresentasikan sebagaimana berikut:



Gambar 3.1 Representasi Motor DC

Dimana R_a adalah resistansi, L_a adalah induktansi, $i_a(t)$ adalah arus yang mengalir, $V_s(t)$ adalah tegangan sumber, $V_b(t)$ adalah tegangan umpan balik atau back emf, Tegangan Balik($V_b(t)$) sebanding dengan ωt .

Menggunakan hubungan hukum newton dan hukum kirchof didapatkan persamaan sebagaimana berikut:

$$J\ddot{\theta} + b\dot{\theta} = Ki$$

$$L \frac{di}{dt} + Ri = V - K\dot{\theta}$$

Menggunakan transformasi laplace, persamaan diatas dapat dinyatakan dalam bentuk sebagaimana berikut:

$$s(Js + b)\theta(s) = Ki(s)$$

$$(Ls + R)i(s) = V - Ks\theta(s)$$

Dengan eliminasi $i(s)$ kita mendapatkan sebuah transfer fungsi, dimana kecepatan putar adalah output dan tegangan adalah input.

$$\frac{\dot{\theta}}{V} = \frac{K}{(Js + b)(Ls + R) + K^2}$$

Pada makalah ini dijelaskan bahwa yang decontrol adalah posisi, dimana kita mendapatkan state tersebut dengan mengintegralkan $\dot{\theta}$ / kecepatan , sehingga mudah saja yaitu dengan mengalikan transfer fungsi dengan s (dalam hal ini diturunkan).

$$\frac{\theta}{V} = \frac{K}{s((Js + b)(Ls + R) + K^2)}$$

Adapun representasi persamaan diatas dalam bentuk state space adalah sebagai berikut:

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \theta \\ \dot{\theta} \\ i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & -\frac{b}{J} & \frac{K}{J} \\ 0 & -\frac{K}{L} & -\frac{R}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta \\ \dot{\theta} \\ i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \frac{1}{L} \end{bmatrix} V$$

$$y = [1 \quad 0 \quad 0] \begin{bmatrix} \theta \\ \dot{\theta} \\ i \end{bmatrix}$$

Dimana θ merupakan posisi atau turunan dari kecepatan, $\dot{\theta}$ merupakan kecepatan dan i merupakan Arus. dari sistem diatas diketahui juga bahwasanya input berupa sumber tegangan dan output merupakan posisi shaft

Adapun state space diatas menggunakan parameter sebagaimana berikut:

Momen inersia dari rotor (J) = $3.2284 \times 10^{-6} \text{ kg m}^2/\text{s}^2$

Damping ratio dari sistem mekani (b) = $3.5077 \times 10^{-6} \text{ Nms}$

electromotive force constant (K=K_e=K_t) = 0.0274 Nm/Amp

electric resistance (R) = 4 ohm

electric inductance (L) = $2.75 \times 10^{-6} \text{ H}$

input (V): Source Voltage

output (θ): position of shaft

Berdasarkan pemodelan sebeumnya maka didapati persamaan state space dalam bentuk matriks A,B,C,D sebagaimana berikut:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1.0865 & 8.472 \times 10^3 \\ 0 & -9.9636 \times 10^3 & -1.4545 \times 10^6 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 3.6364 \times 10^5 \end{bmatrix}$$

$$C = [1 \quad 0 \quad 0]$$

$$D = 0$$

3.2 Cek Controbility dan Obsertvability

Adapun yang pertama dilakukan adalah mengecek keterkendalian yaitu cek rank matriks Qc dimana dirumuskan sebagaimana berikut:

$$Qc = [B \quad AB \quad A^2B]$$

Adapun menggunakan matlab didapatkan matriks Qc sebagaimana berikut:

$$Qc = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 3.0862 \times 10^9 \\ 0 & 3.0862 \times 10^9 & -4.4891 \times 10^{15} \\ 3.6364 \times 10^5 & -52893 \times 10^{11} & 7.6932 \times 10^{17} \end{bmatrix}$$

adapun determinan dan rank diatas adalah -3.4636×10^{24} dan rank matriks adalah 3 maka matriks diatas merupakan matriks non singular dan rank matriks Qc sama dengan rank matriks orde n sehingga sistem merupakan sistem yang controlable Kemudian yang kedua dilakukan adalah mengecek keteramatan yaitu cek rank matriks Qo dimana dirumuskan sebagaimana berikut:

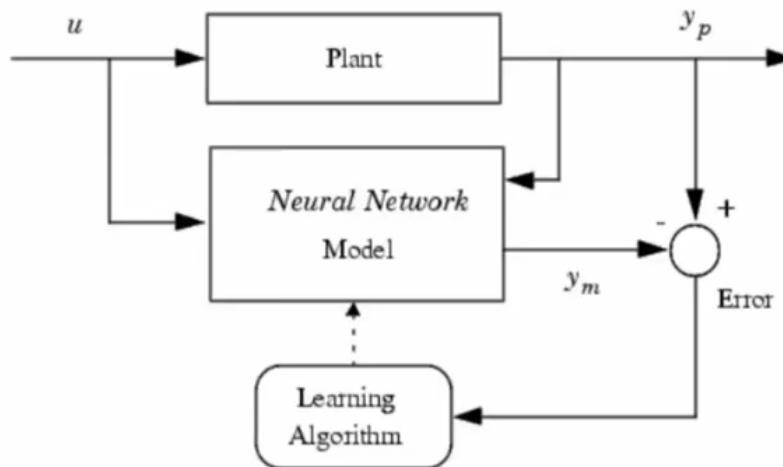
$$Qo = \begin{bmatrix} C^t & A^t C^t & A^{t^2} C^t \end{bmatrix}$$

Adapun menggunakan matlab didapatkan matriks Qo sebagaimana berikut:

$$Qo = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1.0856 & 8.4872 \times 10^3 \end{bmatrix}$$

adapun determinan dan rank diatas adalah 8.4872×10^3 dan rank matriks adalah 3 maka matriks diatas merupakan matriks non singular dan rank matriks Qo sama dengan rank matriks orde n sehingga sistem merupakan sistem yang observable

3.3 Pemodelan Neural Network Predictive Controller

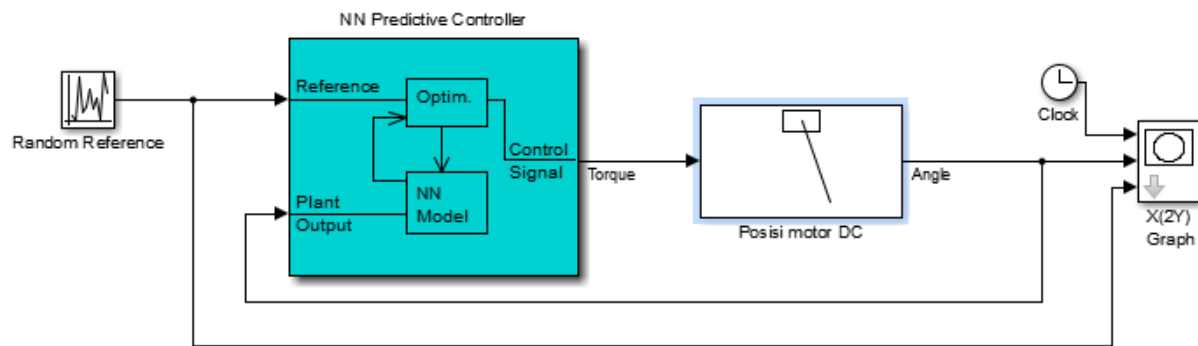


Gambar 3.2 Diagram blok Neural Network Predictive Controller

Tahap pertama dari model kontrol prediktif adalah untuk melatih jaringan saraf tiruan yang mewakili dinamika dari plant. eror prediksi antara output plant dan output jaringan saraf tiruan digunakan sebagai sinyal untuk training NN. Model neural network plant menggunakan input sebelumnya dan output plant sebelumnya untuk memprediksi nilai output plant selanjutnya.

3.4 simulasi di simulink

Menggunakan toolbox NN predictive controller maka didapatkan block pada simulink sebagai berikut:



Gambar 3.4 simulasi Neural Network Preditive Controller