

APLIKASI ADAPTIVE FIR INVERSE LINEAR CONTROLLER PADA SISTEM MAGNETIC LEVITATION

Jonifan¹

Laboratorium Fisika Dasar, Jalan Akses UI Kelapa Dua
E-mail : jonifan@staff.gunadarma.ac.id

Iin Lidiya Zafina²

Laboratorium Fisika Dasar, Jalan Akses UI Kelapa Dua
E-mail : zafina@staff.gunadarma.ac.id

ABSTRAK

Telah diaplikasikan pendekatan inverse linear controller pada sistem track detection magnetic levitation. Sistem magnetic levitation menggunakan gaya elektromagnetik yang dapat menghilangkan gaya friksi. Masalah utama yang sering terjadi adalah adanya sifat non linear maglev dan tingkat ketidakstabilan yang tinggi. Pada eksperimen ini diterapkan inverse linear controller dengan pendekatan Non Linear Mean Square (NLMS) untuk mencapai sistem maglev yang stabil pada operating point tertentu. Untuk menstabilkan proses digunakan PID controller pada sistem maglev. Kestabilan sistem ditingkatkan kembali oleh adaptive FIR inverse linear controller yang diparalelisasi dengan PID controller. Delay pada sistem direduksi dengan menambah adaptive inverse NLMS pada sistem. Eksperimen menunjukkan sistem track detection yang stabil pada operasi kerja maksimum ± 2.6 Volt.

Keywords : *Maglev, Adaptive inverse linear controller*

1. PENDAHULUAN

Penelitian di bidang maglev (magnetic levitation) saat ini masih terus berkembang mengingat begitu banyak aplikasi baik di bidang transportasi dan industri yang menggunakan sistem maglev. Masalah utama penggunaan sistem maglev ini adalah munculnya fenomena ketidakstabilan sistem karena proses maglev yang non linear open loop dan tidak stabil. Penelitian di bidang ini telah banyak dilakukan dengan menggunakan berbagai pendekatan

dengan linearisasi maupun non linear. D.Cho, Y Kato, et al. telah melakukan studi komparasi aplikasi non linear dan non linear controller menggunakan sliding mode controller.

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa sliding mode controller menghasilkan transien respon yang lebih baik dibandingkan controller linear. Tetapi penelitian ini mempunyai limitasi dengan membatasi range operasi hanya 1 mm dan mengabaikan feedback arus pada controller. Studi komparasi selanjutnya yang dilakukan oleh W. Barie et al.

menggunakan state space controller baik untuk sistem yang dilinearisasi dan sistem non linear. Hasil menunjukkan perbedaan respon transien yang tidak terlalu signifikan antara 2 sistem, walaupun controller dengan feedback linearisasi menunjukkan trajectory tracking yang jauh lebih baik. Munculnya parameter uncertainties juga menjadi latar belakang penelitian yang dilakukan oleh M.M.H Iqbal et.al. dengan mengaplikasikan robust non linear controller menggunakan adaptive robust non linear controller dengan adaptive feedback linearization control untuk mengurangi efek parameter uncertainties.

Kombinasi pendekatan robust non linear controller dengan adaptive feedback linearization control ini menghasilkan hasil yang lebih baik dibandingkan hanya dengan menggunakan pendekatan robust controller. Muhammad Shafiq et al. melakukan eksperimen untuk skala laboratorium pada range operasi ± 2.6 Volt dengan menggunakan metode adaptive FIR inverse controller. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa controller adaptive FIR inverse mampu mengikuti jejak bola yang beresilasi pada maglev dan sistem yang stabil pada operating poin maksimum.

Oleh karena itu berdasarkan referensi sebelumnya, pembahasan ini menggunakan adaptive FIR (Finite Impulse Response) inverse linear controller dengan aproksimasi non linear mean square untuk mensimulasikan sistem Maglev. Mengapa pendekatan adaptive FIR ini digunakan karena sistem FIR merupakan sistem yang selalu stabil dan mudah untuk diaplikasikan.

Diharapkan dengan menggunakan sistem yang stabil, maka controller yang diaplikasikan akan selalu menghasilkan output yang juga stabil.

2. PERANCANGAN KONTROLLER DAN MODELLING

3. PERANCANGAN KONTROLLER

Kontrol input dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan di bawah ini :

$$u(t) = \hat{F}(q) [P(q)y_d(t) - \delta y(t)] \quad (1)$$

Dengan $\hat{F}(q)$ adalah persamaan polynomial yang harus memenuhi persamaan di bawah ini :

$$q^{-d} \frac{B(q)}{A(q)} \hat{F}(q) \approx q^{-L} \quad (2)$$

L = bilangan bulat positif, aproksimasi sistem inverse

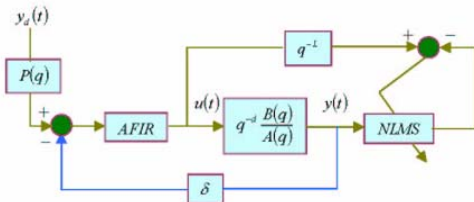
$$L \geq d$$

$\hat{F}(q)$ dapat diestimasi dengan pendekatan Non Linear Mean Square estimator [3] dan dapat diaplikasikan sebagai adaptive FIR filter. δ adalah konstan, dimana $|\delta| < 1$ and $P(q) = 1 + \delta q^{-L}$, yang menunjukkan bahwa closed loop akan selalu stabil. Menggunakan persamaan (1) dan (2), dihasilkan persamaan (3) berikut ini :

$$\lim_{t \rightarrow \infty} y(t) = y_d(t - L) \quad (3)$$

Persamaan ini menjelaskan bahwa output sistem akan mengikuti tracking output dengan delay tertentu. Berdasarkan

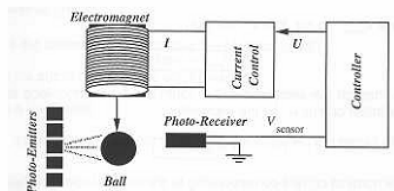
formula diatas, maka blok diagram inverse kontroler yang digunakan adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Blok diagram adaptive FIR inverse linear kontroler
 Sumber: Muhammad Shafiq (2004)

1.1 MODELING MAGLEV

Gambar di bawah menunjukkan sistem maglev (adaptasi Feedback Instrument Ltd manual)



Gambar 2. Simplifikasi sistem Maglev.
 Sumber : Feedback Instrument Ltd Manual

Foto sensor menunjukkan posisi bola dari sistem elektromagnetik. Hasil pengukuran pada sensor merupakan feedback untuk menghasilkan output sebesar

$$v_{sensor} = -\gamma (X - X_0) \quad (4)$$

$\gamma > 0$

X_0 = operating point

Untuk $X=X_0$, sensor akan menghasilkan nilai

$$\Delta V_{sensor} = -\gamma \Delta X \quad (5)$$

Arus yang mengalir pada sistem elektromagnet adalah

$$I = 0,15U + I_0 \quad (6)$$

I_0 = Arus pada operating point dan posisi X_0

Variasi arus adalah

$$\Delta I = 0.15 \Delta U \quad (7)$$

Persamaan dinamika gerak bola adalah

$$m\ddot{X} = mg - k \frac{I^2}{X^2} \quad (8)$$

m = massa bola

g = percepatan gravitasi

k = konstanta gaya magnet

X = posisi bola

I = Arus yang mengalir pada koil

Linearisasi persamaan diatas pada operating poin akan menghasilkan :

$$m\ddot{X} = 2k \frac{I_0^2}{X_0^3} \Delta X - 0.3k \frac{I_0}{X_0^2} \Delta U \quad (9)$$

Persamaan diatas juga dapat ditulis kembali dengan transfer function orde 2 sbb :

$$G(s) = \frac{\eta}{s^2 - \omega_0^2} \quad (10)$$

Dengan,

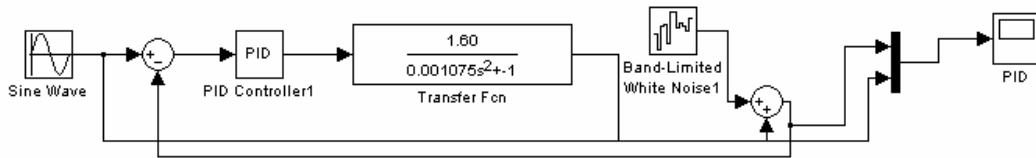
$$\eta \cong \frac{3\gamma}{I_0}$$

$$\omega_0 \cong \sqrt{\frac{20}{X_0}}$$

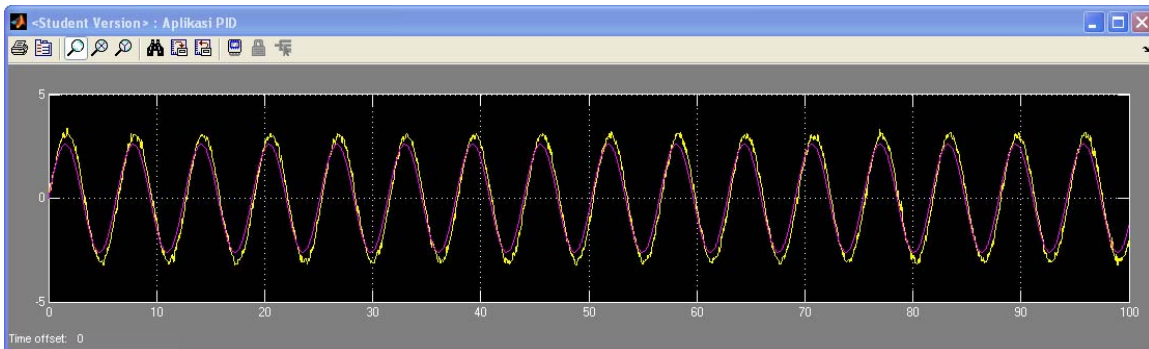
2. APLIKASI ADAPTIVE FIR INVERSE KONTROLER PADA MAGLEV

Simulasi bertujuan untuk menghasilkan sistem yang stabil sampai dengan maximum operating poin. Langkah pertama adalah dengan merancang PID kontroler berdasarkan model sistem open loop orde 2 pada persamaan (10). Parameter gain yang digunakan adalah $K_p = 2$, Integral time = 0.03 s , Derivatime time = 2 s , Signal input adalah sinusoidal 2.2 Volt. Grafik

sinyal respon menunjukkan bahwa dengan posisi hasil pengukuran telah mengikuti nilai posisi bola yang diinginkan walaupun terlihat jelas adanya deteriorasi sinyal terutama pada nilai maksimum dan minimum. Disturbance ditambahkan untuk mempresentasikan disturbance variasi pemanasan yang akan mempengaruhi nilai resistansi koil.



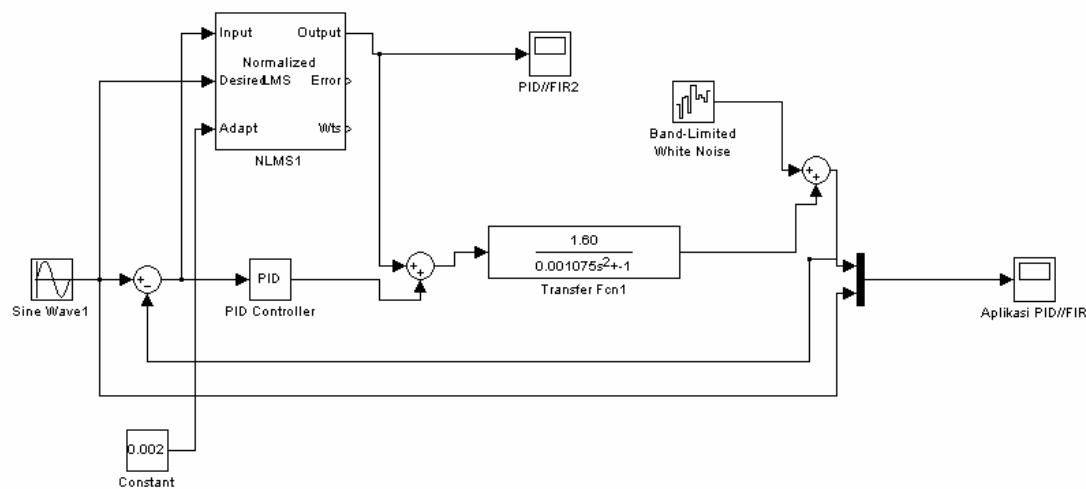
Gambar 3 . Simulink Diagram Sistem Maglev dengan PID kontroler



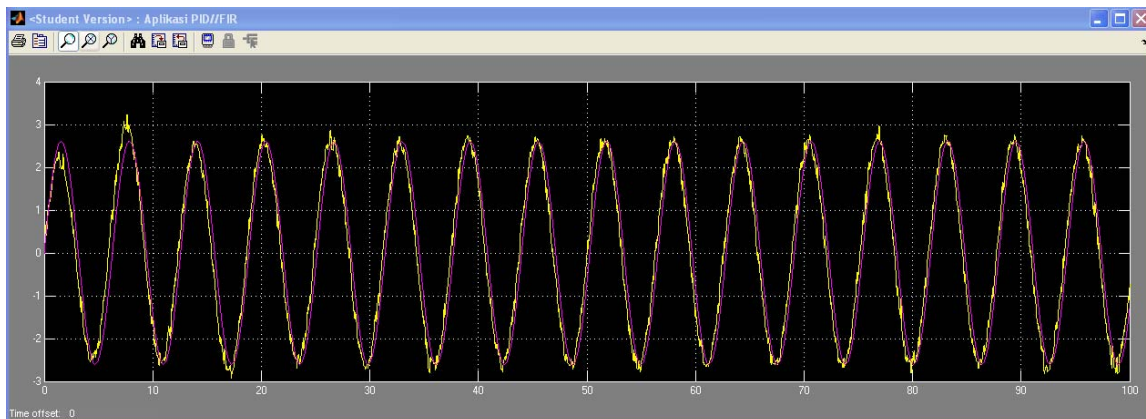
Gambar 4. Grafik Respon Sistem maglev – PID kontroler

Untuk meminimasi efek parameter deteriorasi karena disturbance dan untuk menambah range operasi sampai 2.6 Volt ,

filter FIR digunakan secara paralel pada kontroler PID seperti pada gambar 5 berikut ini :



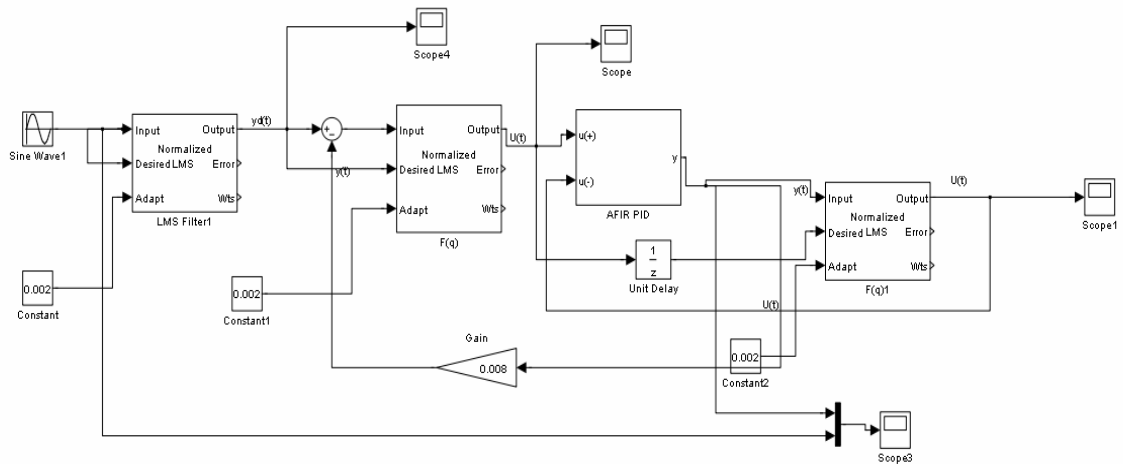
Gambar 5. Simulink Diagram Sistem Maglev dengan PID kontroler



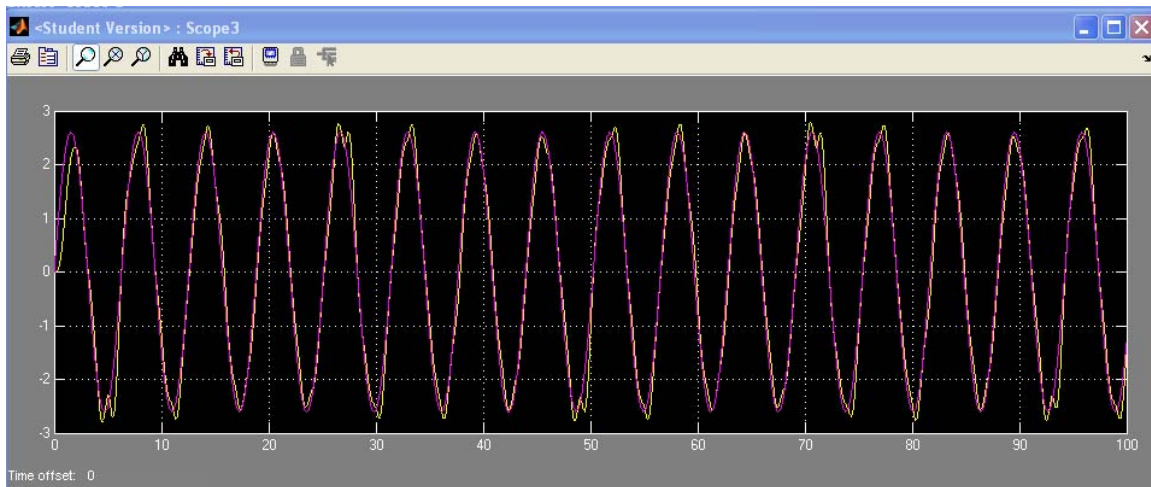
Gambar 6. Grafik Respon Sistem maglev – PID kontroler diparalelisasi dengan FIR

Grafik respon menunjukkan adanya deteriorisasi pada awal pengukuran. Sistem telah mencapai range operasi maksimum 2.6 Vol dan ripple masih terlihat pada nilai maksimum dan minimum pengukuran. Untuk mencapai hasil yang maksimal filter $\hat{F}(q)$ dan $P(q)$ ditambahkan seperti pada gambar 7. Filter $\hat{F}(q)$ merupakan aproksimasi inverse sistem dan $P(q)$

sebagai scaling. Diagram sistem diperlihatkan pada gambar 7 dengan penambahan $\hat{F}(q)$ dan $P(q)$. Grafik respon pada gambar 8 menunjukkan sinyal output yang jauh lebih stabil pada range 2.6 Volt dan adanya reduksi deteriorisasi yang signifikan. Pada diagram, Plant maglev menjadi subsistem pada blok AFIR PID seperti gambar berikut



Gambar 7. Simulink Diagram Sistem Maglev dengan adaptive FIR inverse kontroler



Gambar 8. Simulink Diagram Sistem Maglev dengan adaptive FIR inverse kontroler

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada simulasi ini telah diterapkan penggunaan adaptive inverse kontroler dengan menggunakan pendekatan non linear mean square. Hasil yang didapat adalah sistem stabil yang mampu

mencapai operasi kerja maksimum 2.6 V dan mampu mereduksi deteriorasi dan ripple pada sistem. Sebelumnya juga telah diperlihatkan bahwa kontroler PID yang diparalelisasi dengan filter FIR mampu menambah range operasi kerja dari nilai 2.2 Volt ke 2,6 Volt.

5 DAFTAR PUSTAKA

D.Cho, Y. Kato, D Spilman, Experimental Comparison of sliding mode and classical controller in magnetic levitation system, IEEE Control Systems Magazine, 13(1), Feb.1993,42-48.

M.M.H.Ikbal, M.M.Abdelfatah, Variable structure control of a magnetic levitation system, Proceedings of the

American Control Conference, Arlington, VA, 25-27 Jun.2001, 3725 – 3730.

M.Shafiq , M Akhtar,S. Inverse model based adaptive control of magnetic levitation system.Proceeding Asian Control Conference Volume 3, July 2004, 1414 – 1418.

W.Barie, J Ckiasson, Linear and NonLinear state space controllers for magnetic levitation, International Journal of Systems Science, 27(1), 1996, 1153-1163.