

Perancangan Pengendali Kecepatan Motor DC Shunt Menggunakan Metode *Sliding Mode Control (SMC)* dan *Proposional Integral Derivative (PID)*

Ahmad Faizal

Jurusan Teknik Elektro UIN Suska Riau
Jl. HR Soebrantas No. 155 Panam Pekanbaru (0761) 589026, fax Institusi
e-mail: ahmad.faizal@uin-suska.ac.id

Abstrak

Motor DC shunt adalah motor DC eksitasi sendiri tipe paralel. Kumbaran medan shunt dibuat dengan banyak lilitan kawat kecil sehingga mempunyai tahanan yang tinggi. Hal ini dikarenakan motor DC shunt mempunyai konstruksi yang sederhana, harganya relatif murah, serta perawatannya yang mudah. Kelemahan dari motor DC shunt adalah kecepatan motor dan torka beban relatif sulit untuk diatur. Apabila terjadi perubahan beban maka kecepatan motor DC shunt akan menurun. Untuk mendapatkan kecepatan konstan serta memperbaiki kinerja motor DC shunt terhadap perubahan beban, maka pada motor DC shunt dibutuhkan suatu pengaturan. Penelitian ini mengajukan suatu studitentang sistem pengendalian pada pengaturan kecepatan motor DC shunt. Teknik kendali yang digunakan adalah pengendali sliding mode dan proposional integral derivative. Berdasarkan pengamatan, hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kedua pengendali yaitu pengendali sliding mode dan PID dapat digunakan pada plant pengaturan kecepatan motor DCshunt. Namun hasil perbandingan kecepatan dan sinyal kendali simulasi menunjukkan bahwa pengendali successive sliding mode menghasilkan performansi kecepatan yang lebih baik dibandingkan pengendali sliding mode dengan waktu transien cepat dimana diperoleh $\tau = 0.020$ detik, $t_s = 0.5\% = 0.1$, $2\% = 0.08$, $5\% = 0.06$ detik, $t_r = 0.588$ detik, dan $t_d = 0.0138$ detik, overshoot = 0.71%, Error Steady State = 25, dan Time Peak (TP) = 375 detik. Dan sinyal kendali pada successive sliding mode dengan waktu transiendiperoleh $\tau = 0.012$ detik, $t_s = 0.5\% = 0.06$, $2\% = 0.048$, $5\% = 0.036$ detik, $t_r = 0.0353$ detik, dan $t_d = 0.0831$ detik, overshoot = 0.2%, Error Steady State = 5, dan Peak Time (TP) = 30 detik.

Kata kunci: Motor DC shunt, pengendali, PID, sliding mode

Abstract

Shunt DC motor is a DC motor excitation own type of parallel. Shunt field coil windings are made with lots of fine wires that have a high resistivity. This is because the shunt DC motor has a simple construction, relatively cheap, and easy maintenance. The down side of shunt DC motor is the motor speed and load torque is relatively difficult to set up. In the event of load changes, the DC shunt motor speed will decrease. To get a constant speed and improve the performance of the motor DC shunt to changes in load, then the need for a shunt DC motor arrangement. In this research of the control system on a shunt DC motor speed control. Control technique used is the sliding mode controller and proposional integral derivative. Based on the observations, the results obtained show that both controllers are sliding mode controller and PID can be used at the plants shunt DC motor speed control. But the results of the comparison speed and control signals simulation show that the successive sliding mode controller produces better speed performance than the sliding mode controller with fast transient time in which obtained $\tau = 0.020s$, $t_s = 0.5\% = 0.1$, $2\% = 0.08$, $5\% = 0.06s$, $t_r = 0.588s$, and $t_d = 0.0138s$, overshoot = 0.71%, Error Steady State = 25, and Time Peak (TP) = 375 s. And control signals in successive sliding mode transient time obtained $\tau = 0.012s$, $t_s = 0.5\% = 0.06$, $2\% = 0.048$, $5\% = 0.036s$, $t_r = 0.0353s$, and $t_d = 0.0831s$, overshoot = 0.2%, Error Steady State = 5, and Peak Time (TP) = 30 s.

Keywords: Control, DC motor shunt, PID, sliding mode

1. Pendahuluan

Motor DC *shunt* adalah motor DC eksitasi sendiri tipe paralel. Kumbaran medan *shunt* dibuat dengan banyak lilitan kawat kecil sehingga mempunyai tahanan yang tinggi. Hal ini dikarenakan motor DC *shunt* mempunyai konstruksi yang sederhana, harganya relatif murah, serta perawatannya yang mudah. Selain itu motor DC *shunt* merupakan sistem *nonlinier* sehingga tidak semua kontroler dapat digunakan. Berdasarkan pengetahuan akan hal tersebut maka dapat disimpulkan bahwa untuk pengaturan kecepatan motor DC *shunt* ini diperlukan metode *nonlinier* yang juga memiliki sifat kokoh terhadap gangguan

maupun perubahan parameter plant (Danu Bhrama Putra, 2010).

Salah satu kelemahan dari motor DC *shunt* adalah kecepatan motor dan torka beban relatif sulit untuk diatur. Apabila terjadi perubahan beban maka kecepatan motor DC *shunt* akan menurun. Untuk mendapatkan kecepatan konstan serta memperbaiki kinerja motor DC *shunt* terhadap perubahan beban, maka pada motor DC *shunt* dibutuhkan suatu pengaturan.

Keberadaan kendali dalam sistem kendali memberikan kontribusi yang besar terhadap perilaku sistem. Sehingga penelitian tentang pengendali mengalami perkembangan yang cukup signifikan, dalam penelitian ini akan menggunakan pengendali *sliding mode* (SMC) dan *Proposional Integral Derivative* (PID).

2. Metodologi Penelitian

2.1 Pemodelan Motor DC shunt

Persamaan elektrik

$$V = (Ra + Rf)I_a + (La + Lf) \frac{di_a}{dt} + K_g w \quad (1)$$

Persamaan rotor

$$K_t I_a = \int \frac{dw}{dt} = Bw \quad (2)$$

Untuk persamaan pada motor DC *shunt* dapat dituliskan sebagai bentuk transformasi Laplace sehingga menjadi:

$$(Ra + Rf) + s(La + Lf)I_a = V - K_g w \quad (3)$$

$$K_t I_a = sJw + Bw \quad (4)$$

Dari rumus diatas dapat disubstitusikan persamaan (2.3) dan (2.4) sebagai berikut :

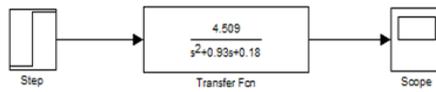
$$K_t = \frac{V - K_g w}{(Ra + Rf) + s(La + Lf)} = sJw + Bw \quad (5)$$

Tabel. 1 Parameter Motor DC *Shunt*

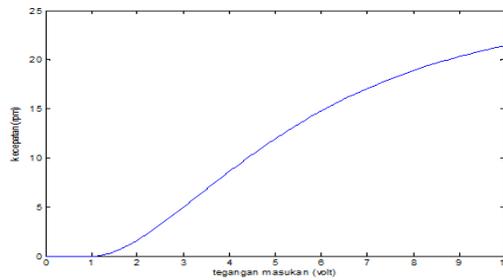
Para meter	Satuan	Nilai
Tegangan referensi (Vref)	Volt	12
Tahanan jangkar (Ra)	Ω	0.71
Tahanan medan (La)	mH	0.66
Induktansi jangkar (Rf)	Ω	120
Induktansi medan (Lf)	H	20
Konstanta motor (KTM)	N-m/A	23x10 ⁻³
Konstanta teg balik (Kgg)	Volt/rpm	23x10 ⁻³
Damper motor (Bm)	N-m/rpm	3.54x10 ⁻⁶
Inersia motor (Jm)	Kg-m ²	7.06x10 ⁻⁶
Rasio gigi (N)	-	1

3.3 Pengujian *plant* Motor DC *Shunt*

Pengujian *plant* motor DC *shunt* dilakukan menggunakan perangkat lunak *Simulink Matlab 7.8.0 R2009a*. Dari model matematika yang telah didapat akan dilakukan pengujian secara *open loop* untuk mengetahui respon keluaran untuk tiap-tiap tegangan masukan. Data yang didapatkan dari pengujian secara *open loop* berguna untuk proses perancangan selanjutnya. Blok diagram simulasi pengujian dilakukan secara *open loop* pada *plant* motor DC *shunt* digambarkan seperti pada gambar 1 berikut ini:



Gambar 3.4. Blok simulink diagram blok open loop motor DC shunt

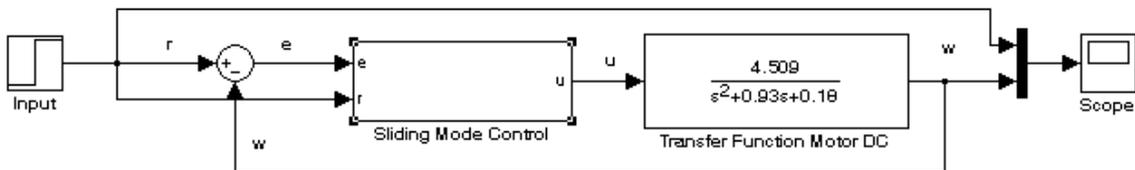


Gambar 3.5. Respon kecepatan motor DC shunt open loop (tanpa pengendali)

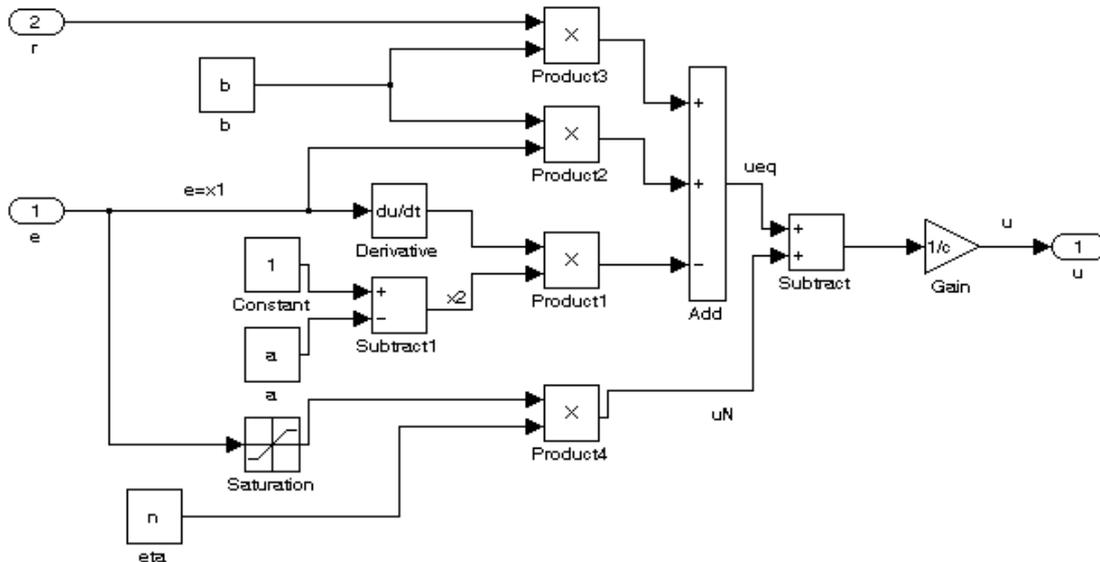
Gambar 1. Respon kecepatan motor DC shunt open loop (tanpa pengendali)

3.4 Desain Pengendali Sliding Mode

Blok Diagram Simulink Sliding Mode Control pada Pengaturan Kecepatan Motor DC shunt

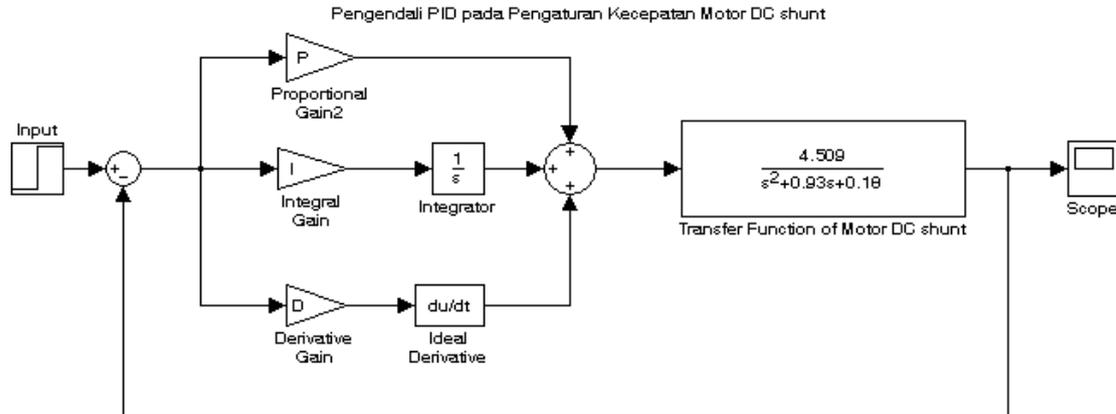


Sub Blok Diagram Sliding Mode Control



Gambar 2. Diagram blok pengendali sliding mode pada plant motor DC Shunt

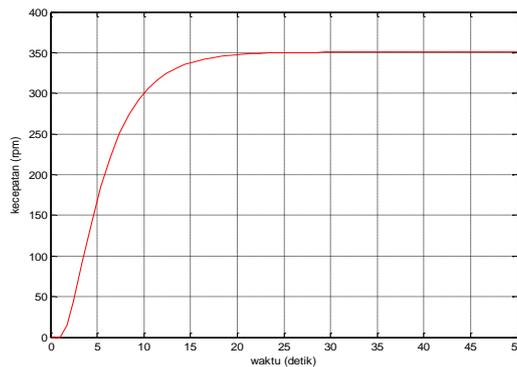
3.5 Desain pengendali PID



Gambar 3. Diagram blok pengendali SMC pada *plant* Motor DC Shunt

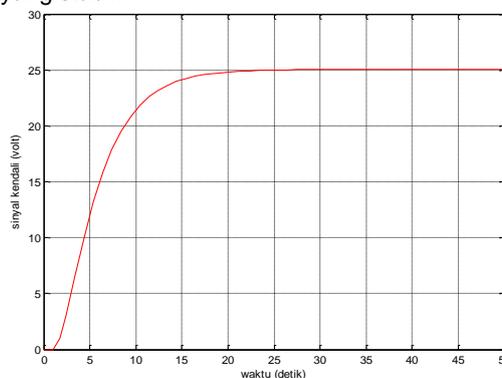
3. Hasil dan Analisis

3.1 Pengujian Sistem *openloop* kecepatan dan *openloop* sinyal kendali pada Motor DC shunt.



Gambar 4. Grafik *open loop*Kecepatan motor DC shunt

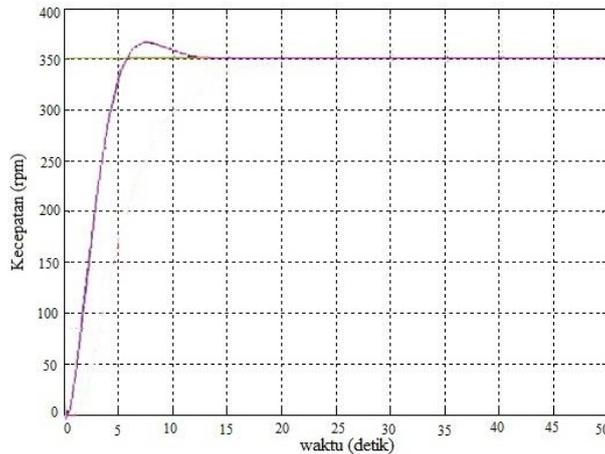
Dari Gambar 4 terlihat bahwa keluaran kecepatan motorsaat $t = 0$ sampai $t = 1.1$ detik kecepatan rotor bernilai 0, sedangkan saat mencapai keadaan tunak pada saat $t = 6.4$ detik dengan nilai kecepatan berkisar pada 350.7 rpm atau dengan kata lain memiliki slip sebesar 5%.Setelah $t = 6.4$ detik kecepatan rotor menurun menjadi 350.7 hingga $t = 2$ detik. Jika grafik pada Gambar 3.1 diperbesar, maka didapatkan nilai kecepatan putar motor dengan *ripple* yang sangat kecil. Namun hal ini sudah menunjukkan bahwa sistem tetap dalam keadaan yang stabil.



Gambar 5. Grafik *open loop* sinyal kendalimotor DC shunt

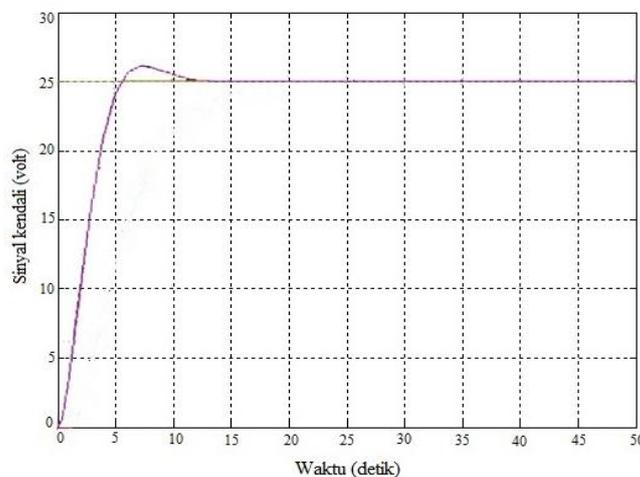
Dari Gambar 5 terlihat bahwa keluaran kecepatan motorsaat $t = 0$ sampai $t = 1$ detik kecepatan rotor bernilai 0, sedangkan saat mencapai keadaan tunak pada saat $t = 6.4$ detik dengan nilai kecepatan berkisar pada 15.8 rpm atau dengan kata lain memiliki slip sebesar 5%.Setelah $t = 6.4$ detik kecepatan rotor menurun menjadi 15.8 hingga $t = 2$ detik.

3.2 Pengujian Sistem *sliding mode control* (SMC) kecepatan dan *sliding mode control* sinyal kendali pada Motor DC *shunt*.



Gambar 6. Grafik SMC kecepatanmotor DC *shunt*

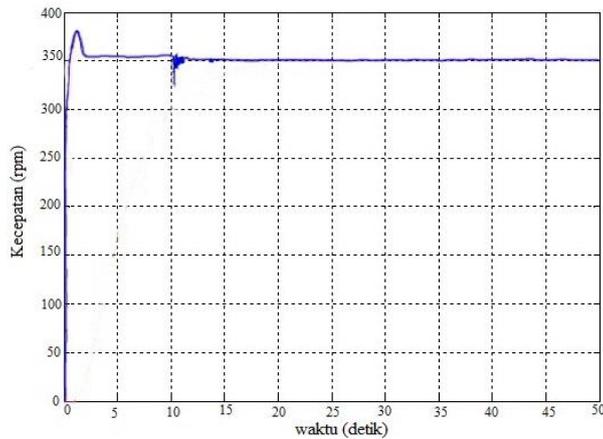
Gambar 6 terlihat bahwa keluaran kecepatan motorsaat $t = 0$ sampai $t = 0.5$ detik kecepatan rotor bernilai 0, sedangkan saat mencapai keadaan tunak pada saat $t = 3.03$ detik dengan nilai kecepatan berkisar pada 227.1146rpm atau dengan kata lain memiliki slip sebesar 5%.Setelah $t = 3.03$ detik kecepatan rotor menurun menjadi 227.1146 hingga $t = 2$ detik.



Gambar 7. Grafik SMC sinyal kendalimotor DC *shunt*

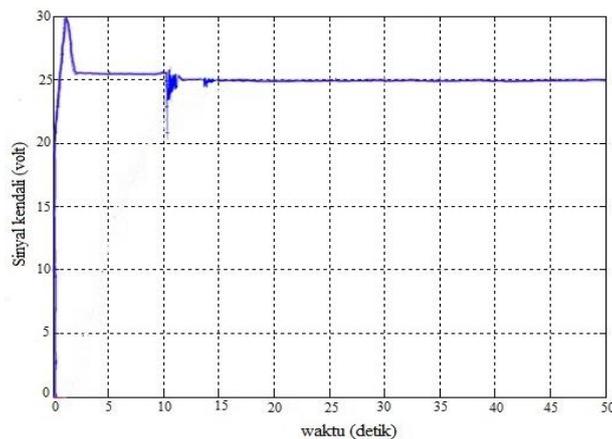
Gambar 7 terlihat bahwa keluaran kecepatan motorsaat $t = 0$ sampai $t = 7.1$ detik kecepatan rotor bernilai 0, sedangkan saat mencapai keadaan tunak pada saat $t = 3.096$ detik dengan nilai kecepatan berkisar pada 16.4421 rpm atau dengan kata lain memiliki slip sebesar 5%.Setelah $t = 3.096$ detik kecepatan rotor menurun menjadi 16.4421 hingga $t = 2$ detik.

3.3 Pengujian Sistem PID kecepatan dan *sliding mode kontrol* sinyal kendali pada Motor DC *shunt*.



Gambar 8. Grafik PID kecepatan motor DC *shunt*

Gambar 8 terlihat bahwa keluaran kecepatan motor saat $t = 0$ sampai $t = 0.000008$ detik kecepatan rotor bernilai 0, sedangkan saat mencapai keadaan tunak pada saat $t = 0.020$ detik dengan nilai kecepatan berkisar pada 234.156 rpm atau dengan kata lain memiliki slip sebesar 5%. Setelah $t = 0.020$ detik kecepatan rotor menurun menjadi 234.156 hingga $t = 2$ detik.



Gambar 9. Grafik PID sinyal kendali motor DC *shunt*

Gambar 9 terlihat bahwa keluaran kecepatan motor saat $t = 0$ sampai $t = 0.008$ detik kecepatan rotor bernilai 0, sedangkan saat mencapai keadaan tunak pada saat $t = 0.012$ detik dengan nilai kecepatan berkisar pada 18.96 rpm atau dengan kata lain memiliki slip sebesar 5%. Setelah $t = 0.012$ detik kecepatan rotor menurun menjadi 18.96 hingga $t = 2$ detik.

4. Kesimpulan

1. Kecepatan motor DC *shunt* merupakan sistem yang stabil dilihat dari uji *open loop* sistem, namun belum mampu mencapai nilai *set point* yang diinginkan sehingga dibutuhkan pengendali agar dapat mencapai nilai *setpoint* yang diberikan.
2. Setelah dilakukan simulasi perbandingan pengaturan kecepatan motor DC *shunt* menggunakan SMC dan PID maka PID memberikan performansi yang lebih baik dengan waktu transien cepat dimana diperoleh $t_r = 0.020$ detik, $t_s = 0.5\% = 0.1$, $2\% = 0.08$, $5\% = 0.06$ detik, $t_r = 0.588$ detik, dan $t_d = 0.0138$ detik, *overshoot* = 0.71%, *Error Steady State* = 25, dan *Time Peak* (TP) = 375 detik. Sedangkan SMC memberikan performansi dengan waktu transien yang lebih lambat dimana diperoleh $t_r = 3.03$ detik, $t_s = 0.5\% = 15.15$, $2\% = 12.12$, $5\% = 9.09$ detik, $t_r = 8.9216$ detik, dan $t_d = 2.1002$ detik, *overshoot* = 0.28%, *Error Steady State* = 10, dan *Peak Time* (TP) = 360 detik.

Referensi

- [1] Aperta, Rio. Motor DC eksitasi sendiri *shunt*. Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, 19Februari 2014
- [2] Bhrama Putra, Danu, "*Pengaturan kecepatan pada motor DC shunt menggunakan successive sliding mode control*" Jurusan Teknik Elektro, ITS Surabaya 2010.
- [3] Dinzi, Riswandkk. "Studi Pengaturan Kecepatan Motor DC *shunt* dengan metode *Ward Leonard*" Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara. 2014
- [4] Elbani, Ade." Pemodelan sistem motor DC *shunt* menggunakan pendekatan model *hammerstein* dengan etimasi parameter metoda *least square*, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura Pontianak. 2009
- [5] Imam Agus. "Pengaturan Kecepatan Motor DC *Shunt* Dengan Mikrokontroler M68HC11". L2F 096 561, 2010
- [6] Krisnan, R. "*Electric Motor Drives Modeling, Analysis, And Control*". Pretice Hall.2001
- [7] Komponen Elektronika, Teori motor DC dan jenis motor DC. 4 July 2014
- [8] Kurniawan Subroto, Ramadhani. "*Desain dan Implementasi Kontroler Optimal Sliding Mode untuk Tracking Posisi Motor DC MS150*". Tugas Akhir. ITS. Surabaya. 2012
- [9] Nabila. "Desain Kontroler untuk Pengaturan Posisi pada Motor DC *Shunt* Menggunakan Analisis Kestabilan *Positive Real*", Jurusan Teknik Elektro, ITS Surabaya. 2010
- [10] Nasirp. "*Performance Comparison between Sliding Mode Control (SMC) and PD-PID Controllers for a Nonlinear Inverted Pendulum System*". *World Academy of Science,Engineering and Technology* 2010.
- [11] Ohri, Jyoti dkk. "*Comparison of Robustness of PID Control and Sliding Mode Control of Robot Manipulator*". International Symposium on Devices MEMS, Intelligent Systems & Communication (ISDMISC) Proceedings published by International Journal of Computer Intelligent (IJCA). 2011
- [12] Rahmanudin, Fajar M dkk. Motor arus searah penguat sendiri *shunt*. Teknik listrik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Mei 2012
- [13] Rais, Muhammad. "Performansi pengendali *sliding mode* dan pengendali PID pada bidang motor DC" Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Sain Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. 2014
- [14] Slotine, Jean-Jacquest E. "*Applied Nonlinier Control*".1991