

**Desain Dan Simulasi Kontrol PID Pada Sistem Pengaturan Posisi Azimuth Antena Dengan Simulink Matlab****Cipto Heri Setiono<sup>✉</sup> Sunarno, Sulhadi**

Prodi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, Indonesia, 50229

**Info Artikel***Sejarah Artikel:*

Diterima Oktober 2013

Disetujui November 2013

Dipublikasikan Januari 2013

*Keywords:**antenna azimuth position; PID control; transient response; simulink***Abstrak**

Pengaturan posisi azimuth antena merupakan masalah pada sistem komunikasi satelit yang perlu dijaga presisi karena kesalahan dalam melakukan pengarahan akan berpengaruh terhadap kualitas sinyal yang ditransmisikan. Masalah ini dapat diatasi dengan memodelkan dan selanjutnya menerapkan suatu sistem kontrol dimana hal tersebut menjadi tujuan penelitian ini dengan kontrol PID sebagai jenis pengendalinya. Model dibuat menggunakan simulink matlab berdasarkan persamaan matematik sistem. Desain kontrol PID dilakukan dengan penalaan nilai gain proporsional ( $K_p$ ), Integral ( $K_i$ ), dan diferensial ( $K_d$ ) dengan analisis respon transien. Penalaan parameter kontrol tersebut menunjukkan bahwa kontrol PID dengan  $K_p=30$ ,  $K_i=0,01$ , dan  $K_d=15$  memiliki performa kerja dengan waktu penetapan 3,75 detik, waktu naik 2,59 detik, lonjakan 0%, dan kesalahan keadaan tunak 0%.

**Abstract**

*The antenna azimuth positioning control is a problem in satellite communications systems which should be overcome by modeling and then implement a control system where it is the goal of this research with the PID control as the type of controller. The model was created using simulink matlab based on mathematical equations system. PID control design by tuning the value of proportional gain ( $K_p$ ), Integral ( $K_i$ ), and differential ( $K_d$ ) with transient response analysis. Tuning of the PID control gain show that the PID control with  $K_p = 30$ ,  $K_i = 0.01$ , and  $K_d = 15$  has the performance with 3.75 seconds setting time, 2.59 seconds rise time, 0% overshoot and 0% the steady state error.*

© 2013 Universitas Negeri Semarang

<sup>✉</sup> Alamat korespondensi:Gedung D7 lantai 2 Kampus UNNES, Semarang, 50229  
E-mail: chsetiono@yahoo.co.id

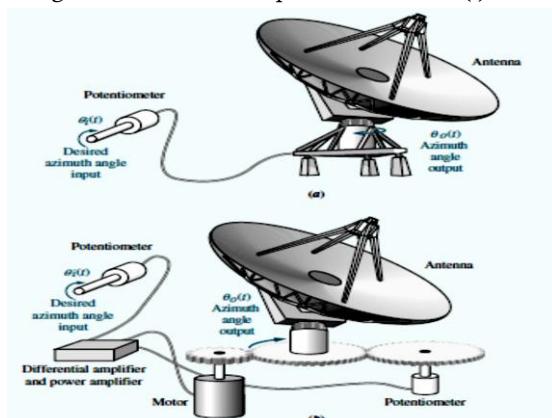
ISSN 2252-6978

## PENDAHULUAN

Pengaturan posisi azimuth antena merupakan masalah pada sistem komunikasi satelit karena dapat mempengaruhi keoptimalan hubungan komunikasi antara satelit dan stasiun. Ketepatan dan ketelitian yang tinggi dari posisi tersebut diperlukan karena dapat mempengaruhi kualitas sinyal yang diterima [1]. Pengarahan antena stasiun bumi ke satelit perlu dijaga presisi supaya performansi sistem komunikasi satelit terjaga. Kesalahan dalam melakukan pengarahan akan berpengaruh terhadap kualitas sinyal yang ditransmisikan pada bagian stasiun bumi. Kualitas sinyal informasi yang bagus meningkatkan nilai rasio energi per bit terhadap derau [2]. Suatu sistem kontrol diharapkan memiliki respon yang cepat, dan tingkat kesalahan (error) yang mendekati nol [3]. Kontrol PID terbukti dalam berbagai aplikasi dapat meningkatkan performansi kerja sistem, selain itu juga memiliki struktur yang sederhana dan dapat mengartikan sistem fisis secara jelas serta dapat diterima dalam proses industri. Performansi keseluruan sistem dapat dirubah dengan menyesuaikan perbesaran (gain) dari PID [4]. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan model sistem kontrol PID pada pengaturan posisi azimuth antena dan mengetahui komposisi parameter kontrol (gain) PID sehingga dihasilkan sistem kontrol posisi azimuth antena dengan performansi kerja yang optimal.

## LANDASANTEORI

Sebuah sistem kontrol posisi azimuth antena ditunjukkan Gambar 1. Tujuan dari sistem ini adalah menentukan keluaran berupa posisi antena,  $\theta_0(t)$ , mengikuti sudut masukan potensiometer  $\theta_i(t)$ .



Gambar 1. Sistem kontrol posisi azimuth antena a) Konsep b). Detail [5]

Tujuan dari sistem ini adalah menentukan keluaran berupa posisi antena,  $\theta_0(t)$  mengikuti sudut masukan potensiometer  $\theta_i(t)$ . Perintah masukan adalah perpindahan sudut yang telah dikonversi menjadi tengangan oleh potensiometer pada jalur umpan balik. Power amplifier memperkuat perbedaan antara tegangan masukan dan keluaran (sinyal kesalahan) dan mengupayakan sinyal kesalahan tersebut menjadi nol. Ketika masukan dan keluaran telah sama, sinyal kesalahan telah menurun ke nilai nol maka motor akan berhenti. Berdasarkan perbedaan masukan dan keluaran, kecepatan motor akan ditentukan [5].

Potensiometer menghasilkan  $V_{out}$  sebanding dengan  $\theta_i$  dan tidak ada dinamika. Jika potensiometer dapat mengukur n putaran dengan tegangan maksimal  $V_{max}$  dan tegangan minimal  $V_{min}$ , maka fungsi alihnya adalah :

$$\frac{V_{out}}{\theta_i} = \frac{V_{max} - V_{min}}{2\pi n} \quad (1) \quad [6].$$

Preamplifier merupakan rangkaian penguat, fungsi alih subsistem ini adalah rasio trasformasi laplace dari tegangan keluaran  $V_P$  dibagi dengan tegangan masukan  $V_i$ .

$$\frac{V_p(s)}{V_i(s)} \quad (2) \quad [5].$$

Power amplifier menghasilkan keluaran tegangan dan arus yang lebih tinggi dari masukan. Power amplifier memiliki dinamika dan dapat diasumsikan :

$$\frac{E_a(s)}{V_p(s)} \frac{a}{s+a} \quad (3)$$

dengan  $V_p$  adalah masukan power amplifier dan pole power amplifier.

Motor DC magnet permanen biasanya tersusun atas magnet permanen, kumparan jangkar dan sikat (brush). Medan magnet dibentuk oleh magnet permanen yang stasioner. Pada rangkaian armature mengalir arus listrik  $I_a(t)$  melewati medan magnet dan meghasilkan gaya yang besarnya  $F = BlI_a(t)$  dengan  $B$  adalah kuat medan magnet dan  $l$  adalah panjang konduktor. Konduktor bergerak pada medan magnet menghasilkan tegangan terminal konduktor yang besarnya  $e = Blv$  dengan  $e$  adalah tegangan dan  $v$  adalah kecepatan konduktor. Pembawa arus armature berputar dalam medan magnet, tegangan sebanding dengan kecepatan, sehingga :

$$V_b(t) = K_b \frac{d\theta_m(t)}{dt} \quad (4)$$

dengan  $V_b$  adalah back electromotive force (back emf),  $K_b$  adalah kontanta back emf, dan

$d\theta_m/dt = \omega_m(t)$  merupakan kecepatan sudut motor. Dengan transformasi laplace akan dihasilkan :

$$(s) = K_b s \theta_m(s) \quad (5)$$

Hubungan antara arus  $I_a(t)$ , tegangan  $e_a(t)$  dan back emf  $v_b$  dapat dituliskan :

$$R_a I_a(t) + L_a \frac{dI_a(t)}{dt} + V_b(s) = E_a(s) \quad (6)$$

Dengan transformasi laplace menjadi :

$$R_a I_a(s) + L_a s I_a(s) + V_b(s) = E_a(s) \quad (7)$$

Torsi yang dihasilkan motor sebanding dengan besar arus sehingga :

$$T_m(s) = K_t I_a(s) \quad (8)$$

Dengan  $T_m$  adalah torsi motor,  $K_t$  adalah kontanta kesebandingan yang tergantung pada karakteristik medan magnet dan motor. Persamaan tersebut juga dapat dituliskan :

$$I_a(s) = \frac{1}{K_t} T_m(s) \quad (9)$$

Fungsi alih dari motor diperoleh dengan substitusi persamaan 5 dan 8 ke persamaan 7

$$\frac{(R_a + L_a s) T_m(s)}{K_t} + K_b s \theta_m(s) = E_a(s) \quad (10)$$

$T_m(s)$  harus diketahui dalam bentuk  $\theta_m(s)$  sehingga diperoleh fungsi alih dalam bentuk  $\theta_m(s) / E_a(s)$

Arus armature menghasilkan torsi yang bekerja terhadap inersia dan redaman, maka persamaan 8 dengan transformasi laplace menghasilkan :

$$T_m(s) = (J_m s^2 + D_m s) \theta_m(s) \quad (11)$$

$J_m$  adalah kesetaraan inersia pada armature dan  $D_m$  adalah kesetaraan redaman armature. Jika diasumsikan induktansi  $L_a$  sangat kecil dibandingkan dengan resistansi  $R_a$ , dan setelah penyederhanaan fungsi alih motor yang diinginkan menjadi :

$$\frac{\theta_m(s)}{E_a(s)} = \frac{K}{s(s+\alpha)} \quad (12)$$

Hubungan motor dengan inersia  $J_a$  dengan redaman  $D_a$  pada armature mengendalikan beban inersia  $J_L$  dengan redaman  $D_L$ ,  $J_L$  dan  $D_L$  dapat ditambahkan kedalam  $J_a$  dan  $D_a$  sehingga dapat dituliskan

$$J_m = J_a + J_L \left( \frac{N_1}{N_2} \right)^2 \quad \text{dan} \quad D_m = D_a +$$

$D_L \left( \frac{N_1}{N_2} \right)^2$  dengan  $N_1$  dan  $N_2$  adalah shaft gear pada motor dan beban [5].

Fungsi alih dari sistem gear adalah :

$$\frac{\theta_L}{\theta_m} = \frac{\omega_L}{\omega_m} = \frac{N_1}{N_2} = K_g \quad (13)$$

dengan  $K_g$  adalah konstanta gear [5].

Kontrol Proporsional Integral Diferensial (PID) merupakan kombinasi dari aksi kontrol proporsional, aksi kontrol integral, dan aksi

kontrol diferensial. Persamaan dengan tiga kombinasi ini diberikan oleh:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (14) [4].$$

## METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sistem kontrol posisi antena yang sebenarnya yang sama dengan penelitian sebelumnya oleh Adnan tahun 2010 [6].

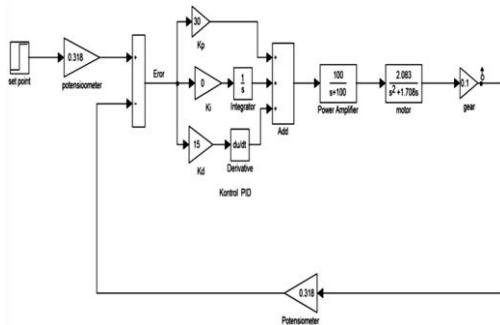
**Tabel 1.** Parameter karakteristik sistem [5]

No	Parameter	Simbol (Satuan)	Nilai
1	Beda potensial	$V$ (Volt)	10
2	Putaran potensiometer	$N$ (Kali)	10
3	<i>Gain preamplifier</i>	$K$	-
4	<i>Gain Power Amplifier</i>	$K_i$	100
5	<i>Pole power amplifier</i>	$A$	100
6	Resistansi motor	$R_a$ (Ohm)	8
7	Konstanta inersia motor	$J_a$ (kg-m <sup>2</sup> )	0,02
8	Konstanta redaman motor	$D_a$ (N-m s/rad)	0,01
9	Konstanta back emf	$K_b$ (V-s/rad)	0,5
10	Konstanta torsi motor	$K_t$ (N-m/A)	0,5
11	shaft gear motor	$N_1$ (Buah)	25
12	Shaft gear beban	$N_2$ (Buah)	250
13	Beban inersia	$J_L$ (kg-m <sup>2</sup> )	1
14	Konstanta beban inersia	$D_L$ (N-m s/rad)	1

Pemodelan dilakukan menggunakan simulink matlab karena software sangat berguna dalam memodelkan sistem kontrol dan mensimulasikan respon waktu untuk masukan tertentu. Simulink bekerja secara langsung melalui diagram blok untuk desain dan analisis sistem kontrol [7]. Model sistem dibuat berdasarkan model matematika dari sistem pengaturan posisi azimuth antena dengan menelaah dan menganalisis karakteristik dinamikanya. Persamaan Persamaan yang berkaitan dengan model sistem tersebut telah diuraikan sebelumnya pada landasan teori. Model matematik dilengkapi dengan memasukan besar parameter dan konstanta yang ada pada bahan penelitian. Model matematik tersebut selanjutnya ditransformasi menjadi model simulink dan selanjutnya dilakukan penelaah gain kontrol PID yaitu gain proporsional  $K_p$ , gain integral  $K_i$ , dan gain kontrol diferensial  $K_d$ .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Model simulink sistem pengaturan posisi azimuth antena yang dihasilkan ditunjukkan Gambar 2.



**Gambar 2.** Model Simulink sistem

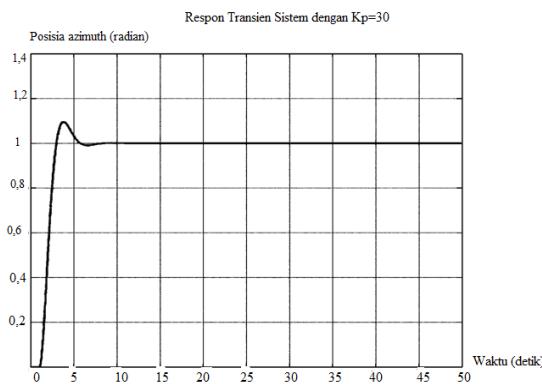
Model simulink pada Gambar 2 menjelaskan bahwa posisi azimuth antena yang diinginkan (set point) digambarkan dengan blok step. Posisi azimuth antena yang diinginkan dirubah menjadi besaran tegangan oleh potensiometer masukan. Besar gain 0,318 potensiometer akan mengukur masukan sebesar 1 radian senilai dengan 0,318 volt. Sinyal keluaran potensiometer yang berbentuk tegangan diteruskan ke subsistem power amplifier dan motor. Pembilang dan penyebut fungsi alih power amplifier dan motor digambarkan dengan blok transfer function yang menunjukkan pembilang dan penyebut fungsi alih dari kedua subsistem tersebut. Gear digambarkan dengan blok gain sedangkan posisi azimuth antena sebagai keluaran sistem ditampilkan dalam blok jenis scope. Blok ini menampilkan posisi azimuth pada sumbu y dan waktu pada sumbu x sehingga sesuai untuk proses analisis respon transien.

Pada tahap selanjutnya dilakukan penalaan parameter kontrol untuk mengetahui komposisi kontrol PID yaitu gain proporsional ( $K_p$ ), gain integral ( $K_i$ ), dan gain diferensial ( $K_d$ ) sehingga diperoleh sistem pengaturan posisi azimuth antena dengan performansi kerja yang optimal dengan analisis respon transien. Hasil penalaan ditunjukkan Tabel 2.

**Tabel 2.** Respon transien hasil penalaan gain kontrol PID.

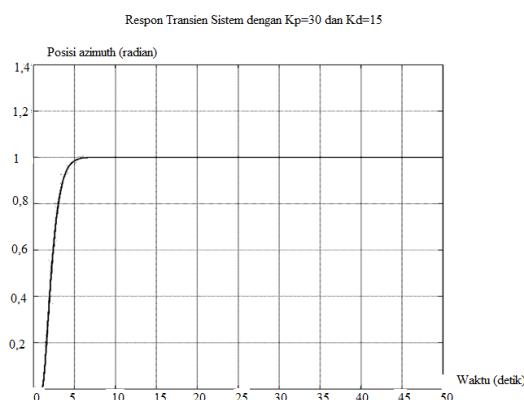
N	$K_p$	$K_i$	$K_d$	Waktu naik (detik)	Waktu penetapan (detik)	Lonjakan maksimum (%)	Kesalahan Keadaan Tunak (%)
1	5	0	0	11,02	18,22	0	0
2	10	0	0	5,07	7,8	0	0
3	20	0	0	2,4	5,05	3,28	0
4	30	0	0	1,68	4,22	9,55	0
5	50	0	0	1,13	3,41	19,62	0
6	10	0	0	0,71	4,35	34,73	0
7	20	0	0	0,47	4,69	49,80	0
8	30	0	1	8,22	4,25	1,71	0
9	30	0	5	3,93	4,20	1,91	0
10	30	0	10	0,82	2,88	2,21	0
11	30	0	15	0	3,77	2,6	0
12	30	0	50	0	9,22	5,51	0
13	30	0	100	0	15,96	9,4	0
14	30	0	200	0	15,94	9,4	0
15	30	0,0	15	0	3,65	2,6	0
16	30	0,0	15	0	3,75	2,59	0
17	30	0,1	15	0,45	3,75	2,25	0
18	30	10	15	28,36	8,72	1,78	0
19	30	20	15	59,26	16,79	1,38	0
20	30	50	15	79,40	30,26	1,2	0

Penalaan pertama dilakukan dengan kontrol proporsional saja dengan mencoba beberapa nilai  $K_p$  dan mengatur  $K_i=K_d=0$ . Kontrol proporsional dengan nilai  $K_p$  yang semakin besar akan semakin mempercepat waktu naik, tetapi hal ini juga diiringi dengan peningkatan lonjakan. Hal ini ditunjukkan saat  $K_p$  bernilai 5 sistem memiliki waktu naik mencapai 11,02 detik dan lonjakan 0%, sedangkan saat  $K_p$  bernilai 200 sistem memiliki waktu naik 0,47 detik dan lonjakan 49,80%. Dari berbagai percobaan dengan nilai  $K_p$  diketahui bahwa saat  $K_p=30$ , sistem memiliki respon transien yang cukup baik dimana waktu naik 1,68 detik, waktu penetapan 4,22 detik, lonjakan 9,55%, dan kesalahan keadaan tunak dapat diturunkan sampai dengan 0% seperti yang ditunjukkan Gambar 3.



Gambar 3 Respon transien dengan  $K_p=30$

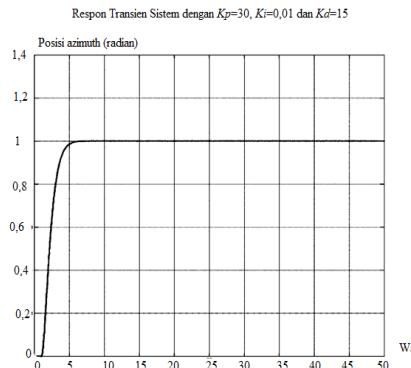
Selanjutnya dilakukan percobaan dengan kontrol proporsional diferensial (PD) dengan mengatur nilai  $K_p=30$ , dan  $K_i=0$  kemudian melakukan variasi  $K_d$ . Dari penalaan parameter kontrol dapat diketahui bahwa semakin besar nilai  $K_d$  semakin memperkecil lonjakan, tetapi disisi lain juga membuat waktu naik semakin lama. Hal ini ditunjukkan saat  $K_d$  dinaikkan dari 1 sampai dengan bernilai 200 lonjakan mengalami penurunan dari 8,22% sampai dengan 0%, sedangkan waktu naik meningkat dari 1,71 detik mencapai 9,4 detik. Komposisi  $K_p$  dan  $K_d$  yang optimal diperoleh saat  $K_p$  bernilai 30 dan  $K_d=15$  dengan waktu naik 2,6 detik, waktu penetapan 3,77 detik, lonjakan 0%, dan kesalahan keadaan tunak 0% seperti ditunjukkan Gambar 4.



Gambar 4. respon transien  $K_p=30$  dan  $K_d=15$

Penalaan selanjutnya dilakukan percobaan kontrol PID dengan  $K_p=30$ ,  $K_d=15$ , dan mencoba beberapa nilai  $K_i$ . Dari percobaan diketahui bahwa semakin besar  $K_i$  maka waktu naik semakin cepat, tetapi disisi lain memperbesar lonjakan dimana saat  $K_i=50$  lonjakan mencapai 79,40%. Kontrol PID optimal dengan nilai  $K_i=0,01$  dengan waktu penetapan 3,75 detik, waktu naik 2,59 detik, lonjakan 0%, dan kesalahan keadaan tunak 0% dan paling

optimal dibandingkan dengan komposisi kontrol yang lain pada penelitian ini.



Gambar 5. respon transien dengan  $K_p=30$ ,  $K_d=15$ , dan  $K_i=0,01$

## SIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan model simulink sistem kontrol PID pada pengaturan posisi azimuth antena yang dibuat berdasarkan persamaan matematik sistem dengan waktu penetapan 3,75 detik, waktu naik 2,59 detik, lonjakan 0%, dan kesalahan keadaan tunak 0% menggunakan komposisi gain  $K_p=30$ ,  $K_i=0,01$ , dan  $K_d=15$ .

## DAFTAR PUSTAKA

- Maral,G & M. Bousquet. 1999. Satellite Communication Systems. John Wiley and Sons, Inc , and Sons, Inc
- Pamungkas,Wahyu dan Isnawati, Anggun. Laju Galat Bit Akibat Kesalahan Pengarahan Antena Stasiun Bumi ke Satelit. TELKOMNIKA Vol. 8.
- Ogata, Katsuhiko. 2004. System Dynamic. New Jersey : Pearson Prentice Hall.
- Jack, Hugh. 2001. Dynamic System Modeling and Control. Grand Valley: Grand Valley State University.
- Nise, Norman N. 2011. Control System Engineering Sixth Edition. USA :JohnWiley& Sons, Inc.
- Adnan, N.2010. H2 Optimal Control Of Antenna Azimuth Positioning System. International Journal Emerging Technologies in Sciens and Enginering.
- Tewari, Ashish.2002. Modern Control Design WithMatlab and Simulink. West Sussex:John Wiley & Sons Ltd.