

RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN POSISI AZIMUT ANTENNA TRACKER BERBASIS GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS) DENGAN KENDALI PID

Mauli Agusti Ratih Astari

Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia
e-mail : mauliagusti@gmail.com

Puput Wanarti Rusimanto

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia
e-mail : puputwanarti@unesa.ac.id

Abstrak

Antenna tracker merupakan salah satu bagian *ground control station* (GCS) yang memiliki fungsi melacak keberadaan sumber sinyal. Penggunaan antena harus dilengkapi dengan sistem gerakan *antenna tracker* untuk mengikuti posisi titik koordinat yang dihasilkan oleh GPS. Agar gerakan *antenna tracker* lebih halus dan cepat maka perlu diterapkan suatu sistem kendali. Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan prototipe dan mengetahui pengujian pada sistem pengendalian posisi azimut *antenna tracker* berbasis GPS dengan kendali PID. Sistem *antenna tracker* menggunakan GPS untuk mengetahui titik koordinat *latitude* dan *longitude*. Data koordinat dikirimkan oleh *transmitter* ke *receiver* untuk diolah menjadi sudut azimut sebagai *set point*. Respon pergerakan *antenna tracker* diperbaiki dengan mengimplementasikan kendali PID. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan mengimplementasikan kendali PID pada *antenna tracker* dengan nilai $K_p=6$, $K_i=2$ dan $K_d=0$ dapat memperbaiki respon gerak antena dengan hasil analisis respon dinamik $E_{ss} = 0$, maksimal *overshoot* = 1,1%, $t_d = 0,2$ s, $t_r = 0,39$ s, dan $t_s = 0,61$ s.

Kata Kunci: *Antenna Tracker*, Azimut, GPS, Kendali PID

Abstract

Antenna tracker is one of *ground control station* (GCS) which has a function to track the existence of signal source. The use of antenna must be equipped with an antenna tracker movement system to follow the position of coordinate points that generated by GPS. In order the movement of antenna tracker more smooth and fast it is necessary to apply control system. The purpose of this research is to produce prototype and to know the test result of azimuth position control system of antenna tracker based on GPS using PID controller. GPS is used to know the coordinate point latitude and longitude. Coordinate data is sent by transmitter to receiver. Coordinate data will be processed into azimuth angle as set point. Movement response of antenna tracker is improved by implementing PID controller. The results showed that by implementing PID controller on antenna tracker with $K_p = 6$, $K_i = 2$ and $K_d = 0$ can improve movement response of antenna with dynamic analysis result $E_{ss} = 0$, maximal *overshoot* = 1,1% , $t_d = 0,2$ s, $t_r = 0,39$ s, and $t_s = 0,61$ s.

Keywords: *Antenna Tracker*, Azimuth, GPS, PID Controller

PENDAHULUAN

Dalam sistem komunikasi *wireless* antena merupakan suatu komponen yang penting. Desain antena yang baik dapat meningkatkan kinerja sistem secara keseluruhan (Balanis, 2005:3). Antena merupakan suatu piranti transisi atau *transducer* antara gelombang terpadu dan gelombang ruang bebas (Kraus, 1988:18). Dalam 60 tahun terakhir teknologi antena telah menjadi mitra revolusi komunikasi yang sangat diperlukan (Balanis, 2005:3). Salah satu revolusi komunikasi adalah *antenna tracker*.

Antenna tracker merupakan salah satu bagian dari *Ground Control Station* (GCS) yang memiliki fungsi melacak keberadaan sumber sinyal. Alat ini memiliki kemampuan untuk mengikuti pergerakan sebuah benda

yang sedang dilacak. Berdasarkan fungsinya, penggunaan *antenna tracker* semakin banyak. Di antaranya bidang militer dan bidang *Radio Control* (RC). Pada bidang militer, *antenna tracker* digunakan sebagai salah satu bagian pertahanan udara yang bertujuan untuk melacak bila ada sebuah serangan dari luar berupa peluru kendali atau sering disebut rudal (Banna, 2017).

Penggunaan antena harus dilengkapi dengan sistem gerakan *antenna tracker* untuk mengikuti posisi titik koordinat yang dihasilkan oleh *Global Positioning System* (GPS). Sistem gerakan pada *antenna tracker* digunakan agar antena tetap dapat berkomunikasi dan menerima data dari GPS secara *real-time*. Gerakan *antenna tracker* yang responsif membuat data yang diperoleh lebih akurat karena posisi antena akan selalu mengikuti titik koordinat GPS

(Nugraha, dkk, 2015). Agar gerakan *antenna tracker* lebih halus dan cepat maka perlu diterapkan suatu sistem kendali pada pergerakan *antenna tracker*. Salah satu sistem kendali yang dapat diterapkan adalah sistem kendali PID..

Sistem kendali PID merupakan kombinasi antara kendali P, I dan D. Dengan menggabungkan ketiga kendali tersebut, maka akan diperoleh gerakan motor DC yang cukup ideal dari yang diharapkan. Kendali PID mendeteksi nilai *error* yang dihasilkan oleh sistem untuk mencapai kestabilan yang *error*-nya didapatkan dari pengurangan *set point* dengan variabel proses (Nugraha, dkk, 2015). *Set point* pada kendali PID ini didapatkan dari data GPS yang terbagi menjadi dua, yaitu azimuth dan elevasi. Sehingga dari *set point* tersebut menghasilkan dua gerakan utama pada *antenna tracker*, yaitu gerakan horizontal (azimuth) dan gerakan vertikal (elevasi).

Penelitian mengenai gerakan posisi *antenna tracker* (Adil, 2014) membahas tentang gerakan posisi azimuth antena dengan kendali PID dan Fuzzy. Perhitungan model matematika plant *antenna tracker* juga dilakukan. Dalam penelitian yang dilakukan (Nugraha, dkk, 2015) membahas tentang penggunaan *tuning* Ziegler-Nichols dalam menentukan parameter kendali PID dan membandingkan hasil respon dengan kendali yang lainnya. Berbeda dengan kedua penelitian sebelumnya, penelitian yang dilakukan oleh (Banna, 2017) lebih lengkap karena disertai dengan algoritma perhitungan untuk memperoleh sudut azimuth. Perbedaan utama dari ketiga penelitian tersebut adalah penelitian yang dilakukan oleh Omar dilakukan secara simulasi menggunakan motor DC dan tanpa GPS, sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Mahendra dan Banna menggunakan motor servo, menggunakan GPS dan implementasi alat.

Berdasarkan latar belakang masalah dan hasil studi literatur dari penelitian yang sebelumnya maka dilakukan penelitian dengan judul “Rancang Bangun Sistem Pengendalian Posisi Azimuth *Antenna tracker* Berbasis *Global Positioning System* (GPS) dengan Kendali PID”. Tujuan penelitian ini adalah untuk menghasilkan prototipe *antenna tracker* dan mengetahui hasil pengujian sistem pengendalian posisi azimuth *antenna tracker* berbasis GPS dengan kendali PID. Dalam penelitian ini menggabungkan poin-poin yang telah disebutkan dari penelitian sebelumnya yaitu menggunakan motor DC, menghitung model matematika dari plant *antenna tracker*, dan menggunakan algoritma untuk mendapatkan sudut azimuth.

METODE

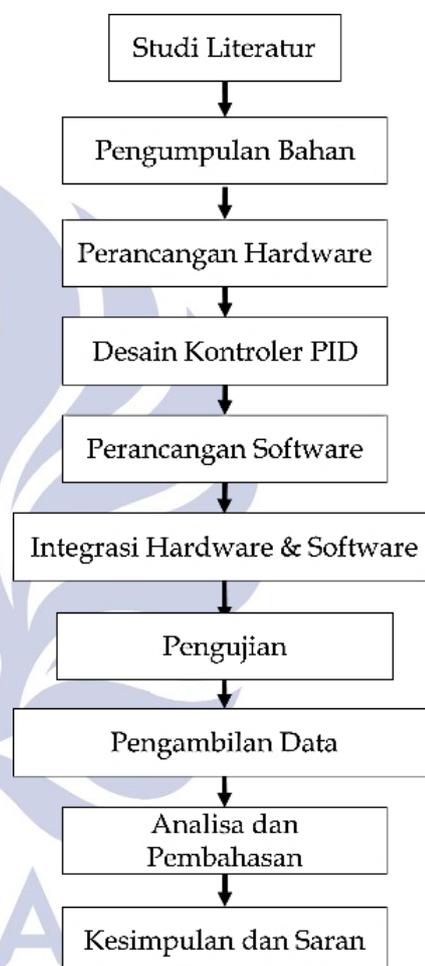
Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif, karena dalam penelitian ini dilakukan perancangan dengan desain yang spesifik, detail serta bersifat kuantitatif atau

menggunakan data angka. Data dari penelitian ini adalah data yang dihasilkan dari respon gerakan motor sebagai penggerak antena.

Instrument pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah Laptop (PC), *software* Arduino IDE dan Labview 2014a. Labview 2014a digunakan untuk menampilkan data sudut secara grafis.

Tahapan perancangan dari penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.

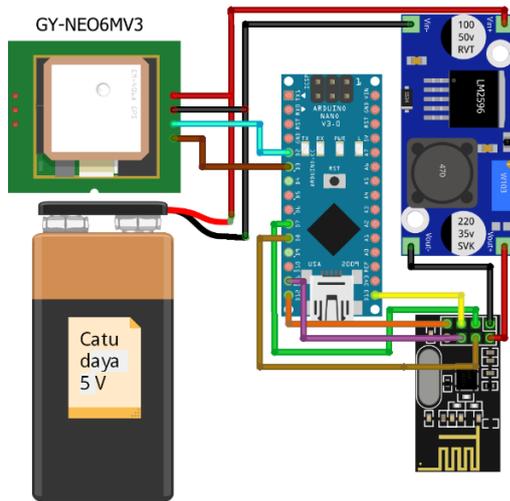


Gambar 1. Tahapan Rancangan Penelitian
(Sumber : data primer, 2018)

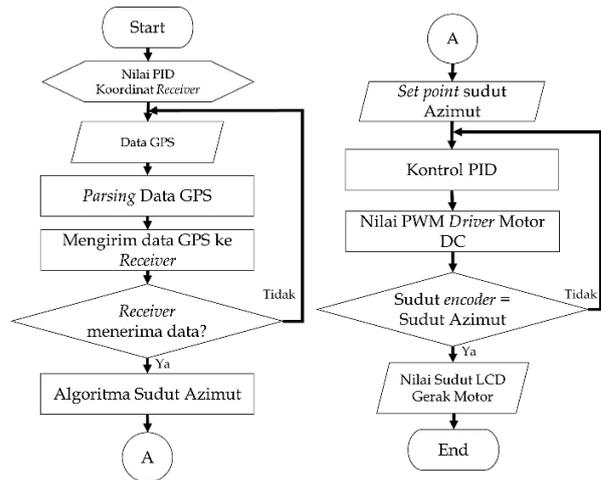
Perancangan Hardware

Perancangan *hardware* terdiri dari dua bagian yaitu *transmitter* dan *receiver*. Kedua bagian tersebut dihubungkan dengan transceiver agar terdapat koneksi untuk pengiriman dan penerimaan data. Pada bagian *transmitter* GPS dihubungkan dengan Arduino nano pada pin digital 3 untuk RX dan pin digital 2 untuk TX. Pada bagian *receiver* digunakan Arduino Mega karena membutuhkan pin I/O dengan jumlah yang lebih banyak. Rancang bangun *hardware* untuk *transmitter* ditunjukkan pada Gambar 2. sedangkan untuk *receiver* ditunjukkan pada Gambar 3.

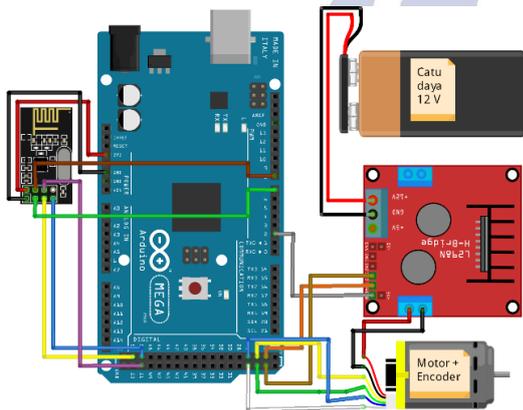
Rancang Bangun Sistem Pengendalian Posisi Azimut Antenna Tracker Berbasis GPS dengan Kendali PID



Gambar 2. Rancang Bangun *Hardware Transmitter*
(Sumber : data primer, 2018)



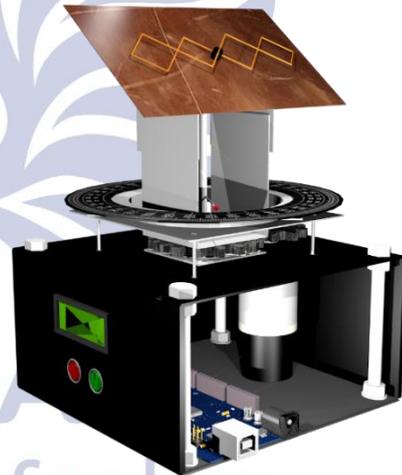
Gambar 4. *Flowchart Software*
(Sumber : data primer, 2018)



Gambar 3. Rancang Bangun *Hardware Receiver*
(Sumber : data primer, 2018)

Rancangan *Plant Antenna Tracker*

Plant antenna tracker terdiri dari kotak sebagai tempat *hardware receiver* yang berukuran Panjang 23 cm, lebar 23 cm dan tinggi 10 cm. di bagian atas sisi kotak terdapat gambar busur 360o sebagai pengukuran posisi sudut secara langsung. Di bagian paling atas terdapat reflektor antena yang terbuat dari bahan plat tembaga. Rancangan *plant antenna tracker* seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Rancang bangun *Plant Antenna Tracker*
(Sumber : data primer, 2018)

Perancangan *Software*

Perancangan *software* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. nilai PID dan koordinat *receiver* diinisialisasikan terlebih dahulu. *Transmitter* menerima data GPS, data dari GPS dipisahkan karena terdapat banyak jenis data yang dihasilkan oleh GPS. Pemisahan data digunakan untuk mendapatkan data *longitude* dan *latitude* yang kemudian dikirim ke *receiver*. Apabila *receiver* tidak menerima data. Maka *transmitter* akan kembali mengirim data ke *receiver*. Pada bagian *receiver* data *longitude* dan *latitude* yang didapatkan dari *transmitter* kemudian diolah untuk mendapatkan sudut azimut sebagai *set point* pergerakan posisi motor. Setelah mendapatkan *set point* sudut selanjutnya memberikan aksi kontroler PID untuk mendapatkan pergerakan antena yang lebih cepat. Kemudian *set point* dibandingkan dengan nilai sudut pada pembacaan sensor. Jika sudut pembacaan sama dengan sudut *set point*, maka motor DC tidak akan bergerak. Tetapi jika sudut pembacaan tidak sama dengan sudut *set point* maka motor akan bergerak hingga mencapai nilai yang sama.

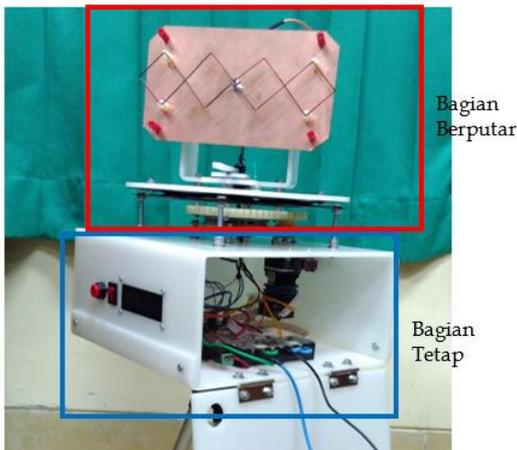
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perancangan *Hardware* dan *Software*

Hasil perancangan *hardware* terdiri dari bagian *transmitter* dan *receiver*. Pada bagian *receiver* yang ditunjukkan pada Gambar 6 di mana terdiri dari bagian tetap dan bagian yang berputar. Pada bagian tetap berbentuk kotak dengan ukuran panjang 23,5 cm, lebar 22,5 cm dan tinggi 10,5 cm. Pada bagian tetap terbuat dari bahan akrilik yang berfungsi untuk meletakkan komponen seperti Arduino Mega, Driver Motor, dan Motor DC. Sedangkan pada bagian berputar sebagai tempat antena, busur dan

transceiver. Pada bagian yang berputar diperlukan ketelitian saat mendesain dan merakitnya agar didapatkan hasil gerakan yang baik. Salah satu Teknik desain yang dilakukan adalah dengan menambahkan *slip ring* agar antenna dapat berputar secara terus menerus tanpa adanya lilitan kabel. Pada bagian bawah *antenna tracker* ditambahkan tripod sebagai penyangga yang digunakan untuk mengatur ketinggian *antenna tracker*.

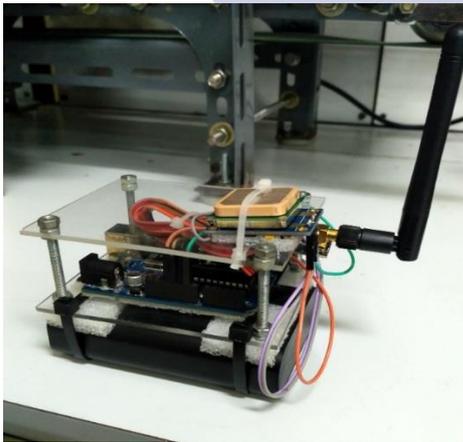
Pada bagian *transmitter* ditunjukkan pada Gambar 7 di mana terdapat komponen GPS, *transceiver*, antenna, Arduino, dan baterai. *Hardware transmitter* dibuat dalam ukuran kecil 12 cm x 10 cm agar mudah untuk dipindahkan saat proses pengujian.



Bagian Berputar

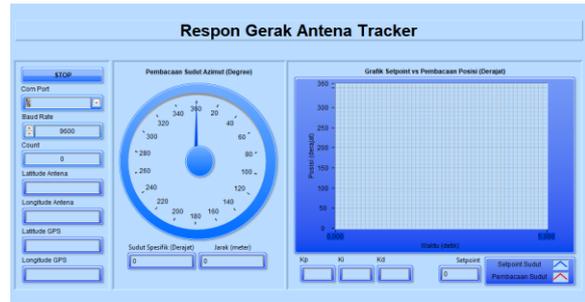
Bagian Tetap

Gambar 6. *Hardware Antenna Tracker* pada *Receiver*
(Sumber : dokumentasi pribadi, 2018)

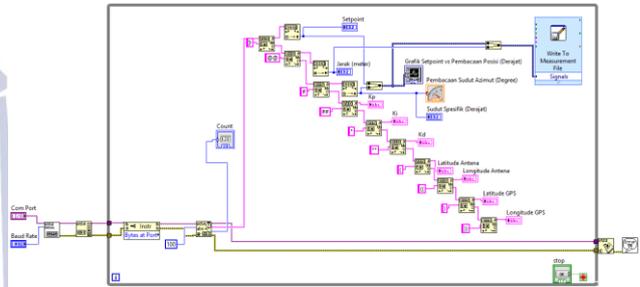


Gambar 7. *Hardware Transmitter*
(Sumber : dokumentasi pribadi, 2018)

Pada hasil perancangan *software* terdiri dari kode Arduino dan penggunaan *software* Labview untuk memonitor hasil respon pergerakan *antenna tracker*. Hasil perancangan *software* pada Labview ditunjukkan pada Gambar 8 untuk *front panel*, sedangkan untuk diagram blok ditunjukkan pada Gambar 9.



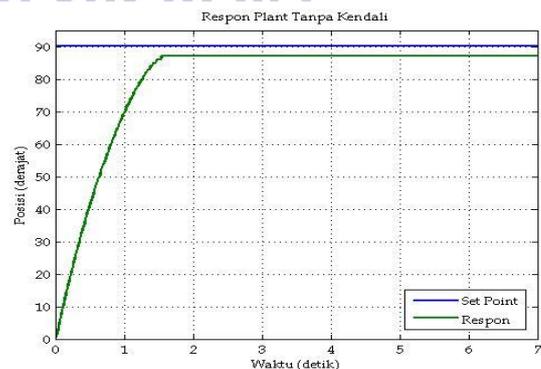
Gambar 8. *Front Panel* pada Labview
(Sumber : data primer, 2018)



Gambar 9. Blok Diagram pada Labview
(Sumber : data primer, 2018)

Uji Sistem Gerakan *Antenna Tracker*

- Pengujian respon *plant antenna tracker* tanpa kendali
 Pada pengujian ini dilakukan untuk melihat respon gerakan *antenna tracker* dalam mencapai *set point* tanpa kendali. Pengujian ini dilakukan hanya untuk melihat respon pergerakan antenna, sehingga sistem *tracking* menggunakan GPS dimatikan. Tegangan yang digunakan sebesar 12 volt. *Set point* yang diberikan adalah 90 derajat. Pengujian dilakukan secara *closed loop*, karena pada pengujian *open loop* menghasilkan respon yang tidak stabil. Hasil pengujian respon *plant* ditunjukkan pada gambar 10. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai $X_{ss}=90$ dan $Y_{ss}=87$, sehingga respon dari gerakan antenna tracker tanpa kendali masih terdapat *error steady state* sebesar 3.



Gambar 10. Respon *Real Plant Antenna Tracker*
(Sumber : data primer, 2018)

• Pemodelan sistem gerakan *antenna tracker*

Pemodelan sistem digunakan untuk mencari fungsi alih dari *antenna tracker* dalam bentuk model matematika. Dengan mengetahui model matematika dari *antenna tracker* maka nilai parameter PID dapat dicari. Sumber referensi untuk menentukan pemodelan sistem dalam penelitian ini adalah dari proyek yang dikerjakan oleh Liu Xuan, dkk yang berjudul “*Antenna Azimuth Position Control System Analysis and Controller Implementation*”. Berdasarkan *datasheet* dari motor DC yang digunakan dalam penelitian ini, didapatkan parameter-parameter fisik yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Fisik Plant

Parameter	Nilai
Resistansi motor (R_a)	1,9 (ohm)
Inersia motor (J_a)	0,00000057 (kg m ²)
Damping motor (D_a)	0,00955 (N m s /rad)
Back EMF (K_b)	0,01337 (V s/rad)
Torsi motor (K_t)	1,005 (N m/A)
Roda gigi 1 (N_1)	1/64
Roda gigi 2 (N_2)	19/48
Beban Inersia (J_L)	0,00075 (Kg m ²)
Beban Inersia (D_L)	0,00955 (N m s/rad)

(Sumber : *Datasheet* Motor DC 2324)

Dari parameter pada Tabel 1 dapat dicari nilai

$$K_g = N_1 \cdot N_2 = 0,0062 \quad (1)$$

$$J = J_a + J_L(K_g)^2 = 6 \times 10^{-7} \quad (2)$$

$$D_m = D_a + D_L(K_g)^2 = 0,00955 \quad (3)$$

$$K_m = \frac{K_t}{J R_a} = 883301,38 \quad (4)$$

$$a_m = \frac{D_m R_a + K_b K_t}{J R_a} = 27759,47 \quad (5)$$

Selanjutnya adalah mensubstitusikan nilai yang telah diketahui ke dalam persamaan 6.

$$\frac{\theta_m(s)}{E_a(s)} = \frac{\frac{K_t}{J R_a}}{s(s + \frac{D_m R_a + K_b K_t}{J R_a})} = \frac{883301,38}{s^2 + 22759,47 s} \quad (6)$$

Dengan,

$\theta_m(s)$: Posisi azimut *antenna tracker* dalam domain waktu (derajat)

$E_a(s)$: Tegangan *input* dalam domain waktu (volt)

K_g : Perbandingan *gear*

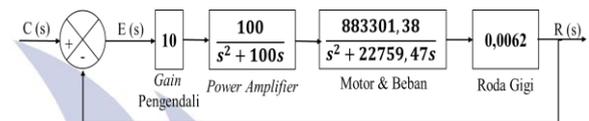
J : Inersia motor dan Beban (kg m²)

D_m : Damping motor dan beban (N m s/rad)

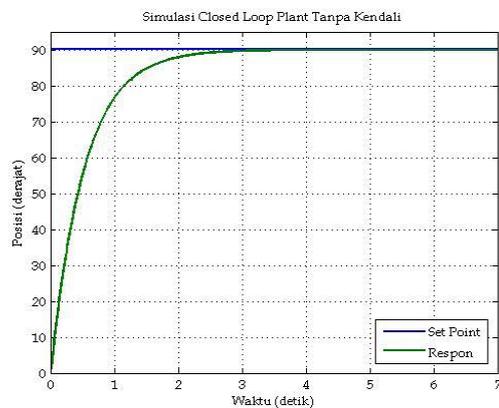
K_m : Gain motor dan beban

a_m : Pole motor dan beban

Dari persamaan 6, kemudian dikalikan dengan perbandingan *gear* yang ada pada *antenna tracker* dan disimulasikan untuk dilihat hasil responnya. Simulasi dilakukan secara *closed loop*, yaitu dengan menambahkan *feedback* seperti yang ditunjukkan pada gambar 11. dari simulasi tersebut menghasilkan respon yang ditunjukkan pada gambar 12.

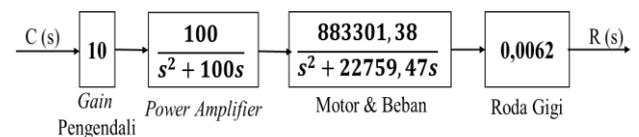


Gambar 11. Blok Diagram Fungsi Alih secara *Closed Loop*
(Sumber : data primer, 2018)

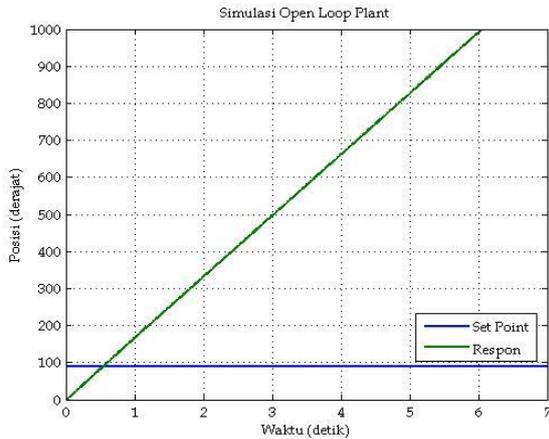


Gambar 12. Respon *Closed Loop* pada Simulasi Sistem Gerakan *Antenna Tracker*
(Sumber : data primer, 2018)

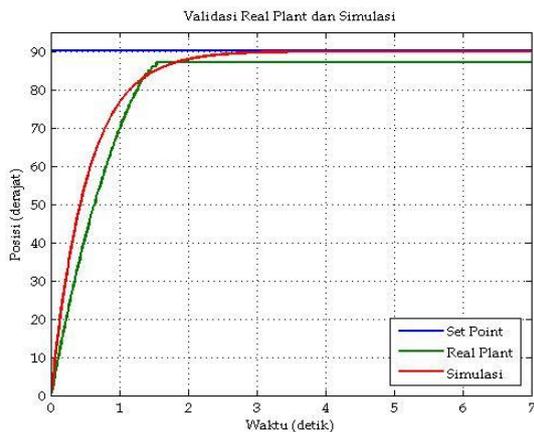
Sedangkan simulasi secara *open loop* ditunjukkan pada gambar 13 dimana tidak terdapat *feedback* pada sistem sehingga menghasilkan respon yang ditunjukkan pada gambar 14. Respon simulasi secara *open loop* menghasilkan *output* yang tidak stabil.



Gambar 13. Blok Diagram Fungsi Alih secara *Open Loop*
(Sumber : data primer, 2018)



Gambar 14. Respon *Open Loop* pada Simulasi Sistem Gerakan *Antenna Tracker* (Sumber : data primer, 2018)



Gambar 15. Grafik Perbandingan Respon (Sumber : data primer, 2018)

Pada gambar 15 merupakan grafik yang menunjukkan perbandingan respon dari gerakan yang sesungguhnya dan respon dari simulasi model matematika.

Uji Kendali PID

- Penentuan parameter PID
 Sebelum menentukan nilai parameter PID, respon gerakan *antenna tracker* pada Gambar 11 menunjukkan respon dengan karakteristik sistem orde satu sehingga untuk mempermudah dalam menentukan parameter PID maka perlu disederhanakan menggunakan metode pendekatan orde satu. Persamaan sistem orde satu ditunjukkan pada persamaan 7.

$$G(s) = \frac{K}{\tau s + 1} \tag{7}$$

Dari persamaan 7 maka perlu dicari nilai parameter K dan τ .

Berdasarkan Gambar 11 diketahui nilai $X_{ss}=90$ dan $Y_{ss}=90$ sehingga,

$$K = \frac{Y_{ss}}{X_{ss}} = 1 \tag{8}$$

τ =waktu pada saat

$$C_{\tau} = 0,632 \times Y_{ss} = 0,632 \times 90^{\circ} = 56,88^{\circ} \tag{9}$$

$$\tau = 0,52 \text{ s}$$

Dengan mensubstitusikan persamaan 8 dan 9 ke dalam persamaan 7, maka didapatkan fungsi alih

$$G(s) = \frac{1}{0,52 s + 1} \tag{10}$$

Dengan,

- X_{ss} : *Input* Posisi (derajat)
- Y_{ss} : *Output* Posisi (derajat)
- $G(s)$: Fungsi alih *Plant*
- K : *Gain*
- τ : Konstanta waktu (detik)
- C_{τ} : Nilai 63% dari *output* posisi (derajat)

Pada persamaan 10 masih dalam bentuk fungsi alih *closed loop*, sehingga perlu dicari fungsi alih *open loop*. Fungsi alih *open loop* digunakan untuk mencari nilai parameter PID. Metode yang digunakan untuk mencari fungsi alih *open loop* dari fungsi alih *closed loop* adalah metode *indirect Identification* untuk sistem *feedforward-path closed loop*. Persamaan ditunjukkan pada persamaan 11.

$$G_o = \frac{G_{cl}}{(1 + G_{cl})F_y} \tag{11}$$

Nilai pengendali diasumsikan 1 sehingga, $F_y=1$. Untuk fungsi alih G_{cl} menjadi,

$$G_{cl} = \frac{1}{0,52 s + 1} \tag{12}$$

Dengan mensubstitusikan nilai F_y dan fungsi alih G_{cl} ke dalam persamaan 11, maka fungsi alih *open loop* menjadi,

$$G_o = \frac{1}{0,52 s} \tag{13}$$

Dengan,

- G_{cl} : Fungsi alih *closed loop*
- G_o : Fungsi alih *open loop*
- F_y : Nilai Pengendali

Setelah didapatkan fungsi alih *open loop* dari *antenna tracker*, selanjutnya adalah menentukan nilai parameter PID. Karena grafik respon gerakan *antenna tracker* mendekati karakteristik orde satu, maka nilai parameter PID yang dicari adalah nilai K_p dan K_i sehingga nilai K_d dianggap 0. Nilai konstanta waktu dari respon berdasarkan hasil simulasi didapatkan $\tau=2,8$ s, kemudian dipercepat 6 kali sehingga $\tau^*=0,47$. Persamaan untuk menentukan nilai K_p dan K_i adalah

$$Kp = \frac{\tau}{\tau^*K} = \frac{2,8}{0,47 \times 1} = 6 \quad (14)$$

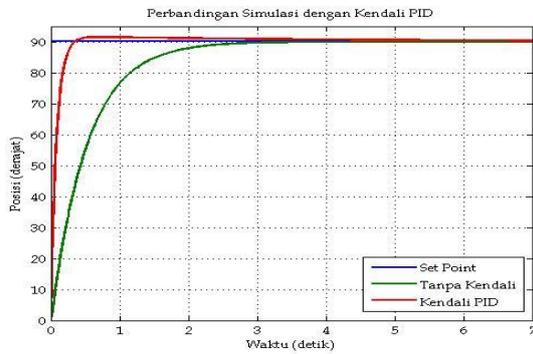
$$Ki = \frac{Kp}{Ti} = \frac{6}{2,8} = 2 \quad (15)$$

Dengan,

- Kp : Konstanta proporsional
- Ki : Konstanta integral
- Kd : Konstanta derifatif
- τ^* : Konstanta waktu baru (detik)

- Implementasi kendali PID pada *antenna tracker*

Setelah menghitung nilai parameter PID didapatkan nilai $Kp=6$, $Ki=2$ dan $Kd=0$. Sebelum diimplementasikan pada sistem yang sesungguhnya maka terlebih dahulu diimplementasikan pada simulasi dengan nilai *set point* 90° , pengujian dengan *set point* tetap digunakan untuk menganalisis respon dinamik dari *antenna tracker*. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 16. pada hasil simulasi, kendali PID dapat memperbaiki respon dengan nilai *error steady state* = 0.



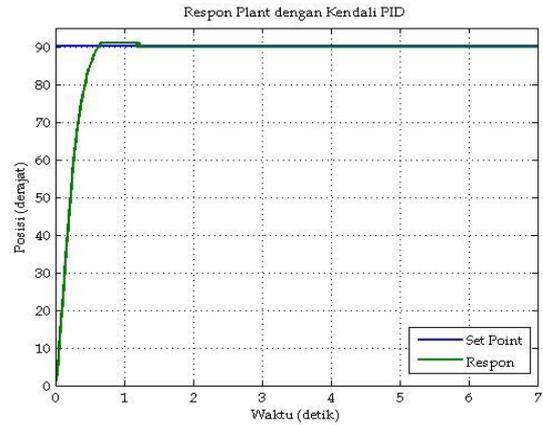
Gambar 16. Respon Simulasi Sistem Gerakan *Antenna Tracker* dengan Kendali
(Sumber : data primer, 2018)

Dari simulasi didapatkan hasil respon dinamik pada Tabel 2 untuk menunjukkan perubahan respon antara sistem *antenna tracker* tanpa kendali dan dengan kendali.

Tabel 2. Respon Dinamik pada Simulasi

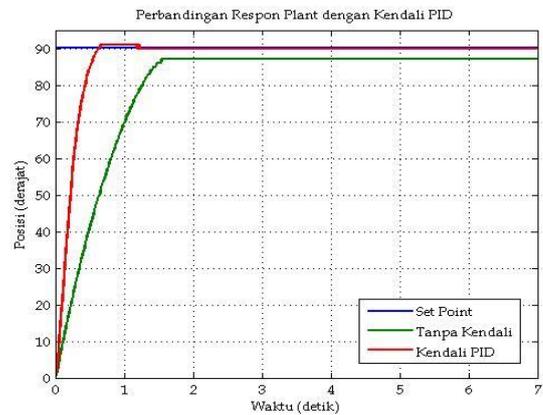
Respon Dinamik	Tanpa Kendali	Dengan Kendali PID
td	0,38 s	0,058 s
tr(5% – 95%)	1,53 s	0,244 s
tr(10% – 90%)	1,2 s	0,182 s
ts 5%	1,64 s	0,249 s
ts 2%	2,15 s	0,332 s
ts 0.5%	2,6 s	0,415 s
Ess	0	0
MO%	0%	2,2%

(Sumber : data primer, 2018)



Gambar 17. Respon *Antenna Tracker* dengan Kendali PID
(Sumber : data primer, 2018)

Setelah disimulasikan, nilai Kp , Ki dan Kd kemudian dimasukkan kedalam program Arduino untuk diimplementasikan pada sistem yang sesungguhnya. Hasil implementasi kendali PID menghasilkan respon gerakan *antenna tracker* yang ditunjukkan pada Gambar 17.



Gambar 18. Perbandingan Respon *Antenna Tracker* dengan Kendali PID
(Sumber : Dokumen Pribadi, 2018)

Tabel 3. Respon Dinamik pada *Plant*

Respon Dinamik	Tanpa Kendali	Dengan Kendali PID
td	0,54 s	0,2 s
tr(5% – 95%)	1,28 s	0,48 s
tr(10% – 95%)	1,1 s	0,39 s
ts 5%	1,34 s	0,52 s
ts 2%	1,47 s	0,58 s
ts 0.5%	1,54 s	0,61 s
Ess	3	0
MO%	0%	1,1%

(Sumber : data primer, 2018)

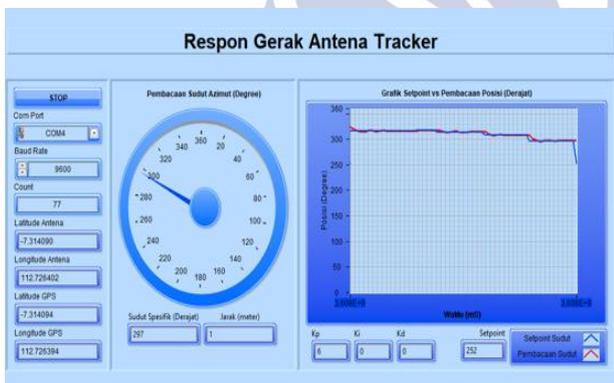
Pada Gambar 17 respon yang dihasilkan sistem dengan kendali PID telah mencapai *set point* dalam waktu yang lebih cepat. Namun masih terdapat *overshoot* sebelum mencapai *set point*.

Berdasarkan Gambar 18 dapat dicari respon dinamik sistem gerakan *antenna tracker* tanpa kendali dan dengan kendali. Didapatkan hasil respon dinamik yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Pengujian Antenna Tracker

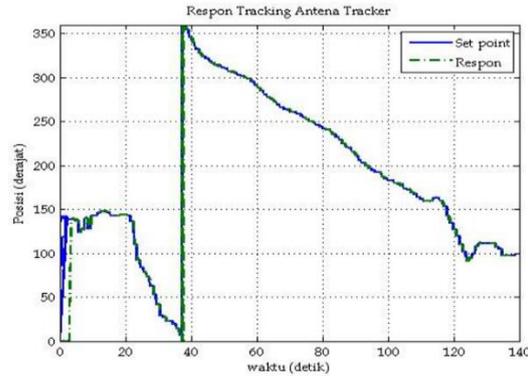
Pengujian ini dilakukan untuk memastikan apakah *antenna tracker* dapat melacak sumber sinyal/*transmitter*. Pengujian dilakukan di Danau Unesa karena dibutuhkan tempat yang terbuka agar GPS dapat menerima data dari satelit dengan maksimal.

Koordinat *latitude* dan *longitude* *antenna tracker* diatur terlebih dahulu dengan cara diinisialisasikan pada program Arduino sehingga tidak dapat diubah. Sebelum melakukan proses pelacakan, posisi jarum penunjuk pada busur diatur menghadap arah utara untuk mendapatkan nilai sudut awal 0°.

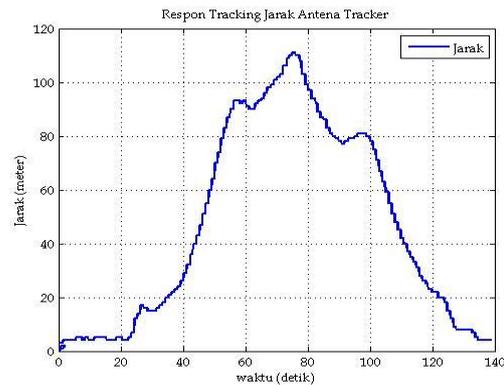


Gambar 19. Tampilan Respon Gerak Pelacakan Antena dari Labview (Sumber : data primer, 2018)

Pergerakan *transmitter* dengan GPS dijalankan secara manual. GPS akan mengupdate data *latitude* dan *longitude* secara terus menerus. Pada hasil pengujian, *antenna tracker* dapat mengikuti arah *transmitter* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 21, pada gambar tersebut pengujian dilakukan untuk melihat hasil pergerakan dari sudut 0° hingga 360°. Pada Gambar 20 merupakan tampilan respon gerakan *antenna tracker* secara langsung pada *front panel* Labview. Labview menampilkan data *latitude*, *longitude*, Konstanta K_p , K_i , K_d dan *set point* . Sedangkan pada Gambar 21 merupakan data jarak saat pelacakan pada range sudut 0° hingga 360°. Grafik tersebut berfungsi untuk menampilkan data jarak pada saat waktu pelacakan dilakukan.



Gambar 20. Grafik Respon Pengujian Antenna Tracker (Sumber : data primer, 2018)



Gambar 11. Grafik Respon Pengujian Jarak Antenna Tracker (Sumber : data primer, 2018)

PENUTUP

Simpulan

Prototipe *antenna tracker* berbasis GPS dengan kendali PID berhasil dibuat yang terdiri dari *transmitter* dan *receiver*. *Transmitter* sebagai sumber sinyal yang berfungsi untuk mengirimkan koordinat dari GPS, sedangkan *receiver* yaitu *antenna tracker* berfungsi untuk melacak *transmitter*.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat melacak titik koordinat yang dikirim oleh *transmitter* secara berkelanjutan dengan pengujian yang harus dilakukan di lapangan terbuka. Dengan mengimplementasikan kendali PID pada *antenna tracker* dengan nilai konstanta PID yang ditunjukkan pada persamaan 14 dan 15 dengan nilai $K_p = 6$, $K_i = 2$ dan $K_d = 0$ dapat memperbaiki respon gerakan *antenna tracker*. Respon dinamik menghasilkan nilai yang ditunjukkan pada tabel 3 yaitu dengan $Ess = 0$, Maksimal *overshoot*= 1,1% , $t_d = 0,2 s$, $t_r = 0,39 s$, dan $t_s = 0,61 s$.

Saran

Berdasarkan hasil pengujian, ada beberapa saran yang dapat dilakukan untuk mengembangkan sistem agar didapatkan hasil yang lebih maksimal yaitu menggunakan sensor GPS dengan spesifikasi yang lebih baik untuk

mendapatkan hasil yang lebih akurat dan presisi, menggunakan *Magnetic Compass* untuk menentukan sudut utara secara otomatis, menggunakan *microcontroller* dengan spesifikasi yang lebih bagus dari Arduino Mega atau Nano, menggunakan metode identifikasi *plant* lain untuk mendapatkan fungsi alih yang lebih baik, misalnya menggunakan metode berdasarkan respon *input* dan *output*, mengembangkan dengan metode kendali lain dengan respon yang lebih baik dari pada PID, mengembangkan penelitian pada posisi Elevasi sehingga antena dapat bergerak secara vertikal dan menggunakan Labview untuk mengendalikan sistem *Antenna tracker*.

DAFTAR PUSTAKA

- Adil, Omar. 2014. "Combining PID & Fuzzy Controllers for Antenna Azimuth Position Control". *Journal of Cihan University College of Engineering*. Vol. 21 (1): pp. 97-108.
- Balanis, Constantine A. 2005. *Antenna Theory*. Third Edition. United States of America: Wiley.
- Banna, Muhammad Hanif Al. 2017. *Pengembangan Antenna Tracker Berbasis Global Positioning System (GPS) Untuk Komunikasi Pesawat Tanpa Awak*. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Labview. 2013. *Indirect Identification (System Identification Toolkit)*, (Online). (http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/372458D-01/lvsysidconcepts/indirect_id/, diunduh 28 Februari 2018).
- Kraus, John D. 1988. *Antennas*. Second Edition. United States of America: McGraw-Hil.
- Nugraha, M.B., Sumiharto, R. 2015. "Penerapan Sistem Kendali PID pada Antena Pendeteksi Koordinat Posisi UAV". *Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation System*. Vol. 5 (2): pp. 178-179.
- Xuan, Liu. dkk. 2009. *Project, Antenna Azimuth Position Control Analysis and Control System and Controller Implementation*, (Online), (www.academia.edu/11404065/Antenna_Azimuth_Position_Control_System_Analysis_and_Controller_Implementation_Approvals, diunduh 10 Januari 2018).