

PEMBUATAN SISTEM PENGATURAN PUTARAN MOTOR DC MENGGUNAKAN KONTROL PROPORTIONAL-INTEGRAL-DERIVATIVE (PID) DENGAN MEMANFAATKAN SENSOR KMZ51

L Khakim, Sunarno, Sugiyanto

Jurusan Fisika, FMIPA UNNES, Indonesia

Gedung D7 lantai 2 Kampus Sekaran Semarang 50229

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima 30 Januari 2012

Disetujui 20 Februari 2012

Dipublikasikan Oktober 2012

Keywords:

PID Control

KMZ51

DC motor

PWM

Abstrak

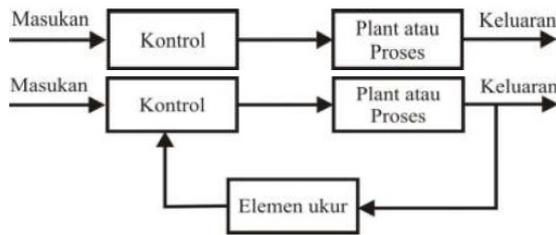
Penelitian ini adalah penelitian pengembangan desain rancang bangun sistem pengendalian otomatis yang digerakkan dengan dua motor DC sehingga mampu mempertahankan kelembaman pada arahnya. Sistem otomatis ini terdiri dari sensor KMZ51 sebagai komponen feedback dan dua motor DC sebagai komponen plant. Pengujian dari sistem otomatis dibagi menjadi tiga yaitu pengujian sensor KMZ51, pengujian PWM sebagai penggerak motor DC dan pengujian performansi kontrol PID. Hasil pengujian menunjukkan nilai ketelitian sensor 99.17%. Pada pengujian PWM diperoleh error pengukuran 1.07% dan pengujian performansi sistem didapatkan bahwa penerapan kontrol PID dapat mengatur putaran motor DC sehingga model sistem mampu mempertahankan arahnya pada set point yang telah ditentukan dengan nilai overshoot maximum kurang dari 10%, rise time 2 detik dan settling time kurang dari 5% yang diperoleh pada $K_p= 27$, $K_i= 6$, dan $K_d= 40$ menggunakan metode trial and error.

Abstract

This research is design of automatic control system which driven by two DC motors that can keep the inertia of direction. The system is composed of sensor KMZ51 as feedback component and two DC motors as plant component. Testing of the automated system divided into three, KMZ51 sensor testing, PWM testing as drive DC motors, and performance testing of PID control system. The results show that the sensor accuracy values 99.17%, on testing the PWM measurement error obtained 1.07%, and testing of performance system obtained that the application of PID control can adjust DC motors rotation so that the model system is able to maintain direction the set point specified with maximum overshoot less than 10%, rise time of 2 seconds and settling time less than 5% were obtained at $K_p= 27$, $K_i= 6$, and $K_d= 40$ using trial and error method

Pendahuluan

Sistem kontrol otomatis memiliki peran yang penting karena dapat menggantikan sebagian dari tugas atau pekerjaan manusia. Sistem kontrol atau sistem kendali adalah kumpulan dari beberapa komponen yang terhubung satu sama lainnya, sehingga membentuk suatu tujuan tertentu yaitu mengendalikan atau mengatur suatu sistem. Sistem kontrol dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu sistem kontrol loop terbuka dan sistem kontrol loop tertutup (Ogata 1997).



Gambar 1. Diagram skematik sistem lup terbuka dan tertutup.

Sistem kontrol otomatis dapat dibedakan beberapa jenis, antara lain adalah kontrol Proportional-Integral-Derivative (PID). Kontrol PID adalah kontrol yang memanfaatkan feedback dari keluaran yang mengandung sinyal kesalahan atau selisih dari nilai yang diharapkan, sehingga kontrol ini dapat dimanfaatkan untuk menentukan presisi dari sistem yang dikendalikan (Chin 2006). Kontrol ini memiliki persamaan matematis sebagai berikut.

$$m(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (1)$$

dengan:

Ki, Kp, dan Kd = Penguatan integral, proporsional dan turunan (derivatif)

e (t) = sinyal kesalahan (error)

m (t) = sinyal keluaran

Dengan aproksimasi

$$\int_0^t e(\tau) d\tau = T \sum_{n=0}^k e(n)$$

$$\frac{d}{dt} e(t) = \frac{e(k) - e(k-1)}{T} \quad t = kT$$

Persamaan (1) dapat di tulis menjadi bentuk algoritma PID yang ditulis p(2) Persamaan (2)

$$m(t) = K_p e(k) + K_i \sum_{n=0}^k e(n) + K_d [e(k) - e(k-1)]$$

k = bentuk diskrit pada waktu t

Dengan,

$$K_i = \frac{K_p T}{T_i} \quad K_d = \frac{K_p T_d}{T}$$

Pada Persamaan (1), terdapat tiga buah parameter kontrol yang ketiganya memanfaatkan nilai error fungsi dari waktu yaitu Kp (Proportional gain), Ki (Integral gain), dan Kd (Derivative gain). Ketiga parameter tersebut dapat dipakai bersamaan maupun sendiri-sendiri. Ketiga kontrol ini memiliki efek yang berbeda-beda (Kwok & Li 2000).

Salah satu cara untuk meningkatkan performa sistem adalah penerapan kontrol PID. Kontrol PID memanfaatkan feedback dari keluaran yang mengandung sinyal kesalahan atau selisih dari nilai yang diharapkan, sehingga dapat digunakan untuk menentukan presisi dari sistem yang dikendalikan. Dalam perancangannya, kontrol PID membutuhkan komponen feedback yang dapat mendeteksi sinyal kesalahan. Komponen ini sering diisi oleh peran sensor.

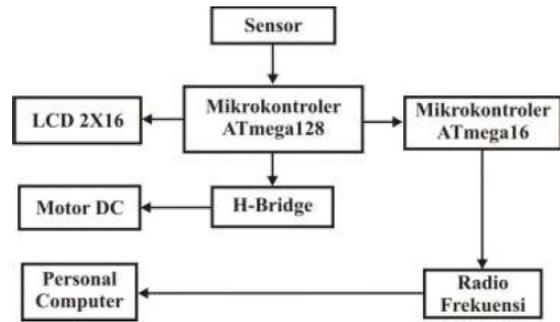
Sensor KMZ51 adalah sensor yang memiliki fungsi seperti kompas analog yang dapat menunjukkan arah mata angin dalam bentuk derajat. Salah satu peran kompas sebagai penunjuk arah dalam sistem kontrol digunakan untuk mengendalikan putaran motor DC sehingga sistem yang digerakkan dapat mempertahankan arahnya. Namun banyak pergerakan motor sebagai plant masih menggunakan sistem kontrol manual. Hal ini tidak efektif jika sistem yang digerakkan dikenai gangguan eksternal. Oleh karenanya dibuat sistem otomatis sederhana menggunakan kontrol PID dengan memanfaatkan sensor KMZ51 yang dapat mengatur putaran motor DC, sehingga sistem yang digerakkan mampu mempertahankan kelembaman arahnya.

Metode

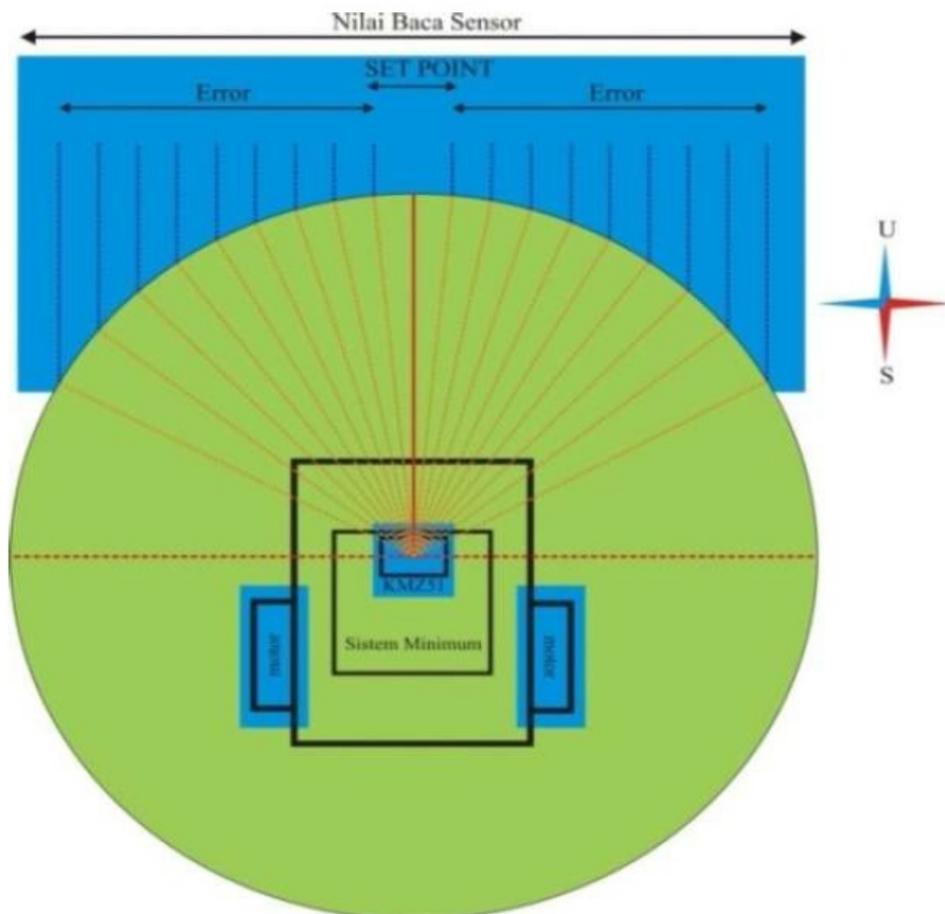
Secara umum penelitian ini dapat digambarkan dalam diagram blok sistem kontrol otomatis berikut (Gambar 2).

Sebagai pengolah sinyal error dari deteksi blok sensor, mikrokontroler AT mega 128 menerapkan kontrol PID digital guna mengatur puataan dua buah motor DC sehingga sistem.

Pada dasarnya prinsip kerja sistem adalah memutar dua buah motor DC, dengan peletakan motor seperti model sistem pada Gambar 3.



Gambar 2. Diagram blok sistem otomatis.



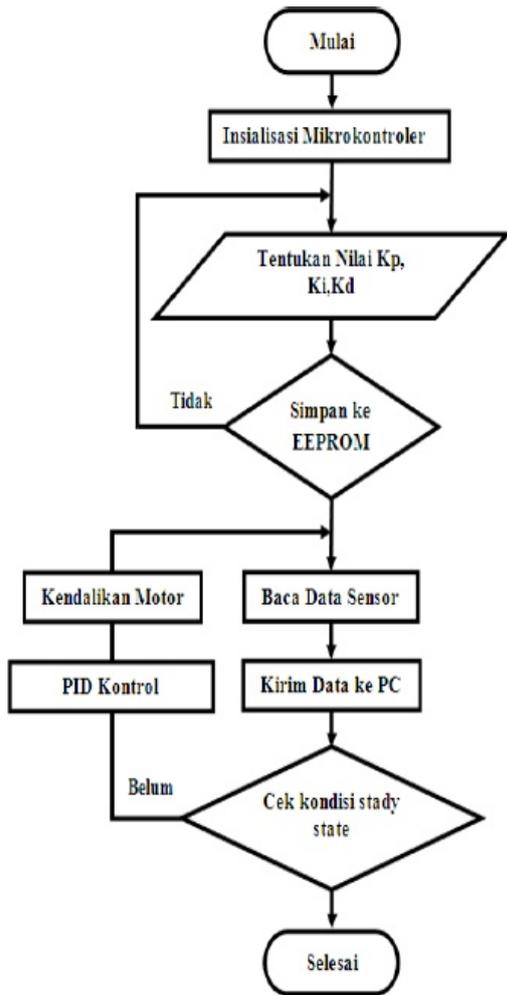
Gambar 3. Model sistem sebagai penguji kontrol PID

Diagram alur dari sistem kontrol PID secara umum yang diterapkan pada model sistem ditunjukkan pada Gambar 4.

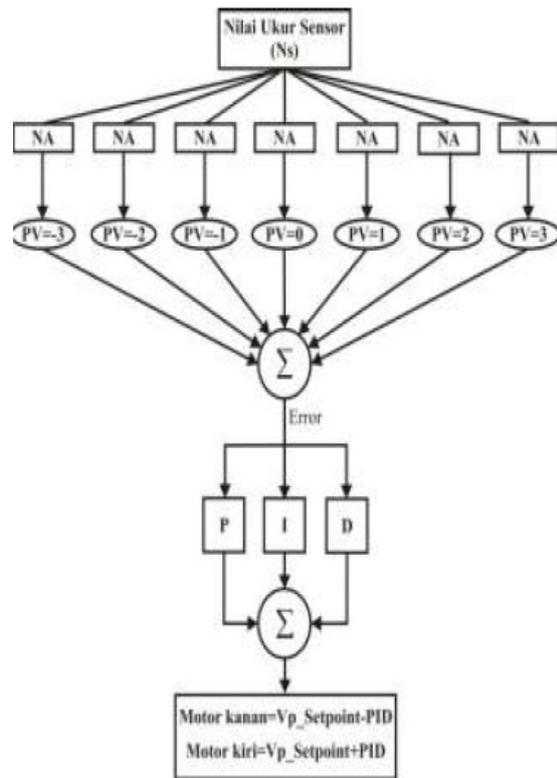
Kondisi steady state yaitu kondisi dimana sistem tidak berubah dengan berjalannya waktu, didapat dari grafik respon transien yang diamati saat sistem dikenai gangguan. Kondisi tersebut terpenuhi saat kurva respon menetap dalam daerah di sekitar harga akhir. Gambar 5

menunjukkan prinsip kerja blok pembacaan data sensor.

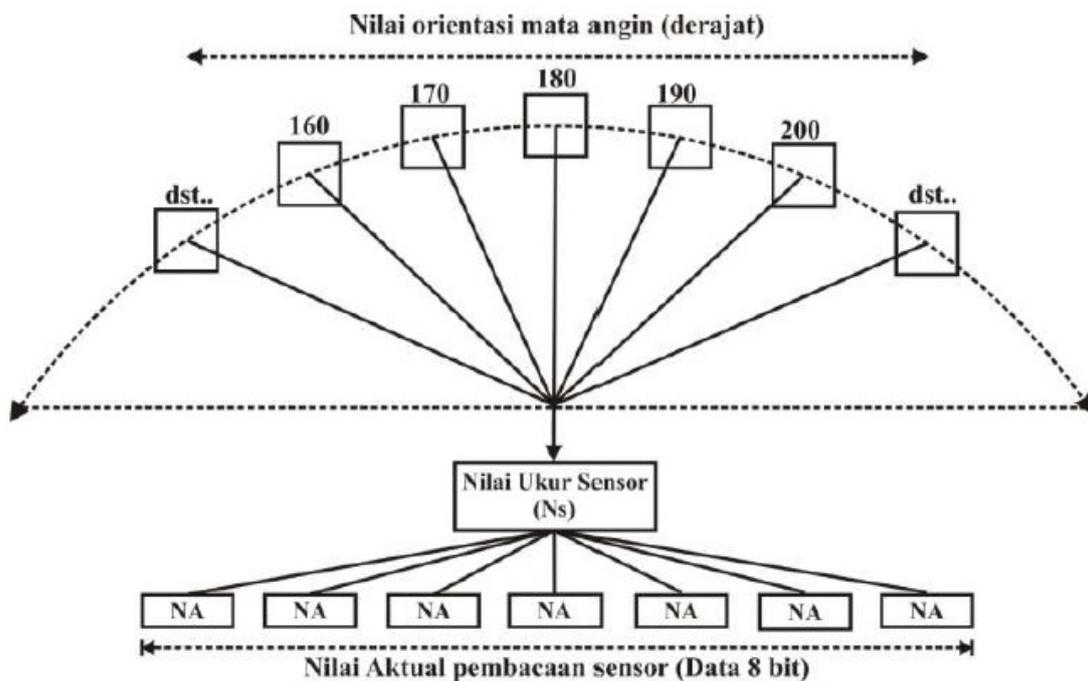
Sensor KMZ51 dalam modul CMPS03 mengkonversi orientasi arah mata angin dalam bentuk data digital 8 bit (Stork 2000). Data digital tersebut dimanfaatkan sebagai sinyal masukan PID. Gambar 6 berikut adalah penerapan kontrol PID yang memanfaatkan sensor KMZ51 untuk mengatur pergerakan dua buah motor DC.



Gambar 4. Diagram alur sistem kontrol PID



Gambar 6. Penerapan kontrol PID pada sensor KMZ51

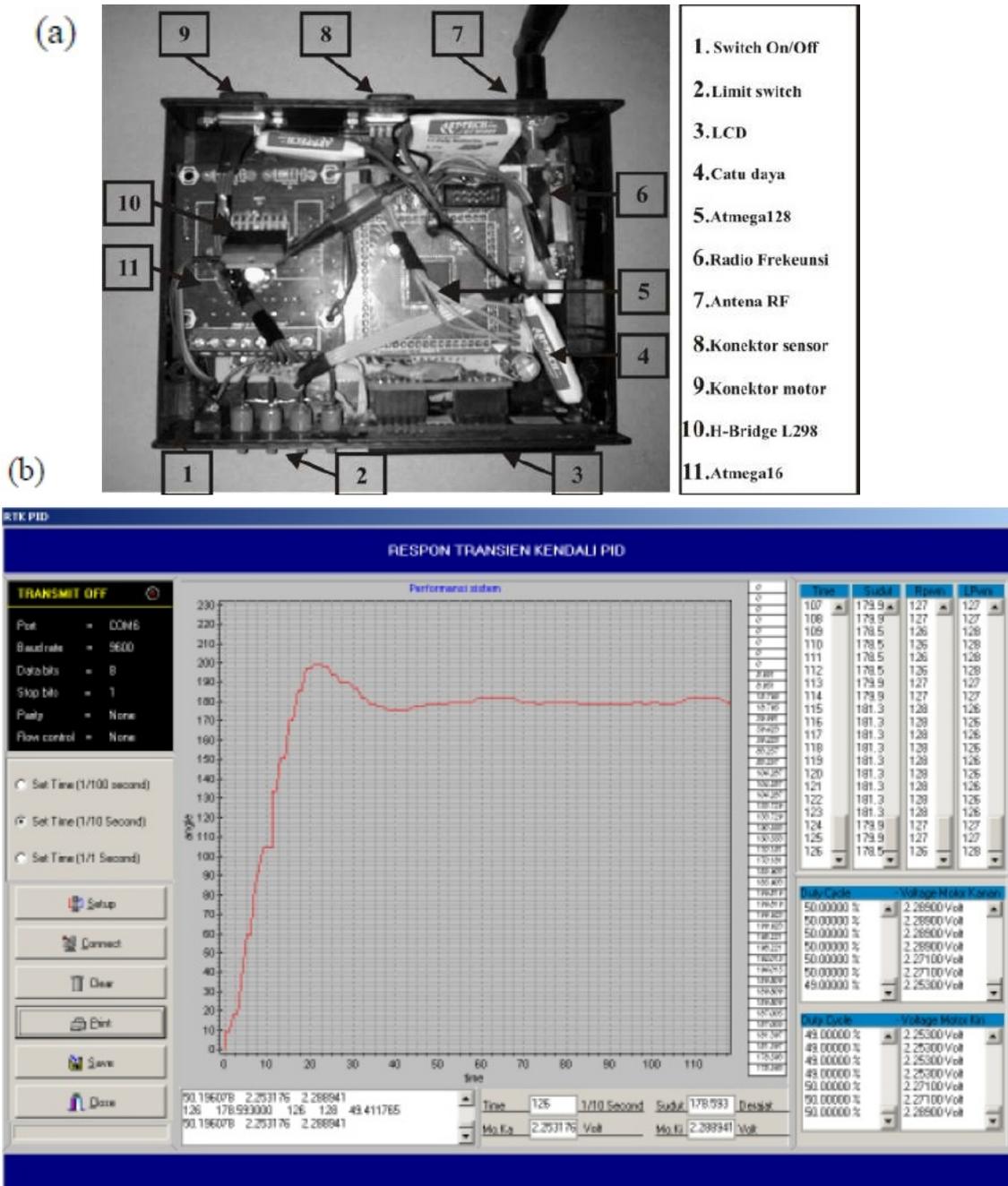


Gambar 5. Konversi arah mata angin dalam bentuk data 8 bit

Hasil dan pembahasan

Perangkat yang dihasilkan dari penelitian ini berbentuk modul pengatur putaran motor DC yang pembuatannya menggunakan bantuan software express PCB. Selain modul, pembuatan

antar muka yang digunakan untuk mengamati grafik performansi sistem dibuat menggunakan software Delphi 7. Bentuk tampilan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. (a) Modul pengatur putaran motor DC (b) Tampilan antarmuka

Spesifikasi modul:

Sensor: Sensor KMZ51 dalam modul CMPS03

Mikrokontroler: Berbasis mikrokontroler

ATMega

Osilator: X-Tall 16 MHz

Catu daya: 11.1 Volts

Komunikasi serial: Menggunakan Radio

frequency YS1020B frekuensi 433.0325 MHz

Dimensi: Modul (16x13x4.5)cm. Sensor

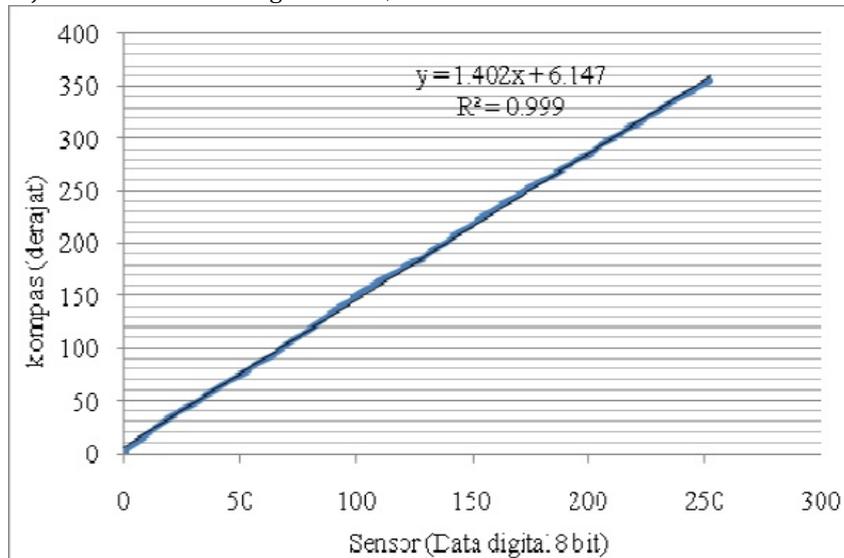
(75x50x25)mm. RF (90x65x35)mm

Ketelitian Sensor: 99.17%

Pengujian Sensor KMZ51

Kalibrasi sensor KMZ51 yang digunakan untuk mengkonversi besaran orientasi arah mata angin menjadi besaran data digital 8 bit,

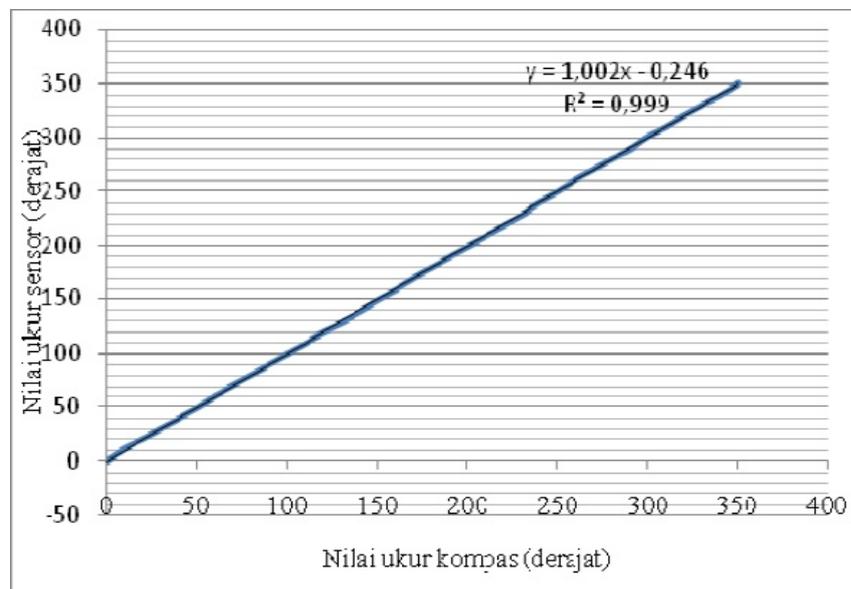
sehingga didapatkan persamaan kalibrasi. Gambar 8 berikut adalah grafik konversi sensor.



Gambar 8. Grafik hubungan antara data digital 8 bit sensor dengan kompas

Pada Gambar 8 didapatkan faktor kalibrasi sebesar. Setelah proses kalibrasi, dilakukan pengujian sensor. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan langsung

pembacaan sensor yang telah terkalibrasi dengan pembacaan kompas analog. Hasil pengujian sensor dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Hubungan antara nilai ukur kompas dengan nilai ukur sensor

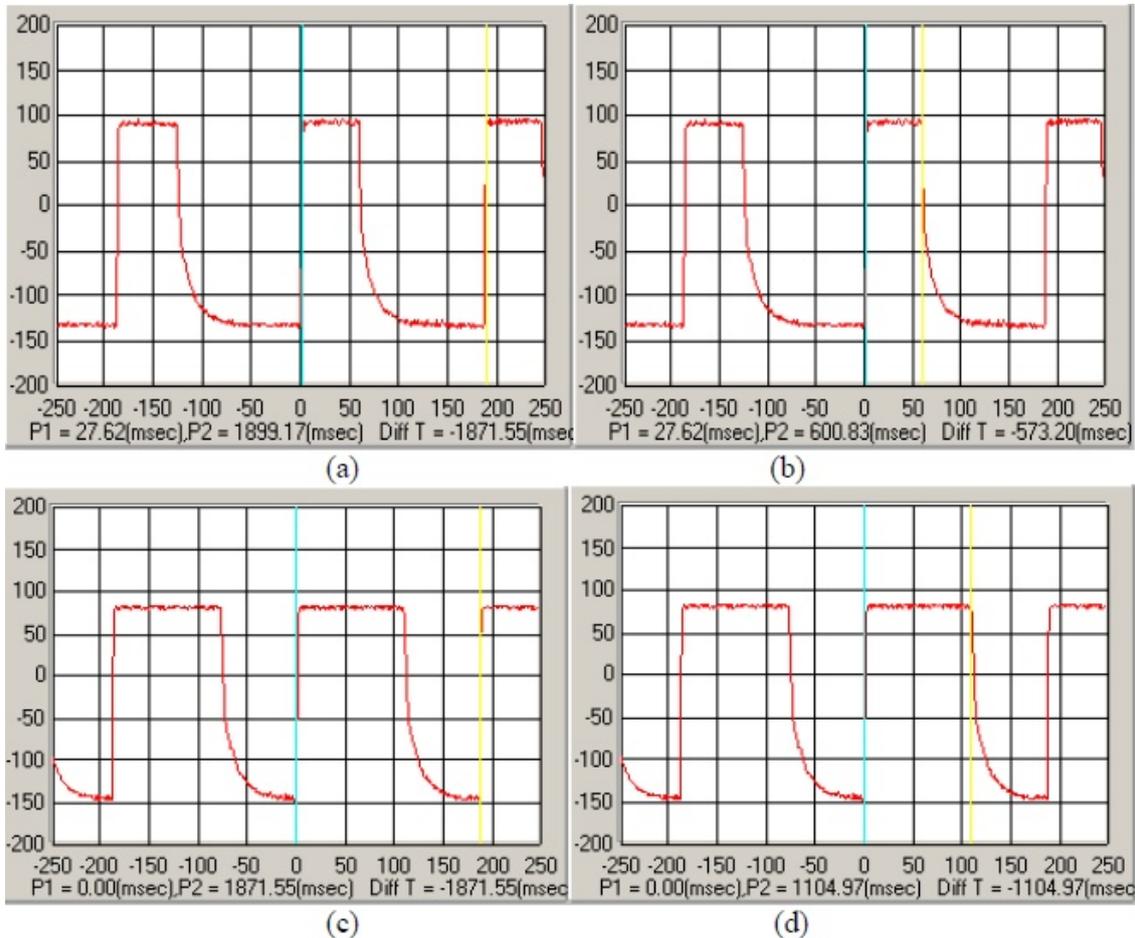
Setelah dilakukan analisis dari hasil pengujian menggunakan analisis regresi linier, didapatkan nilai rata-rata error pengukuran sebesar 0.9% dengan tingkat ketelitian sebesar 99.17%. Dengan nilai ketelitian tersebut, sensor ini dapat mengkonversi orientasi arah mata

angin yang dapat menggantikan peran dari kompas analog dalam komponen sistem kontrol. Oleh karena ketelitian konversi maka sensor ini dapat bekerja dengan baik sebagai komponen feedback dalam sistem kontrol loop tertutup.

Pengujian Tegangan Output PWM

Pengujian tegangan output PWM (Pulse Width Modulation) yang dibangkitkan dengan program memanfaatkan fasilitas timer counter pada AT mega 128, dilakukan dengan cara mengukur keluaran PWM menggunakan osiloskop. Nilai tegangan keluaran PWM

diperoleh dari komponen DC yang besarnya ditentukan oleh pembagian nilai duty cycle dengan periodanya (Alter 1998). Hasil pengukuran menggunakan osiloskop dibandingkan dengan perhitungan menggunakan teori.



Gambar 10. (a) Periode satu gelombang T dengan duty cycle 30.63%; (b) Lebar sinyal t saat amplitudo maksimum dengan duty cycle 30.63%; (c) Periode satu gelombang T dengan duty cycle 59.04 %; (d) Lebar sinyal t saat amplitudo maksimum dengan duty cycle 59.04 %

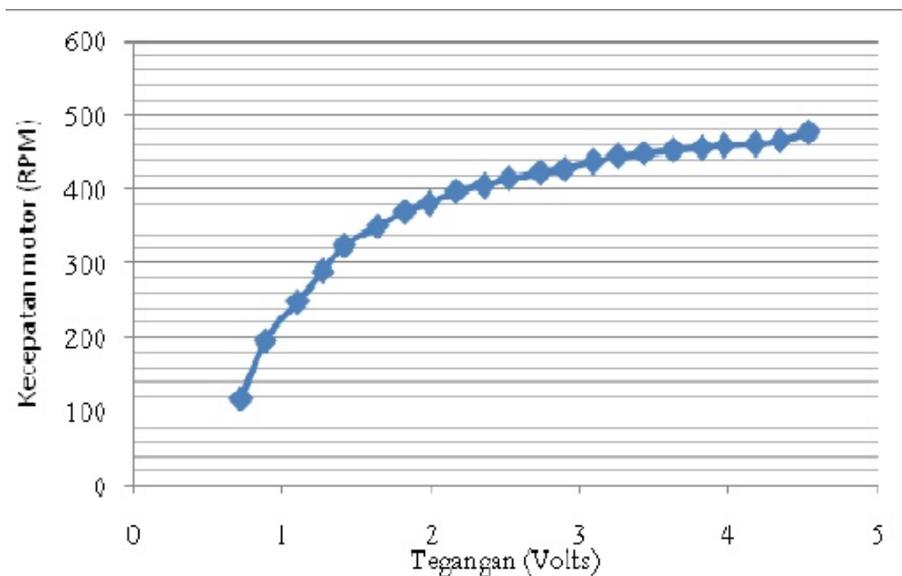
Tabel 1. Hasil perbandingan antara nilai tegangan alat dan tegangan teori yang dibangkitkan dengan metode PWM

TL (Volts)	TH (Volts)	VP	A (Volts)	DTT (%)	TT (Volts)	T (msec)	T (msec)	DT0 (%)	T0 (Volts)	$\frac{ TT-T0 }{T0} \times 100$ %
0.00042	4.62	60	4.61958	23.53	1.087	1871.55	444.75	23.76	1.098	1.09
0.00042	4.62	80	4.61958	31.37	1.449	1871.55	573.2	30.63	1.415	3.42
0.00042	4.62	130	4.61958	50.98	2.355	1871.55	953.04	50.92	2.353	0.24
0.00042	4.62	190	4.61958	74.51	3.442	1871.55	1388.12	74.17	3.427	1.54
0.00042	4.62	220	4.61958	86.27	3.985	1871.55	1609.12	85.98	3.972	1.31
Rata-rata error pengukuran										1.07

TL = Tegangan Low Mikrokontroler *TH = Tegangan High Mikrokontroler*
A = Amplitudo maksimum *VP = Variabel Pemotong timer counter*
DTT = Duty cycle Teori *TT = Tegangan Output Teori*
T = Periode satu gelombang *t = Periode gel saat amplitudo maks*
DT0 = Duty cycle alat diukur dengan Osiloskop
T0 = Tegangan Output alat diukur dengan Osiloskop

Hasil pengujian PWM didapatkan bahwa baik secara pengukuran maupun teori, keduanya menunjukkan bahwa dengan perioda gelombang yang sama, semakin besar periode sinyal high saat amplitudo maksimum maka tegangan keluaran yang dibangkitkan akan semakin besar. Dari pengujian ini didapatkan nilai rata-rata error pengukuran tegangan alat

sebesar 1.07%. Pengujian tegangan output PWM sebagai sinyal penggerak motor DC juga dilakukan untuk mengetahui hubungan tegangan keluaran PWM dengan kecepatan motor DC. Pengujian ini dilakukan dengan alat ukur Stroboscope. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 11.



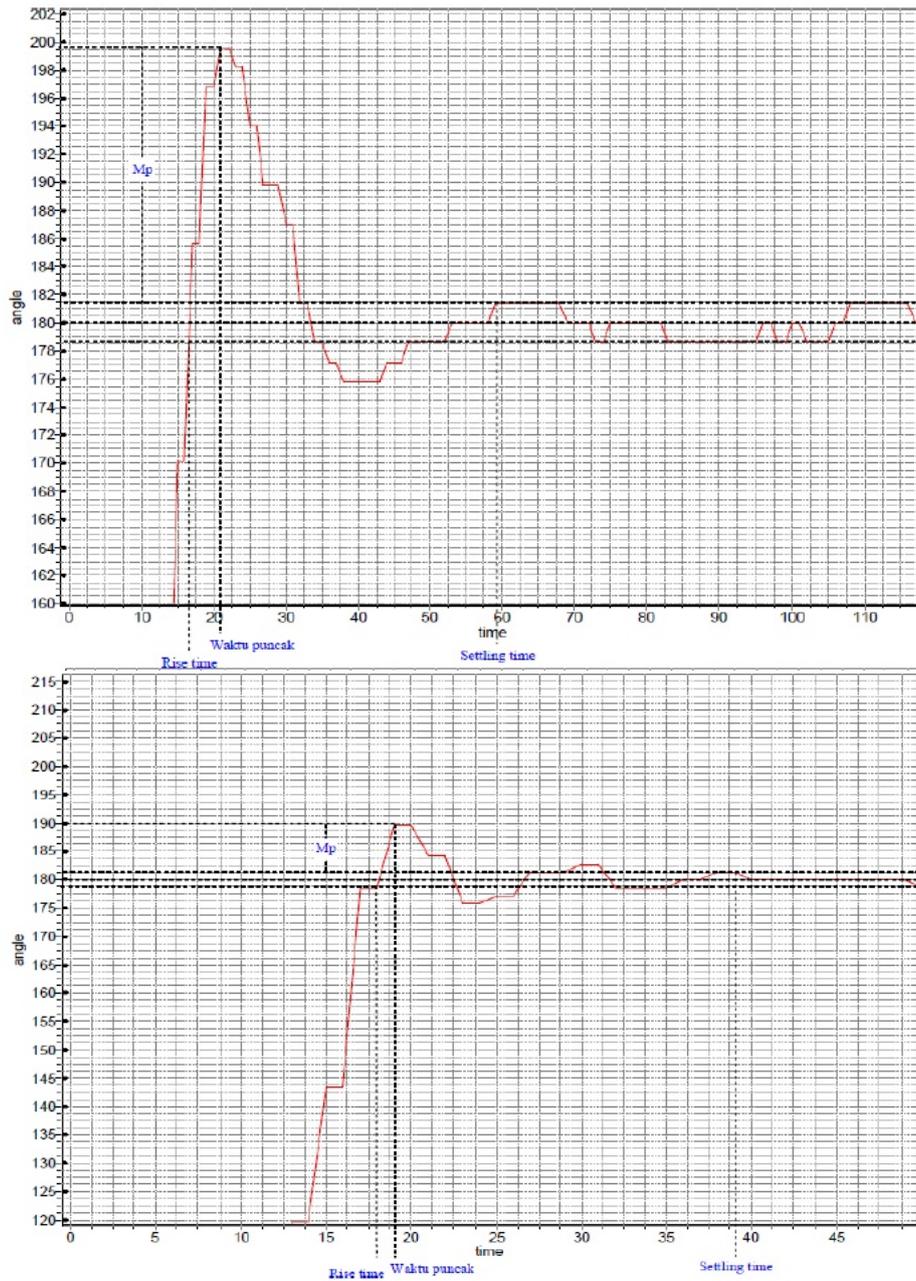
Gambar 11. Hubungan antara tegangan PWM dengan kecepatan motor DC

Dari hasil pengujian kecepatan motor didapatkan bahwa semakin besar tegangan PWM yang dihasilkan akan semakin besar kecepatan motor yang digerakkan.

Pengujian Performansi sistem kontrol PID

Pengujian ini dilakukan dengan mengamati respon sistem mulai saat terjadinya gangguan (berupa simpangan terhadap setpoint yang ditentukan pada arah orientasi mata angin

180 derajat) sampai respon menuju keadaan steady state. Respon keluaran sistem fisis dapat diimplementasikan dalam sistem kontrol dan monitoring menggunakan komunikasi wireless (Baruah 2010). Hal ini pula yang dilakukan dalam penelitian ini dan berhasil diwujudkan untuk mengetahui performansi sistem yang telah dibuat. Hasil grafik respon dapat dilihat pada Gambar 12. Dengan menggunakan metode trial and error hasil performansi sistem dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 12. Respon tansient kontrol PID (a) $K_p=12$, $K_i=7$, $K_d=9$; (b) $K_p=27$, $K_i=6$, $K_d=40$

Tabel 2. Performansi sistem kontrol PID

K_p	K_i	K_d	Max Overshoot (%)	Rise Time (1/10)s	Settling Time (1/10)s
10	8	15	22.56	16.25	83.75
12	8	2	25.69	22.5	96.87
12	7	9	10.9	16.87	59.37
27	6	40	5.56	18.12	39.06

Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat mempertahankan arah pada setpoint yang telah ditentukan (orientasi arah mata angin 180 derajat) saat dikenai gangguan dengan kriteria desain berupa nilai-nilai parameter performansi sistem yaitu maximum overshoot kurang dari 10%, rise time 2 detik dan setting time kurang dari 5 detik terjadi pada nilai konstanta $K_p= 27$, $K_i= 6$ dan $K_d= 40$ yang ditentukan dengan metode trial and error.

Penutup

Telah dibuat sistem kendali PID pada sistem loop tertutup, terdiri dari komponen feedback yang diisi oleh peranan sensor KMZ51 dan komponen plant diisi dengan motor DC yang digerakkan dengan tegangan output PWM, sehingga sistem yang dikendalikan dapat mempertahankan kelembaman arahnya. Dari pengujian yang telah dilakukan pada sensor didapatkan ketelitian pendeteksian sebesar 99.17% dengan nilai error sebesar 0.9%. Pengujian tegangan output PWM didapatkan nilai rata-rata error pengukuran tegangan alat sebesar 1.07%. Sistem otomatis dapat menunjukkan performansi kontrol PID yang

didapatkan dari grafik respon transien. Dari metode trial and error dengan nilai $K_p= 27$, $K_i= 6$ dan $K_d= 40$ diperoleh nilai overshoot maximum kurang dari 10%, rise time 2 detik dan setting time kurang dari 5 s.

Daftar Pustaka

- Alter DM. 1998. Using PWM Output as a Digital-to-Analog Converter on a TMS320C240 DSP. USA: Texas Instruments Incorporated.
- Baruah SA. 2010. Review of designing and implementing an embedded system using client server and web technology for monitoring and controlling of physical parameters. *Int. J Infonomics*. 3(1): 5-15.
- Chin HH. 2006. All Digital design and Implementaion of Proportional-Integral-Derivative (PID) Controller. Theses. Lexington: University of Kentucky.
- Kwok KE, Chong MP & Ping L. 2000. A model-based augmented PID algorithm. *J Process Control*. 10: 9-18.
- Ogata K. 1997. Teknik kontrol otomatis, Edisi 2 Jilid 1/2, Jakarta: Erlangga .
- Stork T. 2000. Electronic Compass Design using KMZ51 and KMZ52. System Laboratory Hamburg: Philips Semiconductors.