

## **PENGENDALIAN POSISI PINTU AIR MENGGUNAKAN TMS320C31 DENGAN PROGRAM MATLAB**

**Hari H.Santosa\***

### **ABSTRAK**

**PENGENDALIAN POSISI PINTU AIR MENGGUNAKAN TMS320C31 DENGAN PROGRAM MATLAB.** Bendung Kelambu yang terletak di kabupaten Grobogan sebagai pelimpas pengendali Bendungan Kedung Ombo yang berfungsi sebagai pengendalian dan cadangan sumber air pada saat air berlimpah dan pada saat musim kering. Pengendalian posisi pintu dan kecepatan gerak pintu yang digerakkan oleh motor listrik dilakukan secara real time dan tingkat ketelitian yang cukup. Posisi pintu air untuk distribusi air dan penyelamatan banjir bandang dilakukan secara *real time* dengan menggunakan kit pemroses sinyal digital TMS320C31 dari Texas instrument, fungsi matlab digunakan sebagai pemroses data hydrology dan set point pengendalian PID yang direncanakan dan karakteristik pengendalian yang diperlukan dihitung dengan bantuan matlab. Pengendalian PID yang diprogram dengan Matlab dijadikan source program dari TMS320C31 sebagai pelaksana pengendalian real time.

**Kata-kata kunci :** pengendali PID, sinyal processing, Texas instrument, Matlab, Pintu air

### **ABSTRACT**

**POSITIONING OF DAM GATE CONTROLLER WITH TMS320C31 USING MATLAB SOFTWARE.** Kelambu Dam at the kabupaten Grobongan as overflow controller of the Kedung ombo Dam, the function of kelambu Dam are water safety controller in wet season when the water so many and the safe water in the dry season. Gate position and speed real time controller is generated by electric motor using digital signal processing kit TMS320C31 from Texas Instrument. Matlab function be used process of hydrology data and set point PID controller with desired a controller characteristic. Assembles the PID assembly language program be loaded and run the resulting executable file on the digital signal processing kit TMS320C31 to acheive real time control of the water gate.

**Keywords:** PID controller, sinyal Processing, Texas Instrument, Matlab, Gate controller

### **PENDAHULUAN**

Bendung Kelambu terletak di Kabupaten Grobogan Jawa Tengah, bendung ini berfungsi sebagai pelimpas dari bendungan Kedung Ombo. Fungsi utama dari bendung ini adalah mengendalikan banjir di Kabupaten Grobogan dan mengatur irigasi untuk pertanian pada musim kering[1]. Pengaturan irigasi dan pengendalian

---

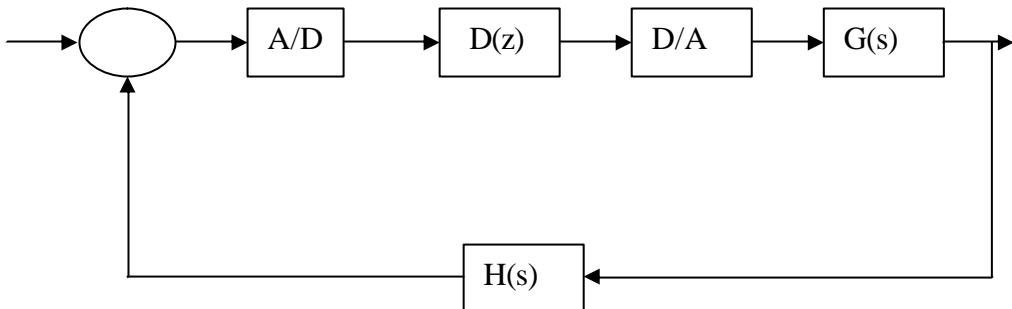
\* Puslit KIM LIPI, harihadi@kim.lipi.go.id

banjir menggunakan pintu air yang berada di spillway dan pintu air irigasi yang berada pada sayap mercu bendungan. Pengaturan dan Pergerakan pintu air tersebut dilakukan dengan mengendalikan servo motor sebagai mesin penggerak pembukaan dan penutupan pintu air tersebut.

Penggunaan prosesor sinyal digital untuk mengendalikan posisi dan kecepatan servo motor sebagai penggerak pintu air bendungan yang memerlukan kecepatan respon yang tinggi dengan beban pintu yang sangat berat ditambah dengan tekanan hydrolic akibat adanya tekanan air bendungan. Paper ini menjelaskan pengendalian real time yang menggunakan satu chip digital processing kit dari Texas instrument TMS320C31 yang dilengkapi dengan analog interface circuit, A/D dan D/A converter serta filter non aliasing input output. Pengendalian PID dirancang untuk digabung dengan TMS320C31 dengan tujuan meningkatkan efisiensi pengendalian. Fungsi fungsi Matlab digunakan untuk pengolahan data hydrology dan perhitungan pengendalian PID serta mem plot waktu respon dari sistim pengendalian. Pengendalian PID yang dirancang untuk mengendalikan posisi pintu dan kecepatan servo motor dibuat dengan menggunakan program Matlab, dalam hal ini perhitungan fungsi transfer dan transformasi Z diselesaikan dengan fasilitas program Matlab yang ada. Hasil dari penelitian dan percobaan dapat diperhatikan pada bab IV dari makalah ini.

## PERENCANAAN PENGENDALIAN DIGITAL.

Blok diagram dari pengendalian PID yang dirancang seperti pada gambar 2 berikut ;



Gambar 1. Blok diagram dari pengendali posisi dan kecepatan motor penggerak.

Keterangan Gambar : 1. A/D analog to digital konverter

2. D(z) Digital Kontroler

3. D/A Digital to Analog konverter

4. G(z) Transfer function pintu air

5. H(s) Feedback utk transfer function.

Dari gambar 2 I(t) adalah input atau setpoint, O(t) adalah output, D(z) adalah digital kontroler, G(s) adalah transfer function dari pintu air, H(s) adalah feed back dari transfer function berupa tachometer dengan sensor optic untuk kecepatan motor dan potensiometer untuk posisi pintu air.

Persamaan pengendali PID[2] dalam fungsi z seperti terlihat dalam persamaan (1): berikut :

$$D(z) = K_p + K_I \frac{T(z+1)}{2(z-1)} + K_D \frac{z-1}{Tz} \quad (1)$$

dengan

$$a_0 = K_p + \frac{K_I T}{2} + \frac{K_D}{T}$$

$$a_1 = -K_p + \frac{K_I T}{2} - \frac{2K_D}{T}$$

$$a_2 = \frac{K_D}{T}$$

maka:

$$D(z) = \frac{a_0 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}}{1 - z^{-1}} \quad (2)$$

di mana  $K_p, K_I, K_D$  adalah parameter pengendalian proporsional , integral dan derivative dan T adalah periode sampling proses, untuk memudahkan pemrograman digunakan transformasi z sedemikian hingga persamaan 2 menjadi sebagai berikut:

$$D(z) = D(z) \frac{M_o(z)}{M_i(z)} = \frac{Y(z)}{X(z)} \quad (3)$$

di mana X(z) dan Y(z) adalah input dan output dari sistim pengendali dalam fungsi (z)

$$Y(z) = (a_0 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2})M(z)$$

dan (4)

$$X(z) = (1 - z^{-1})M(z)$$

apabila digunakan inverse transformasi z diperoleh persamaan berikut

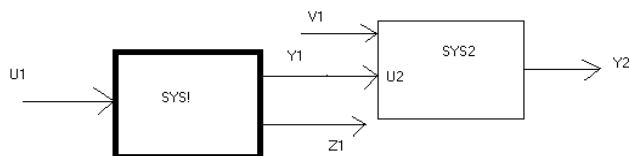
$$y(k) = a_0 m(k) + a_1 m(k-1) + a_2 m(k-2)$$

dan

$$m(k) = x(k) + m(k-1)$$
(5)

## PENGENDALIAN PID DALAM MATLAB PROGRAM

Program matlab sangat membantu sekali dalam penelitian ini karena fasilitas dalam paket program ini cukup lengkap dan perhitungan matematik yang cukup kompleks untuk pengendalian PID dapat diselesaikan dengan cepat. Untuk mengendalikan motor penggerak dengan pengendali PID. Sebelumnya parameter pengendali PID dan transfer function dari motor dihitung lebih dahulu dan menjadi data masukkan untuk program matlab yang dibuat. Parameter pengendali PID dihitung seperti biasa dengan menggunakan persamaan persamaan umum yang digunakan untuk menghitung PID, program matlab yang dibuat dalam makalah ini berbentuk program transformasi z yang menghitung transfer function dan response step dari sistim close loop yang dibangun[3]. Perubah perubah yang digunakan dalam program matlab yang dibuat dalam gambar 2 adalah sebagai berikut ; perubah transfer fungtion untuk motor adalah “tranmo,tranme”, perubah transfer fungtion untuk sensor sensor adalah “trans,transo”, sedangkan perubah transfer fungtion untuk pengendali PID “transp,transpi”, sedangkan T adalah periode sampling yang digunakan sebagai pengambilan waktu proses pengendalian. Penggunaan fungsi file “c2dm” transformasi z berfungsi sebagai pengubah serial waktu *continyu state space* (kontinyu ruang keadaan)menjadi waktu *discrete* menggunakan metode *file function* “zoh” *zero order hold* [2] sebagai input pengendalian. Interkoneksi antar hardware digunakan file series[6] yang digambarkan sebagai berikut ;



Gambar 2. Program interkoneksi dari file matlab “series”

- Keterangan Gambar 2 :
1. SYS1 adalah PID transfer function
  2. SYS2 adalah motor transfer function
  3. u1 umpan untuk SYS1, u2 umpan utk SYS2

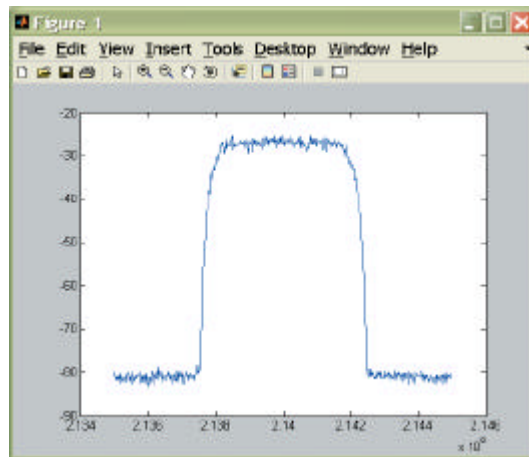
File program multiplies series untuk interkoneksi antara pengendalian PID transfer fungtion dengan motor transfer fungtion, di mana PID transfer fungtion adalah

SYS1 dan motor transfer function adalah SYS2, menghitung feedback transfer function dari sistim loop tertutup. Sebagai input fungsi step berubah dari file numerik “nums,dens” ditambahkan amplitudo 2.5 agar supaya fungsi stepnya menjadi stabil. Secara aktual dalam implementasi pengendali PID dengan program matlab Digital sinyal processor kit melalui program bahasa assembly. Program assembly dapat diperhatikan pada lampiran berikut.

Insialisasi dan pendefinisian alamat start untuk teks dan data routine komunikasi dari digital sinyal processor AICCOM31.ASM termasuk didalamnya input ke alamat tujuan atau output dari alamat asal melauai routine I/O kit.

Data input dari I/O digital sinyal processor selanjutnya diproses dengan persamaan 5, salah satu keistimewaan kit ini secara paralel memproses perkalian, penjumlahan dan pengurangan dan ini sesuai untuk menghitung persamaan diffrensial dari persamaan 5

Hasil perhitungan untuk pengendalian posisi motor dapat dilihat seperti pada gambar 3 berikut, umpan 2,5 volt sebagai inputan untuk SYS2 un tuk menggerakkan motor controller diperoleh display:



Gambar 3 : Respon pergerakan motor menggerakkan pintu pada posisi 90<sup>o</sup> dan 180<sup>o</sup>

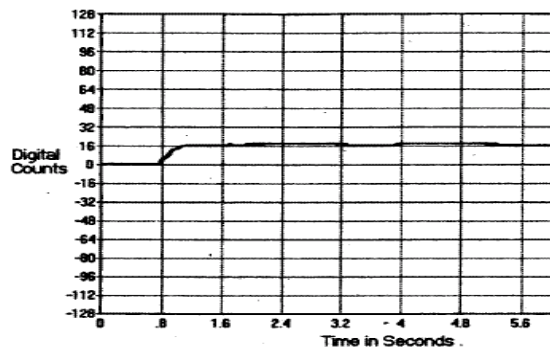
## HASIL PERCOBAAN.

Motor penggerak dikendalikan dengan *gate control system* ( sistim pengendali pintu ) dibuat oleh General Electric yang dilengkapi dengan power amplifier, gear box, tachometer dengan sensor optic sebagai sensor kecepatan motor dan potensio meter sebagai sensor posisi pintu Posisi pintu dan kecepatan pintu data akuisisinya dimonitor dan dikendalikan dari desktop PC.

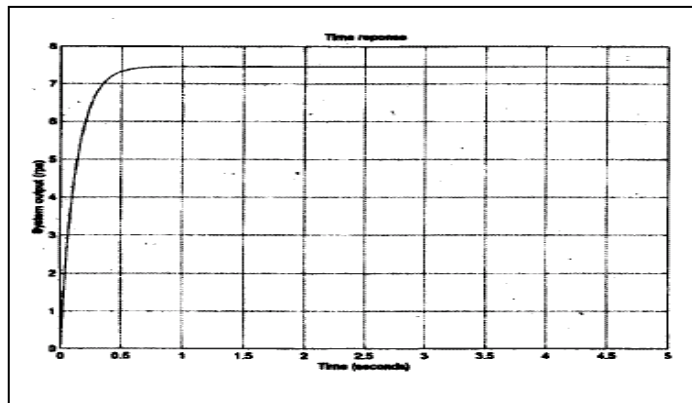
Pengendalian kecepatan motor penggerak diumpun dengan sinyal input 2,5 volt ini setara dengan output kecepatan motor 800 rpm dan ratio dari tachometer dengan gear box nya adalah 0,18. Untuk percobaan digunakan sistim open loop dengan transfer function penggerak motor adalah :

$$G_s(s) = \frac{22}{s + 4} \quad (6)$$

Sebagai perbandingan study untuk mengetahui hasil percobaan dilakukan 2 metode pengoperasian motor penggerak, yang pertama motor dioperasikan tanpa perangkat pengendalian digital PID ( D(z) dianggap 1 ) dan yang kedua motor dioperasikan dengan perangkat pengendalian PID. Hasil dari percobaan ini dapat diperhatikan pada gambar 4 dan gambar 5. Gambar 5 menunjukkan respon kecepatan dengan kesalahan yang sangat besar dibandingkan hasil perhitungan teori pada gambar 6 berikut.



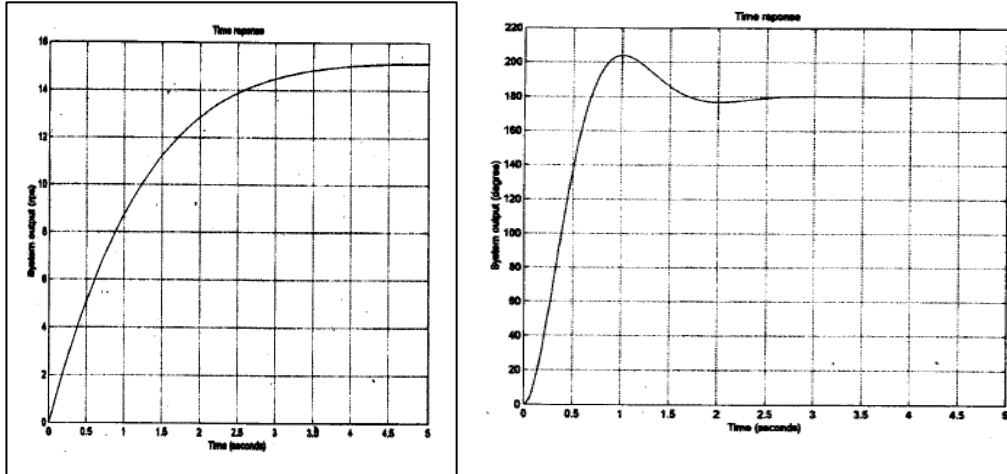
Gambar 4. Kecepatan motor yang tidak dikendalikan dengan pengendali PID



Gambar 5. Berdasarkan Teori dan perhitungan menggunakan Matlab

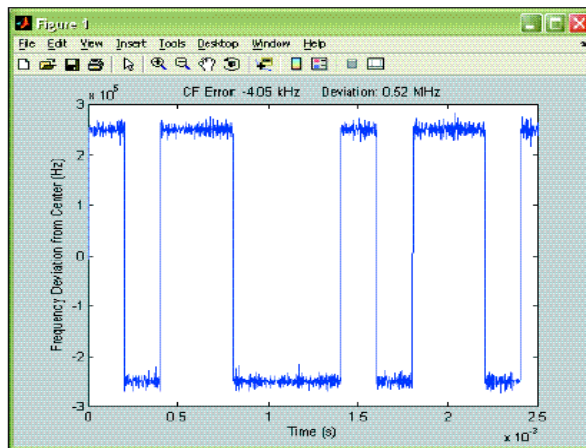
Gambar 4 adalah gambar respon motor yang bergerak dengan umpan sebesar 2,5 Volt yang diharapkan diperoleh putaran motor seharga 800 rpm, dan dalam

keadaan stabil, dari gambar 4 putaran motor hanya diperoleh 160 rpm pada waktu 0,8 detik, sedangkan dengan pengendalian PID performan responnya diperbaiki dalam waktu 0,4 detik dengan putaran motor mendekati 800 rpm dalam gambar 5, hal ini sesuai dg. perhitungan yang ada.



Gambar 5. simulasi posisi tanpa pengendalian PID

Parameter PID kontroler yang digunakan jika  $T = 0,00001$ ,  $K_p = 1$ ,  $K_i = 0,8$  dan  $K_d = 0$  dari persamaan 1 dapat diketahui  $a_0 = 1.00004$ ,  $a_1 = -0,99996$  dan  $a_2 = 0$  keadaan ini menghasilkan keadaan steady state untuk kecepatan motor pada 800 rpm seperti pada gambar 5.



Gambar 6. Pengulangan beberapa kali posisi pintu dalam simulasi.

## **KESIMPULAN**

1. Dari hasil percobaan penggunaan pemroses sinyal TMS320C31 menunjukkan hasil yang diperoleh dalam gambar 3, pengendalian posisi motor mempunyai respon yang sangat pendek 2,5 detik untuk mencapai posisi set point.
2. Dengan menggunakan pengendalian PID series dari matlab diperoleh respon kecepatan dari motor penggerak pintu lebih baik dibandingkan tanpa pengendalian.
3. Pada gambar 6 display pergerakan posisi motor yang dilakukan berulang ulang untuk mengetahui keandalan perangkat lunak yang dibuat.
4. Dari hasil percobaan simulasi pemroses sinyal digital dapat digunakan untuk mengendalikan pintu bendung dengan percobaan pada electric motor buatan general electric yang dilengkapi dengan perangkat interface pengendaliannya

## **DAFTAR PUSTAKA**

1. DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM, Dir Jen Pengairan, Pengoperasian dan Pelaksanaan Pintu Pemasukkan, Pintu Pengatur Bendungan 1996.
2. TOTOK R BIYANTO, Processing sinyal Digital Menggunakan program Matlab, Teknik Fisika ITS 2003.
3. R.CHASSAING, Digital Signal Processing, Lab Signal Processing Willey, 1999.
4. TEXAS INSTRUMENT, TMS320C31 Manual & technical data sheet, 1997.
5. DIRJEN SDA, Proyek pengembangan sumber daya air Serayu Bogowonto, Motor Controller GE-NOEL GmbH, 1996.
6. DATUK H. ISAAK, Digital Signal Gate Controller, Data processing for Hydrology and Flood Control, Dam Data Processing Penang, 2002.
7. STANLEY M SHINERS, Matlab and Stimulink Based, Modern Control System Theory and Design John Willey and Sons New York, 2002.
8. PARK KOO WANG, Modeling and Computation in Gate Controller, Journal Computation, 2005.

## **DISKUSI**

NURDIN EFFENDI

Pintu airnya tidak ada dan debit airnya kecil sekali ? Bagian mana yang digerakkan ?

HARI HADI SANTOSA

Pintu airnya memang tidak ada, tidak saya tonjolkan, karena penelitian ini masih bersifat simulasi dan dalam skala lab. Perlu beberapa penambahan software untuk bekerja secara real.

## **DAFTAR RIWAYAT HIDUP**

1. Nama : Hari Hadi Santosa
2. Tempat/Tanggal Lahir : Surabaya 23 Mei 1955
3. Instansi : Puslit KIM LIPI
4. Pekerjaan / Jabatan : Peneliti
5. Riwayat Pendidikan : (setelah SMA sampai sekarang)
  - S2 Universitas Indonesia
6. Pengalaman Kerja :
  - Puslit KIM LIPI
7. Organisasi Profesional : HFI, HIMII, API