
IMPLEMENTASI KENDALI PID PENALAN ZIEGLER-NICHOLS MENGUNAKAN MIKROKONTROLER

Zaidir Jamal

Fakultas Ilmu Komputer, Informatics & Business Institute Darmajaya
Jl. 2.A. Pagar Alam No. 93, Bandar Lampung - Indonesia 35142
Telp. (0721) 787214 Fax. (0721) 700261
e-mail : zaidirj72@gmail.com

ABSTRACT

PID control has been widely used in industry as it implemented in the control of the liquid level. The research objective is to design PID controller base on microcontroller and then apply it on the miniature hopper-conveyor plant to maintain solid levels of raw materials to remain constant .The dimension of hopper is 25 cm long, 20 cm wide and 25 cm high. The design of PID control uses a separate action based on microcontroller and for the tuning uses open-loop Ziegler-Nichols. The design is implemented in miniature hopper-conveyor plant to move the raw material form of green beans to the hopper using a screw conveyor. The screw conveyor is rotated by a three phase induction motor with inverter speed drive. Level in the hopper is measured by using an ultrasonic sensor module build-in the data acquisition program. The experimental results of implementation on the miniature hopper-conveyor plant shows that PID control provides good performance such as overshoot occurs in 1 cm, or 0.05 % of set point rise time shows 280 seconds and average IAE 3.1733.

Keywords: *PID controller, microcontroller, Ziegler-Nichols, Hopper-conveyor plant*

ABSTRAK

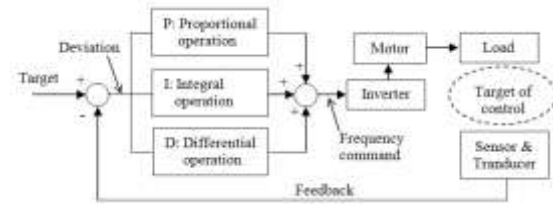
Kendali PID telah digunakan luas di industri, demikian juga studi untuk diimplementasi pada kendali aras cairan. Tujuan penelitian ini merancang bangun kendali PID berbasis mikrokontroler kemudian mengaplikasikannya pada miniatur hopper-conveyor plant untuk menjaga aras bahan baku solid agar tetap konstan. Hopper berukuran panjang 25 cm, lebar 20 cm dan tinggi 25 cm. Perancangan kendali PID menggunakan aksi yang terpisah berbasis mikrokontroler dan penalaan menggunakan metode open loop Ziegler-Nichols. Pada Implementasi pada miniatur hopper-conveyor plant, bahan baku berupa kacang hijau dipindahkan ke hopper menggunakan screw conveyor. Screw conveyordi putar oleh motor induksi tiga fasa melalui inverter speed drive. Aras pada hopper diukur menggunakan modul sensor ultrasonik yang dilengkapi program akuisisi data. Hasil eksperimen implementasi pada miniatur hopper-conveyor plant, kendali PID menunjukkan kinerja yang baik, overshoot terjadi 1 cm atau 0,05 % dari set point, risetime menunjukkan 280 detik dan IAE rata-rata pada 3.1733.

Kata Kunci: *kendali PID, mikrokontroler, Ziegler-Nichols, hopper-conveyor plant*

1. PENDAHULUAN

Pengendali PID sangat luas penggunaannya di industri pada beberapa dekade, tanggapannya sangat cepat tetapi *overshoot* juga sangat besar [1,2]. Demikian pula implementasi pada kendali *level* cairan. Parameter PID klasik biasanya tetap selama operasi, konsekuensinya pengendali menjadi tidak efisien untuk mengendalikan sistem jika ada gangguan yang tidak diketahui atau lingkungan disekitar sistem berubah [2]. Jadi kendali PID tidak cukup adaptif [3] dan juga penentuan parameter PID juga sangat sulit [1]. Salah satu cara untuk menentukan parameter PID menggunakan metode *open loop* Ziegler-Nichols.

Pada penelitian ini bagaimana merancang bangun kendali PID aras (*level*)*solid* berbasis mikrokontroler untuk diimplementasikan pada *hopper-conveyor plant*. Saat ini kecepatan motor induksi dapat diatur dengan *inverter speed drive*, sehingga untuk menjaga permukaan *solid* pada *hopper* dilakukan dengan mengatur kecepatan *conveyor*. Diagram blok kendali PID untuk menggerakkan inverter seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Kendali PID pada inverter

Keluaran kendali P memiliki hubungan yang proporsional (seimbang) dengan *error* (deviasi). Jika K_p di-set tinggi, tanggapannya cepat, tetapi jika terlalu tinggi sistem menjadi tidak stabil. Pada kendali ini *steady state error* tidak bisa nol. Kendali Integral (I) untuk mengoreksi keluaran dengan mengintegalkan *error*. Dalam kasus penyetelan (*adjustment*) kendali P, *error* yang besar akan menghasilkan penyetelan keluaran besar, jika *error* kecil penyetelan keluaran akan kecil juga. Namun *error* tidak dapat dibuat nol, kinerja integral mengkompensasi masalah ini.

Koreksi integral dilakukan dengan mengakumulasi *error* disetiap pembacaan PV, sehingga akhirnya deviasi nol. Tidak seperti kendali P, kendali I jarang digunakan sendirian melainkan dikombinasikan dengan dengan kendali P atau PD. Pada kendali derivatif (D) keluaran proporsional terhadap laju (*rate*) perubahan *error*. Kendali D akan bekerja pada saat peralihan, jika tidak ada perubahan *error* maka keluaran kendali nol. Kendali D memiliki aksi teredam

sehingga memperbaiki lonjakan. Seperti kendali I, kendali D dikombinasikan dengan kendali P atau PI.

Kendali PID memiliki tanggapan yang cepat dan mendapatkan *steady state error* nol. Keluaran sinyal kendali PID dirumuskan [4]:

$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_I \cdot \int_0^t e(\tau) dt + K_D \cdot de(t)/dt \quad (1)$$

Dalam kawasan waktu diskrit maka keluaran sinyal kendali dirumuskan:

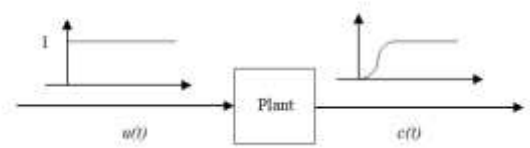
$$u(k) = K_p (e(k) + K_I \cdot T_s [e(k-1) + e(k)] + K_D e(k) - e(k-1)/T_s) \quad (2)$$

Dengan:

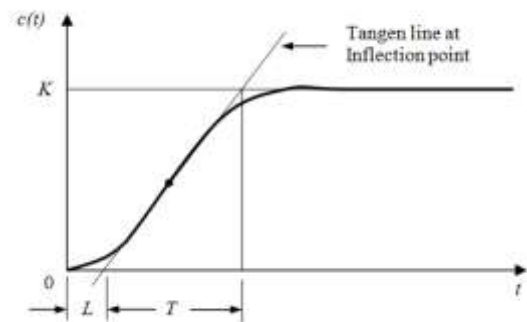
- $u(k)$ = sinyal keluaran kendali
- K_p = konstanta proporsional
- K_I = konstanta integral
- K_D = konstanta derivatif
- T_s = waktu cuplik (*sampling time*)
- $e(k)$ = *error*.

Menentukan parameter kendali PID untuk *plant* yang tidak diketahui model matematisnya dapat menerapkan tuning Ziegler-Nichols. Untuk pengendali aras (*level control*) misalnya *plant* terdiri dari *feed screw* dan *conveyor belt* memindahkan bahan baku ke sebuah penampungan maka metode Ziegler-Nichols open loop tepat digunakan [5]. Metode *open loop* adalah metode pertama Ziegler-Nichols untuk penalaan kendali PID [6], dengan memperoleh secara eksperimen tanggapan *plant* terhadap masukan *unit-step* akan menghasilkan kurva S seperti pada gambar 2. Kurva

bentuk S memiliki karakteristik dengan dua buah konstanta, yaitu waktu tunda L dan konstanta waktu T . Kedua parameter tersebut diperoleh dengan menggambar garis tangensial pada titik infleksi kurva S dan memperoleh perpotongan garis tangensial dengan garis axis waktu dan garis $c(t) = K$ seperti pada gambar 3.



Gambar 2. Tanggapan *unit-step*



Gambar 3. Tanggapan kurva S

Berdasarkan kurva S, Ziegler-Nichols menentukan parameter K_p , T_i dan T_d pada metode pertama berbasis tanggapan undak *open loop* dirangkum pada tabel 1. Untuk kendali PID yang dirancang dalam paralel atau tiga aksi terpisah maka T_i dan T_d harus konversi untuk mendapatkan K_I dan K_D dengan rumus [4]:

$$K_I = K_p/T_i \quad (3)$$

$$K_D = K_p/T_d \quad (4)$$

Tabel 1. Aturan tuning Zigler-Nichols open loop

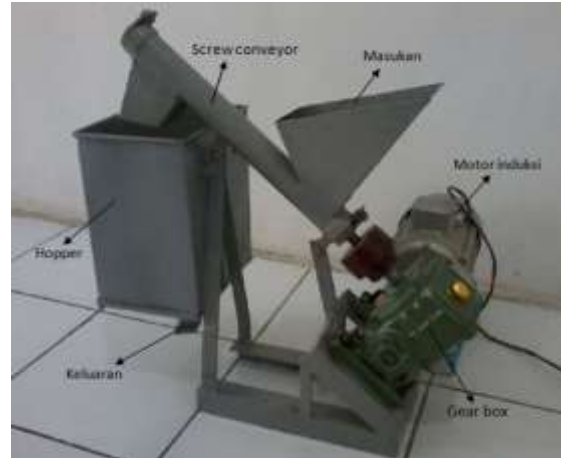
Tipe Kendali	K_p	T_i	T_d
P	T/L	∞	0
PI	0,9 T/L	L/0,3	0
PID	1,2 T/L	2L	0,5L

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini perangkat keras menggunakan modul komersial yaitu Hitachi *inverter speed drive* 0,75 kW, modul *customize* yaitu sensor jarak ultrasonik berikut program akuisisi data. Komponen-komponen diskrit dan terpadu seperti mikrokontroler ATmega 32 dirancang bangun menjadi modul kendali PID.

Miniatur *Hopper-conveyor plant* digerakkan oleh motor induksi 0,5 Hp 3 fasa 220 V 1500 rpm. Perangkat lunak Matlab 2010 digunakan mengolah data (memfilter tanggapan) dan menampilkan grafik.

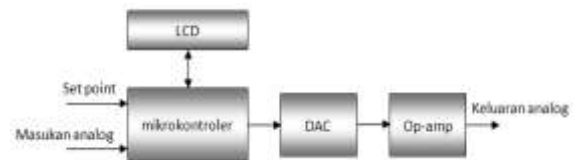
Hopper berukuran panjang 25 cm, lebar 20 cm dan tinggi 25 cm, keluarannya berupa pintu dengan ukuran 2 cm x 2 cm yang dapat diatur manual untuk menganalogikan keluaran yang berubah-ubah. Pada gambar 4 dipresentasikan miniatur *hopper-conveyor plant*.



Gambar 4. Miniatur Hopper-conveyor plant

2.1. Perancangan

Perangkat keras terdiri dari tiga bagian yaitu rangkaian minimum mikrokontroler Atmega 32, penampil LCD, DAC dan penguat operasi (*op-amp*) seperti pada gambar 5.



Gambar 5. Bagian-bagian perangkat keras

Agar perangkat keras kompak maka bagian-bagian direalisasikan dalam satu modul seperti pada gambar 6.

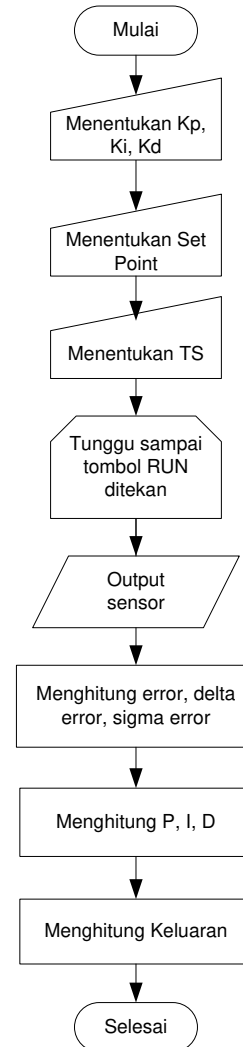


Gambar 6. Realisasi modul kendali

Berikut ini penjelasan sistem minimum mikrokontroler:

- Sebagai masukan menggunakan internal ADC pada Port A.0.
- Sebagai penampil menggunakan LCD 16 kolom x 2 baris, 4 bit, yang dikendalikan pada port A.
- Port B, digunakan untuk *downloader*.
- Port C sebagai keluaran pengendali melalui DAC, keluaran analog DAC 0808 dirancang memiliki tegangan keluaran 0-10 volt dengan penguat *Op-Amp* LF351.
- Port D, digunakan sebagai tombol masukan pengatur *set point*, *run* dan *stop*.
- Pembangkit *clock* pada mikrokontroler berasal dari internal 4 Mhz.

Perancangan perangkat lunak dimulai dengan membuat diagram alir proses program seperti pada gambar 7, kemudian membuat program menggunakan BASCOM. Selanjutnya program disimpan di *flash* memori mikrokontroler melalui *downloader*.



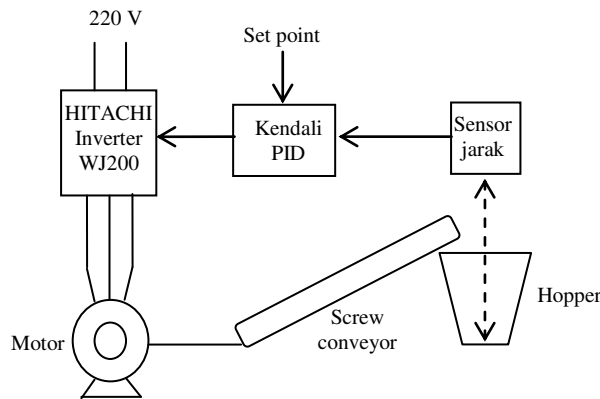
Gambar 7. Proses Program

2. 2. Pengujian

Pengujian sebelum implementasi untuk mengetahui apakah kendali PID telah berfungsi. Pengujian dilakukan dengan memberikan tegangan input 0-5 volt dengan langkah 0,5 volt kemudian mengukur tegangan keluarannya.

Pengujian implementasi pada miniatur *hopper-conveyor plant*, keluaran sensor dihubungkan ke masukan kendali kemudian keluaran kendali dihubungkan ke inverter seperti pada gambar 8. Bahan

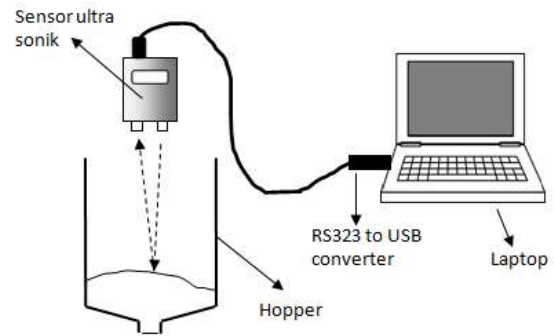
baku yang digunakan pada pengujian ini adalah kacang hijau.



Gambar 8. Skema implementasi kendali PID

Tanggapan sistem didapat dari program akuisisi data Visual Basic yang datanya berasal dari sensor ultrasonik melalui komunikasi serial *USB to RS232 converter*. Untuk memperoleh data sinyal kendali dilakukan pengukuran langsung keluaran kendali menggunakan volt meter (multimeter digital).

Dari data excel diamati *rise-time* (T_r) dari waktu 0,1 sampai 0,9 dari *set point* dan prosentase *overshoot*. Indeks kinerja dihitung menggunakan *integral of absolute value error* (IAE). Konfigurasi pengambilan data seperti pada gambar 9.



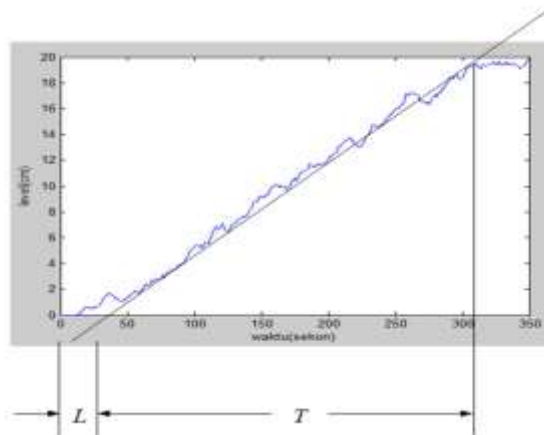
Gambar 9. Konfigurasi pengambilan data

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian pengukuran tegangan keluaran kendali pada tabel 2, berdasarkan tabel tersebut kendali PID telah berkerja.

Tabel 2. Hasil pengujian kendali PID

Set Point (volt)	Process Value (volt)	Tegangan Keluaran (volt)
4	0	10
	0,5	10
	1	9,18
	1,5	8,34
	2	7,41
	2,5	6,6
	3	5,73
	3,5	4,76
	4	3,98
	4,5	3,1
	5	2,22



Gambar 10. Kurva S sistem

Menentukan (*tuning*) parameter PID digunakan metode *open loop* Ziegler-Nichols. Langkah-langkah penalaan untuk *hopper-conveyor plant* sebagai berikut:

- Melepaskan umpan balik sistem kendali.
- Memasang sistem akuisisi data, menetapkan waktu cuplik 1 detik.
- Menetapkan frekuensi pada internal inverter pada 50 Hz.
- Menjalankan inverter.
- Mengamati tanggapan sistem sampai terbentuk kurva S.
- Berdasarkan data menetapkan L dan T.

Pada gambar 10 adalah kurva S sistem dengan $L = 27$ sekon dan $T = 310$ sekon, maka berdasarkan tabel 1 parameter K_p , T_i dan T_d adalah

$$K_p = 1,2 (310/27) = 13,77$$

$$T_i = 2 \times 27 = 54$$

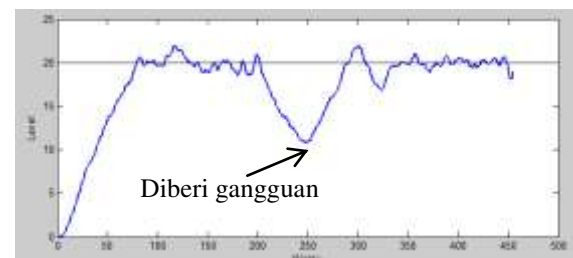
$$T_d = 0,5 \times 27 = 13,5$$

Berdasarkan rumus 3, $K_I = 13,7/54 = 0,25$, berdasarkan rumus 4, $K_D = 13,77/13,5 = 1,02$. Maka ditetapkan ketiga parameter PID ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Parameter PID

Parameter	Nilai
K_p	13,77
K_I	0.25
K_D	1,02

Pada pengujian implementasi diberikan gangguan dengan membuka keluaran *hopper* secara penuh selama lima menit. Dari data pengujian implementasi kendali PID, *rise time* menunjukkan 280 detik, *overshoot* menunjukkan 1 cm dan IAE rata-rata pada 3.1733. Tanggapan implementasi kendali seperti pada gambar 11.



Gambar 11. Tanggapan kendali PID

4. SIMPULAN

Kendali PID menunjukkan kinerja yang baik, *overshoot* terjadi 1 cm atau 0,05 %, *risetime* menunjukkan 280 detik dan IAE rata-rata 3.1733.

Keluaran *hopper* yang masih manual menyebabkan bahan baku tidak lancar,

maka perlu dirancang mekanisme pengeluaran menggunakan sistem rotari.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Qi, F. Yanjun, S. Jizhong, and W. Ji, *"The Application of Fuzzy Control in Liquid Level system,"IEEE International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation*, 2010.
- [2] K. Sinthipsomboon, *"A Hybrid of Fuzzy and Fuzzy self-tuning PID Controller for Servo Electro-hydraulic System,"6th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications*, 2011.
- [3] O. Wahyunggoro and N. B. Saad, *"Development of Fuzzy-Logic-Based Self Tuning PI Controller for Servomotor,"IEEE 10th Intl. Conf. on Control, Automation, Robotics and Vision Hanoi, Vietnam, 17–20 December 2, 2008*.
- [4] A. Visioli, *Practical PID Control*. London: Springer, 2006.
- [5] F. Haugen, *"Ziegler Nicols Open-Loop Method," Teach Teach*, 2010.
- [6] K.Ogata, *Modern Control Engineering*, Fifth ed. New Jersey: Prentice Hall, 2010.