Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri, Lingkungan dan Infrastruktur (SENTIKUIN) VOLUME 2 Tahun 2019, page C11.1-C11.7. Fakultas Teknik Universitas Tribhuwana Tunggadewi, Malang, Indonesia. 24 Agustus 2019
Tersedia online di https://pro.unitri.ac.id/index.php/sentikuin
ISSN : 2622-2744 (print), ISSN : 2622-9730 (online)

Rancang Bangun *Control Valve* untuk Sistem Pengendalian pada Tangki Peyimpanan

Fadlul Azhim [1], Hendrik Elvian Gayuh Prasetya [2], Erik Tridianto [3]
[1, 2, 3] Sistem Pembangkit Energi, Departemen Teknik Mekanika Energi,
Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

Email : fadlul.azhim@gmail.com

Diterima (Agustus, 2019), direvisi (Agustus, 2019), diterbitkan (September, 2019)

Abstract

The control system is an engineering discipline that involves mechanisms and algorithms to control the output of a process with the desired results. Modern industries and power plants use control valves as a control system in storage tanks. The control valve is a very important component in this regard as a final element. Therefore, we designed a control valve starting from the sizing control valve, mathematical modeling of the system to programming on Arduino and Visual Basic .NET so that it can be observed and understood directly. After sizing the control valve, it can be seen the type of valve that meets the valve opening standard is Globe valve at 46.8% and Ball valve at 33.0%. In this study, the commonly used PID tuning method is Ziegler Nichols tuning method to test the control system. The PID parameter is obtained through the tuning results in the Matlab simulation using mathematical modeling of the system. Control valve simulation with Matlab produces parameters Kp= 0.5625, Ti= 0.3, and Td= 0.7. While the control level produces a parameter Kp= 1.36, Ti= 3.33. The control level of the storage tank is better to use PI control compared to PID controls which continue to increase water levels. Changes in set point from 1 cm to 20 cm produce a 37-seconds settling time with a maximum overshoot value of 6 cm.

Keyword : control system; sizing valve; mathematical modeling; Ziegler Nichols; visual basic.net

1. PENDAHULUAN

Suatu industri maupun pembangkit listrik memiliki berbagai macam komponen utama, salah satunya tangki. Tangki menjadi salah satu komponen penting karena dapat berfungsi sebagai sistem penyimpanan air atau bahan bakar yang nantinya akan digunakan untuk keperluan dalam proses produksi. Tangki penyimpanan ini tidak hanya menjadi tempat penyimpanan tetapi juga menjaga kelancaran proses produksi.

Sistem pengendalian atau sistem kontrol adalah susunan beberapa komponen yang terangkai membentuk aksi pengendalian, sedangkan sistem pengendalian yang diterapkan dalam teknologi proses disebut sistem pengendalian proses [1]. Karena besar tekanan, laju aliran, dan level pada tangki dapat dipengaruhi oleh bukaan katup maka *valve* ini merupakan komponen terpenting dari sistem pengendalian agar kondisi sistem tangki penyimpanan sesuai dengan yang diharapkan.

Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri, Lingkungan dan Infrastruktur (SENTIKUIN) VOLUME 2 Tahun 2019, page C11.1-C11.7. Fakultas Teknik Universitas Tribhuwana Tunggadewi, Malang, Indonesia. 24 Agustus 2019
Tersedia online di https://pro.unitri.ac.id/index.php/sentikuin
ISSN : 2622-2744 (print), ISSN : 2622-9730 (online)

Aplikasi yang sesuai untuk pengendalian level pada *control valve* adalah karakteristik aliran *equal percentage* [2]. Hal tersebut dikarenakan bukaan katup sesuai dengan standar operasional *valve* yang berkisar antara 25 – 80 % [3]. Level air pada tangki penyimpanan diharapkan dapat mengikuti *set point* meskipun terdapat gangguan pada sisi keluaran tangki penyimpanan.

Pemrograman pada sistem menggunakan Arduino sebagai *microcontroller* dan Visual Basic .NET sebagai *human machine interface*. Sehingga respon dinamik yang dihasilkan sistem pengendalian level air pada tangki penyimpanan dapat diamati secara langsung.

2. MATERI DAN METODE

2.1 *Sizing Control Valve*

Desain sistem dimulai dari penentuan ukuran control valve. Selain itu, dimensi tangki penyimpanan dibuat dengan bentuk yang tinggi dan transparan agar setiap perubahan level air dapat diamati dengan jelas dan cepat. *Sizing control valve* dilakukan dengan menghitung nilai *flow coefficient control valve* (Cv) berdasarkan kondisi proses pada sistem kemudian membandingkannya dengan referensi *flow coefficient control valve*. Untuk mendapatkan nilai tersebut maka digunakan persamaan berikut:

$$C_v = \frac{Q}{N_1 F_P \sqrt{\frac{\Delta P}{G_f}}}$$

Keterangan:

Cv : *Flow coefficient valve*

Q : *Volume rate of flow* (m^3/hr)

N_1 : *Numerical constant*

Fp : *Piping geometry factor, dimensionless*

ΔP: Perbedaan tekanan *inlet-outlet valve*(bar)

G_f : *Fluids specific gravity*

Karena diameter pipa yang digunakan pada penelitian ini adalah 3/4 inch maka dilakukan penentuan awal ukuran *valve* sama dengan ukuran pipa. Sehingga untuk mencari nilai *piping geometry factor, dimensionless* (Fp) didapatkan nilai ΣK dari persamaan seperti berikut:

$$\sum K = 1{,}5\left(1 - \frac{d^2}{D^2}\right)^2$$

Keterangan:

d : *Nominal valve size*

D : *Internal diameter of piping (pipa inlet dan outlet)*

Karena nilai ∑K = 0 maka nilai Fp = 1. Setelah mendapatkan nilai Fp dan perbedaan tekanan *inlet-outlet* proses, maka nilai Cv dapat diketahui melalui persamaan diatas. Nilai tekanan *inlet-outlet* proses didapatkan dari hasil pengukuran oleh sensor tekanan yang terpasang disisi sebelum dan sesudah control valve. Laju aliran air yang

Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri, Lingkungan dan Infrastruktur (SENTIKUIN) VOLUME 2 Tahun 2019, page C11.1-C11.7. Fakultas Teknik Universitas Tribhuwana Tunggadewi, Malang, Indonesia. 24 Agustus 2019
Tersedia online di https://pro.unitri.ac.id/index.php/sentikuin
ISSN : 2622-2744 (print), ISSN : 2622-9730 (online)

digunakan pada penelitian ini adalah 10 dm^3/menit sehingga didapatkan perbedaan tekanan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbedaan tekanan (ΔP) *inlet-outlet valve*

Jenis *valve*	Tekanan (bar)		ΔP
	inlet	*outlet*	
Globe valve	0,5875	0,4508	0,1367
Gate valve	0,3922	0,3336	0,0586
Ball valve	0,3336	0,3141	0,0195

Langkah terakhir adalah melakukan perbandingan bukaan valve antara Cv referensi dan hasil perhitungan. Pada umumnya referensi yang digunakan berasal dari Fisher tetapi pada penelitian ini menggunakan referensi dari Velan. Hal ini dikarenakan kontruksi dan meterial *valve* yang digunakan sama dengan referensi dari Velan. Data Cv referensi dapat diketahui pada Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2. *Flow coefficient valve (Cv)*

Tipe	NPS (in.)	DN (mm.)	Cv	Tipe	NPS (in.)	DN (mm.)	Cv	Tipe	NPS (in.)	DN (mm.)	Cv
Glove valve	1/2	15	2	***Gate valve***	1/2	15	7	***Ball valve***	1/2	15	9
	3/4	20	4		3/4	20	14		3/4	20	15
	1	25	6		1	25	30		1	25	42

2.2 Pemodelan Sistem dan Tuning Kontrol PID

Pemodelan tangki, *control valve*, sensor ultrasonik, dan sensor laju aliran air yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Fungsi transfer tiap komponen

Komponen	Fungsi transfer	Komponen	Fungsi transfer
Tangki penyimpanan	$\frac{1,8}{1411,2s+1}$	**Sensor ultrasonik**	$\frac{0,036}{s+1}$
Control valve	$\frac{6,58}{5,235s+1}$	**Sensor laju aliran air**	$\frac{0,464}{0,94s+1}$

Setelah mendapatkan fungsi transfer sistem, kemudian dilakukan simulasi dengan menggunakan Simulink Matlab. Tuning pada kontrol level air dilakukan setelah mendapatkan parameter PID control valve yang sudah sesuai. Sehingga didapatkan parameter PID yang ditunjukkan pada Tabel 4.

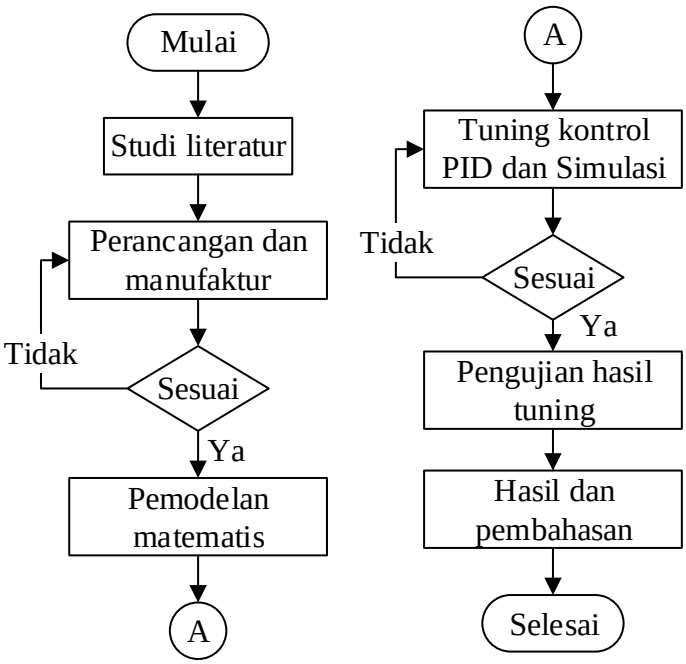
Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri, Lingkungan dan Infrastruktur (SENTIKUIN) VOLUME 2 Tahun 2019, page C11.1-C11.7. Fakultas Teknik Universitas Tribhuwana Tunggadewi, Malang, Indonesia. 24 Agustus 2019
Tersedia online di https://pro.unitri.ac.id/index.php/sentikuin
ISSN : 2622-2744 (print), ISSN : 2622-9730 (online)

Tabel 4. Parameter kontrol laju aliran dan level

Kontrol laju aliran				Kontrol level			
Parameter	**Kp**	**Ti**	**Td**	**Parameter**	**Kp**	**Ti**	**Td**
PI	0,433	1,3	-	**PI**	1,36	3,33	-
PID	0,5625	0,3	0,7	**PID**	1,81	2	0,5

2.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan diagram alir seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

Studi literatur merupakan langkah pertama yang harus dilakukan agar mendapatkan referensi dalam merancang sistem yang digunakan. *Sizing control valve* dilakukan agar *valve* yang digunakan sesuai dengan standar pengoperasian bukaan katup. Proses manufaktur difokuskan pada *control valve* dimana terdapat motor *stepper*, *body valve* dan *gearbox* sebagai penyusunnya. Proses ini juga termasuk pembuatan program kontrol laju aliran dan level air.

Apabila proses perancangan dan manufaktur selesai, kemudian dilakukan pemodelan matematis. Fungsi transfer yang didapatkan akan disimulasikan dengan bantuan Matlab. Parameter kontrol yang sesuai dari hasil simulasi Matlab akan diterapkan kedalam *real plant*.

Pengujian sistem dilakukan dengan memasukkan hasil tuning PID kedalam *real plant* dengan bantuan program yang telah dibuat sebelumnya memalui Visual Basic.NET. Sehingga respon dinamik berupa *settling time* dan *overshoot* dapat diamati secara langsung.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri, Lingkungan dan Infrastruktur (SENTIKUIN) VOLUME 2 Tahun 2019, page C11.1-C11.7. Fakultas Teknik Universitas Tribhuwana Tunggadewi, Malang, Indonesia. 24 Agustus 2019
Tersedia online di https://pro.unitri.ac.id/index.php/sentikuin
ISSN : 2622-2744 (print), ISSN : 2622-9730 (online)

3.1 Hasil *Sizing Control Valve*

Control valve berfungsi sebagai final control element pada sebuah sistem pengendalian proses. Sebuah control valve harus selalu bekerja didaerah dengan rentang standar operasi yaitu pada bukaan katup 25% – 80%.

Tabel 5. Bukaan katup saat pengoperasian maksimal

Tipe *valve*	*Cv* referensi	*Cv* perhitungan	Bukaan katup(%)
Globe valve	4	1,871	46,8
Gate valve	14	2,857	20,4
Ball valve	15	4,954	33,0

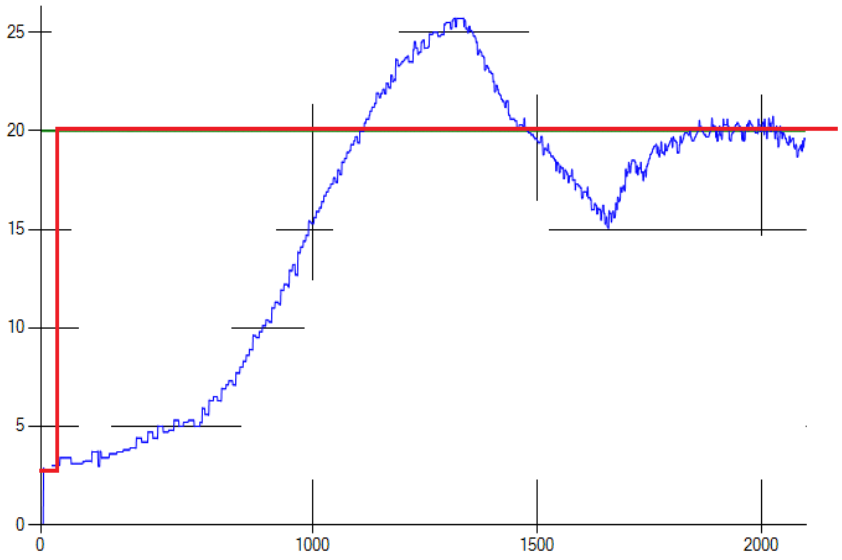
Saat aliran air dalam pengoperasian normal 10 dm^3/menit, persentase bukaan katup pada *ball valve* hampir mendekati kondisi minimal, yaitu pada 33%. Sedangkan bukaan katup pada *globe valve* berada pada kondisi 46,8 %. Keduanya sesuai dengan kriteria yang diharuskan agar plug valve tidak cepat mengalami kerusakan. Akan tetapi, pada bukaan katup *globe valve* jauh lebih baik. Hal ini dikarenakan saat terjadi gangguan kecil, *globe valve* memungkinkan untuk tetap berada pada kondisi bukaan katup yang diharapkan.

Hal yang mungkin terjadi pada pemilihan dan penentuan ukuran *control valve* adalah terjadinya cavitasi dan flashing. Bila terjadi hal tersebut maka bagian dari *control valve* seperti plug dan seat akan mengalami pengikisan karena erosi yang diakibatkan dari kecepatan fluida yang tinggi pada keadaan *control valve* hampir tertutup pada daerah minimum antara 10% - 25%. Sebaliknya, *control valve* yang harus selalu bekerja di posisi hampir terbuka penuh tidak akan menghasilkan respon sistem pengendalian yang bagus karena *control valve* tidak akan dapat memenuhi koreksi tambahan yang diminta oleh sistem pengendalian karena sudah berada pada posisi maksimal.

3.2 Hasil Respon Dinamik Sistem

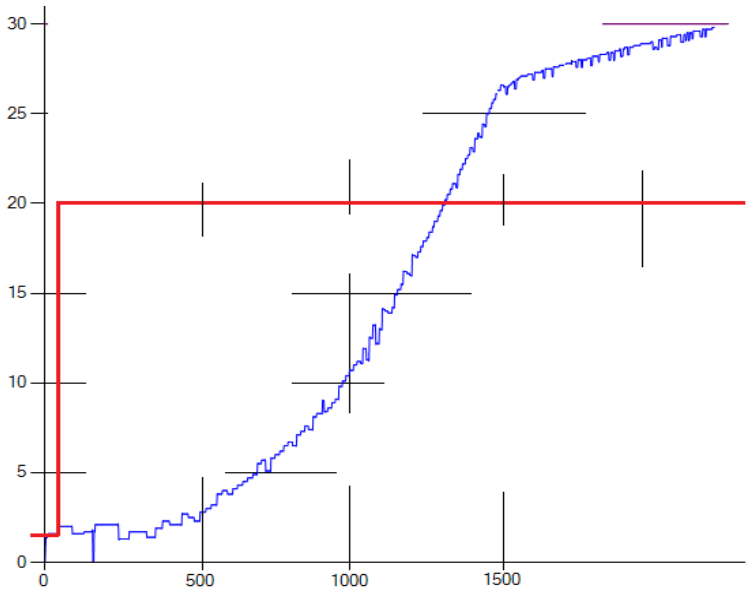
Pada pengujian sistem ini, kontrol PI yang didapatkan dari hasil simulasi memiliki respon yang lambat untuk mencapai *set point* dan mengalami osilasi. Respon yang diberikan kontrol PI dengan parameter Kp= 1,36 dan Ti = 3,33 dapat dilihat pada Gambar 2. Garis merah merupakan *set point* dan garis biru merupakan laju aliran air hasil pembacaan sensor, sedangkan pada sumbu horizontal menunjukkan timer pada Visual Basic .NET dengan skala 50:1 terhadap detik.

Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri, Lingkungan dan Infrastruktur (SENTIKUIN) VOLUME 2 Tahun 2019, page C11.1-C11.7. Fakultas Teknik Universitas Tribhuwana Tunggadewi, Malang, Indonesia. 24 Agustus 2019
Tersedia online di https://pro.unitri.ac.id/index.php/sentikuin
ISSN : 2622-2744 (print), ISSN : 2622-9730 (online)



Gambar 2. Grafik kontrol level dengan kontrol PI

Waktu naik yang dihasilkan kontrol PI dengan *set point* level air 20 cm adalah dari *timer* 0 sampai 1150 atau selama 23 detik. Sedangkan waktu puncaknya adalah dari *timer* 0 sampai 1350 atau selama 27 detik. Maksimum *overshoot* yang dihasilkan pada pengujian ini mencapai 6 cm kemudian mengalami penurunan level air sebesar 11 cm. Setelah mengalami penurunan sampai *timer* 1650 atau detik ke 33, level air kembali mengalami peningkatan dan mencapai set point. Sehingga *settling time* yang dihasilkan ialah selama 37 detik yaitu dari *timer* 0 sampai 1850. Integral Absolute Error (IAE) sebesar 5,0% dari pengujian. Nilai IAE didapatkan dari waktu 0-41 detik dengan *sampling time* 1 detik. Dengan nilai error yang masih di ambang batas maka simulasi dapat dikatakan valid.



Gambar 3. Grafik kontrol level dengan kontrol PI

Hal ini sangat berbeda dengan pengujian pada kontrol PID dengan parameter Kp=1,81, Ti = 2, dan Td= 0,5 yang didapatkan dari hasil simulasi. Respon kontrol PID pada level air ditunjukkan pada Gambar 3. Kenaikan *set point* yang diberikan terhadap kontrol PID sama dengan kontrol PI yaitu sebesar 20 cm. Namun waktu naik yang dihasilkan dari kontrol PID ini adalah dari *timer* 0 sampai 1300 atau selama 26 detik. Hal tersebut hampir sama dengan waktu puncak pada kontrol PI yaitu selama 27 detik. Sedangkan waktu puncak yang dihasilkan kontrol PID ini sangatlah lama dan selama 48 detik nilai maksimal *overshoot* sudah mencapai 50% dari set point. Hal ini sangat tidak baik jika diterapkan ke dalam sistem karena proses yang diharapkan pada tangki penyimpanan akan terganggu dan menjadi tidak stabil.

Kenaikan level air yang terjadi secara terus menerus dapat disebabkan oleh output kontrol PID yang terlalu lama dalam memberikan respon kepada *control valve*. Saat level air mendekati *set point*, output PID masih memiliki nilai yang cukup besar sehingga respon kepada *control valve* untuk menurunkan laju aliran diproses setelah level air melewati *set point.* Karena kontrol PID memberikan respon yang lebih lambat dari kontrol PI, maka pada kontrol PID penurunan laju aliran air juga membutuhkan waktu yang lama untuk memberikan respon yang sesuai kepada *control valve*.

4. KESIMPULAN

Kontrol level dengan ukuran dan tipe *valve* yang sesuai dengan standar pengoperasian bukaan katup pada tangki penyimpanan lebih baik menggunakan kontrol PI dibandinkan dengan kontrol PID. Perubahan set point dari 1 cm menjadi 20 cm menghasilkan settling time 37 detik dengan nilai maksimum overshoot sebesar 6 cm.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Heriyanto. (2010). *Pengendalian Proses.* Bandung. page 5

[2] Damayanti, R., Santosa, P., dan Santoso, B. (2015). *Penentuan Ukuran Control Valve pada Unit Pengolahan Air Bebas Mineral Iradiator Gamma PRFN*. Journal BATAN. Vol. 12 no. 1.

[3] Fisher. (2017). *Control Valve Handbook Fifth Edition*. United States of America. page 24-36

[4] Khurmi, R.S, dan J.K. Gupta. (2005). *A Textboox of Machine Design.* New Delhi: Eurasia Publishing House

[5] Margolis, Michael. (2011). *Arduino Cookbook Second Edition.* O'Reilly Media, Inc.: United States of America

[6] Ogata, Katsuhiko. (2002). *Modern Control Engineering Fourth Edition.* Prentice-Hall, Inc.: United States of America

[7] Setiawan, Iwan. (2008). *Kontrol PID untuk Proses Industri*. Indonesia: PT Elex Media Komputindo