

PERANCANGAN KONTROL *PROPORTIONAL INTEGRAL (PI)* PADA SISTEM PENGATURAN DEBIT AIR DALAM TANGKI TERHUBUNG UNTUK MENDUKUNG PEMBELAJARAN PROJEK

Nurwulan Fitriyanti, Reza Fauzi Iskandar, Mujaddid Shibghotul Islam, Indah Wardati, Mohammad Rakha Farizi, Imam Maulana Taufan, Ventiano.

Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Telkom University, nurwulanf@telkomuniversity.ac.id,

Abstrak

Kontrol otomatis merupakan bidang ilmu yang multidisiplin, sehingga dibutuhkan kemampuan matematis dan nalar yang bagus dalam memahami konsep, akan tetapi salah satu kendala yang dihadapi yaitu karakteristik materi yang abstrak dan kemampuan dasar mahasiswa yang masih kurang. Oleh karena itu salah satu cara memperbaiki hal tersebut, dilakukan suatu inovasi dalam pembelajaran yaitu dengan membuat suatu prototype sederhana sebagai media pembelajaran dalam memahami kontrol otomatis. Kegiatan ini dilakukan untuk mendukung pengembangan keterampilan mahasiswa, terutama dalam desain kontrol untuk sistem debit air. Sistem ini dirancang terdiri dari tiga tangki, sensor flowmeter, pompa air, mikrokontroler, dan servo yang terhubung dengan valve sebagai actuator. Sistem merupakan loop terbuka dengan perkiraan merupakan orde 1 dan memiliki konstanta waktu sekitar 15 detik. Skema kontrol dirancang dengan menggunakan strategi *proportional integral (PI)*. Hasil pengujian alat menunjukkan nilai yang mendekati *rise time (Tr)* 60.17 detik, *settling time (Ts)* 70.32 detik dan *steady state error* sekitar 7.85% relatif terhadap nilai *set point*.

Kata kunci : Kontrol Otomatik, Debit Air, Pembelajaran Proyek.

PENDAHULUAN

Kontrol otomatis merupakan bidang ilmu multidisiplin yang tidak hanya kemampuan matematis dan fisika saja yang dibutuhkan akan tetapi kemampuan nalar yang logis juga sangat diperlukan dalam memahami konsep penting sistem kontrol otomatis sehingga dibutuhkan suatu perubahan dalam proses pembelajaran yang mampu meningkatkan pemahaman dan keterampilan mahasiswa. Salah satu cara yang dilakukan yaitu dengan pembuatan proyek secara sederhana, hal ini bertujuan supaya mahasiswa mampu menerapkan pemahaman konsep kontrol otomatis pada aplikasi yang sederhana.

Permasalahan umum yang sering dihadapi oleh mahasiswa terkait pembelajaran kontrol otomatis diantaranya karakteristik materi yang bersifat abstrak serta banyaknya analisis matematis sehingga dibutuhkan kemampuan dasar yang dimiliki oleh mahasiswa sebelumnya, adapun kemampuan dasar yang sangat menunjang terhadap pembelajaran kontrol meliputi mekanika fluida, elektrik dan komputer sains. Selain itu mata kuliah kontrol otomatis merupakan mata kuliah yang wajib bagi mahasiswa di Prodi Teknik Fisika dikarenakan materi yang dipelajarinya sangat penting serta menunjang terhadap pengetahuan dan wawasan mahasiswa, oleh karena itu untuk mengatasi kesulitan mahasiswa dalam memahami sistem kontrol otomatis dibutuhkan suatu inovasi dalam pembelajaran yaitu dengan pembelajaran berbasis proyek (Julie E, 2003). Pembelajaran berbasis proyek merupakan suatu inovasi dalam pembelajaran yang mengajarkan strategi penting, dimana mahasiswa didorong secara aktif untuk terlibat

dalam pembelajaran serta bekerja sama untuk membuat proyek berdasarkan pengetahuan yang dimilikinya (Chun Ming, 2012).

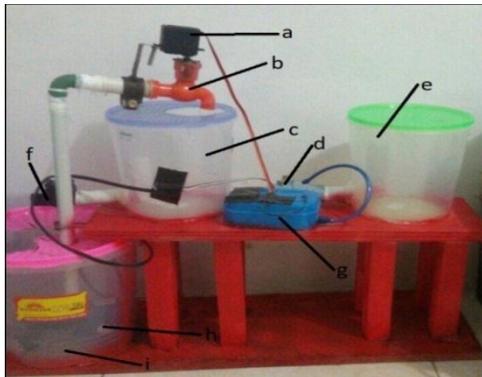
Manfaat dari pembelajaran proyek yaitu mahasiswa mendapatkan pengetahuan, keterampilan dan sikap dari tugas atau proyek yang dikerjakan sehingga dapat meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap konsep yang dipelajari. Selain itu dengan adanya pembuatan proyek yang sederhana ini, bukan hanya pengetahuan mahasiswa yang bertambah, akan tetapi kemampuan sikap dalam bekerja sama, berkomunikasi serta bertanggung jawab akan muncul pada diri setiap anggota kelompoknya (Sumarni, 2012).

Pada artikel ini akan membahas mengenai aplikasi kontrol *proportional integral (PI)* pada studi kasus pengaturan debit air dalam dua tangki terhubung, perangkat keras yang digunakan yaitu katup aktuasi, sensor debit cairan, sistem dua tangki terhubung dan mikrokontroler sebagai perangkat pengendalian. Metode kontrol *PI* dapat ditentukan dengan menggunakan metode Ziegler – Nichols (Hang, C. C., & Åström, K. J. (1987), yang kemudian sistem diuji dengan nilai aliran acuan.

a. Desain Sistem Dan Kontrol

Perancangan alat yang dibuat yaitu terkait sistem pengontrolan laju aliran air dengan menggunakan sensor flowmeter, yang mana sistem terdiri dari tiga tangki, sensor flowmeter, pompa air, mikrokontroler, dan servo yang

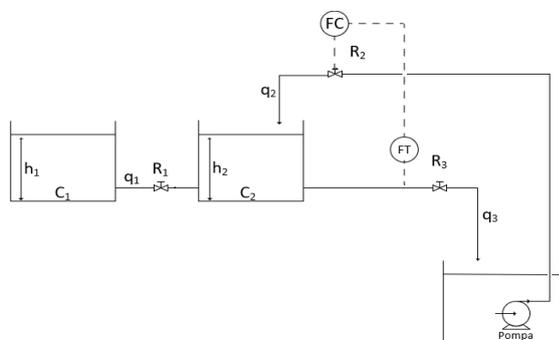
terhubung dengan valve sebagai actuator yang terintegrasi menjadi satu subsistem. Untuk desain dari alat terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Desain Alat
 Keterangan :

a. Aktuator (servo)	f. Flowmeter
b. Valve 1	g. Controller (Arduino Uno)
c. Tangki 1	h. Pump
d. Valve 2	i. Tangki 3
e. Tangki 2	

Struktur sistem dari tangki air, terlihat pada Gambar 2, sistem secara otomatis menggunakan kontrol PI dengan metode Ziegler Nicols.



Gambar 2. Struktur sistem dari tangki air

Sistem yang dibangun merupakan sistem pengatur laju aliran q_3 terhadap q_2 , Debit (q_2) pada selang 2 merupakan input dari sistem yang telah diatur menggunakan servo dan ditampung pada tangki 2 (C_2), Tangki 2 (C_2) tersambung pada tangki 1 (C_1) menggunakan pipa 1, pada tangki 2 air keluar menuju tangki pembuangan melalui pipa 3 dengan debit q_3 , kemudian pada tangki pembuangan, dipasang pompa yang mengalirkan air pada tangki sebagai input dari sistem (q_2).

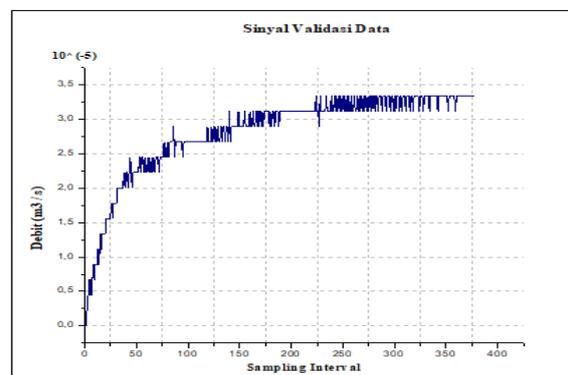
Untuk menunjang desain yang ada, diperlukan pemodelan dalam bentuk matematis yaitu fungsi transfer. Di tangki 1, aliran air q_1 masuk dari tangki 2 menuju tangki 1. Tangki 1 memiliki kapasitas C_1 . Laju perubahan volume pada tangki 1 digambarkan dengan persamaan (1).

$$C_1 \dot{h}_1 = q_1 \quad (1)$$

Aliran q_2 akan dibagi setelah sampai di C_2 menuju q_1 dan q_3 , sementara dimensi C_1 dan C_2 relatif besar, hal tersebut menyebabkan laju alir q_3 juga lambat, sehingga dalam sistem terkait hubungan antara debit q_2 dan q_3 didekati dengan persamaan model orde 1 sebagai berikut :

$$\frac{q_3}{q_2} = \frac{\alpha}{\tau s + 1} \quad (2)$$

Berdasarkan hasil percobaan awal yang telah dilakukan, diperoleh grafik debit air dalam tangki seperti pada gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Debit air dalam tangki

Dari grafik diatas diperoleh konstanta waktu (τ) 15 detik, sehingga fungsi transfernya menjadi :

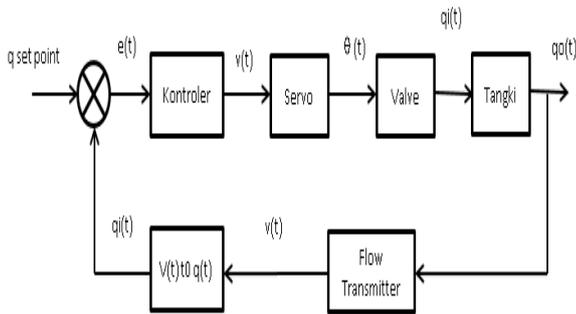
$$G(s) = \frac{\alpha}{15s + 1} \quad (3)$$

dari persamaan diatas, nilai τ_{cl} tergantung dari nilai τ , K_p , dan K . Jika sistem loop tertutup dipercepat α kali lipat, maka dapat diasumsikan $\tau_{cl} \approx \alpha\tau$. Pada percobaan ini respon sistem akan diupayakan agar menjadi 4 kali lebih cepat dari sistem awal maka nilai $\alpha = 0.25$, selain itu nilai diasumsikan juga nilai *open loop gain* (K) = 1, maka :

$$\tau_{cl} = \frac{\tau}{K_p \cdot K}, \text{ jika } \tau_{cl} = 0,25\tau \text{ dan } K = 1 \quad (4)$$

$$K_i = \frac{K_p}{\tau_i}, \text{ jika } \tau_i = \tau \quad (5)$$

Integrasi skema kontrol PI dengan sistem seperti pada gambar 4, berikut



Gambar 4. Terminologi dari tangki air

METODE PENELITIAN

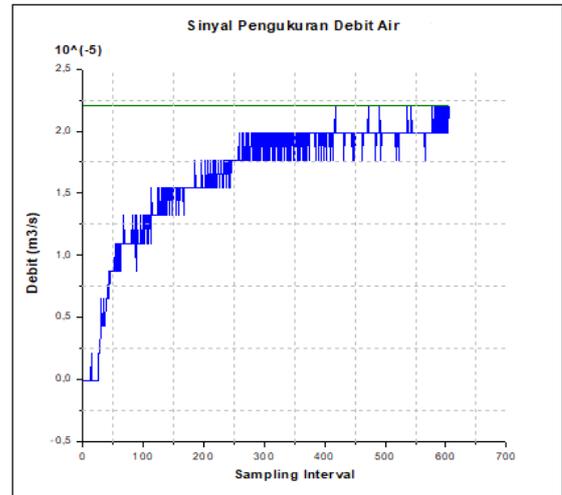
Penelitian yang dilakukan yaitu pembuatan proyek sederhana yang berupa *prototype* sebagai media penunjang dalam pembelajaran kontrol otomatis. Adapun tahapan kegiatan dimulai dengan mahasiswa berdiskusi dan bekerjasama dengan teman kelompoknya untuk menentukan rancangan atau desain dari alat yang akan dibuat, kemudian setelah selesai alat dibuat, maka dilakukan validasi terhadap system kontrol, dan terakhir dilakukan pengujian secara silang pada kelompok lain untuk mengetahui respon mengenai alat yang dibuat.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

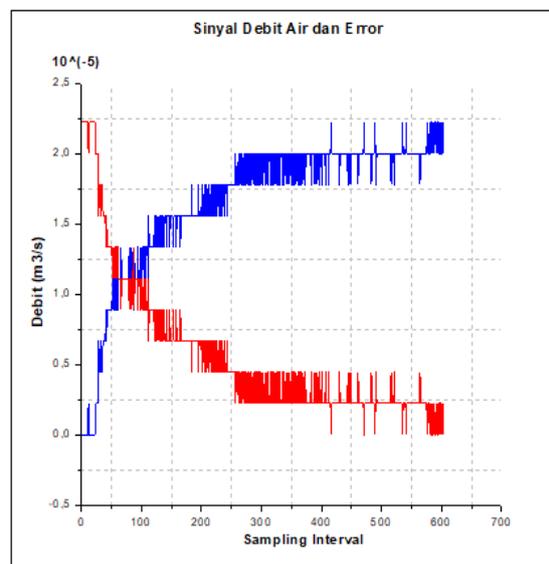
Untuk Analisis terdiri dari analisis data hasil percobaan dan analisis hasil pembelajaran yang telah dilakukan. Untuk lebih jelasnya terkait analisis data sebagai berikut :

1. Analisis Data Percobaan

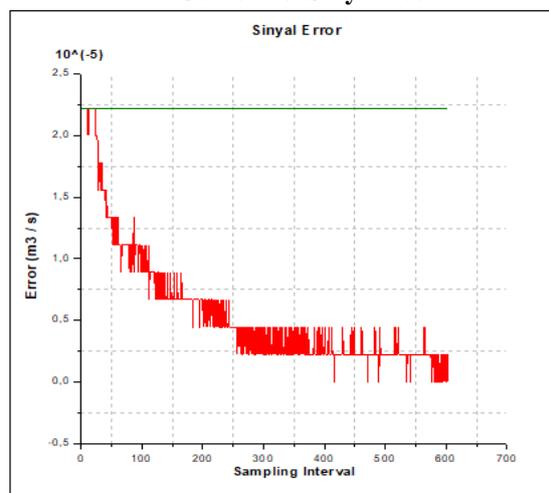
Berdasarkan data hasil pengujian alat yang telah dilakukan, maka diperoleh grafik seperti yang ditunjukkan pada gambar 5-8. Sumbu Horizontal pada gambar merupakan sampling interval, dimana setiap 2 sampling interval bernilai 1 detik, sedangkan sumbu vertikal mengidentifikasi debit dalam satuan m³/detik. Selama percobaan setiap detik diwakili oleh 2 data percobaan. Dari hasil percobaan, bahwa respon sistem cenderung lama dan tidak ada *overshoot*. Sehingga dapat diasumsikan bahwa sistem merupakan orde 1. Nilai *set point* yang digunakan selama percobaan adalah 80 L/jam atau 2,22x10⁻⁵ m³/detik. Karena sistem berorde 1 maka parameter kontrol yang digunakan untuk mengontrol debit adalah parameter proportional Kp dan parameter integral Ki yang nilainya sudah dibahas pada bab sebelumnya.



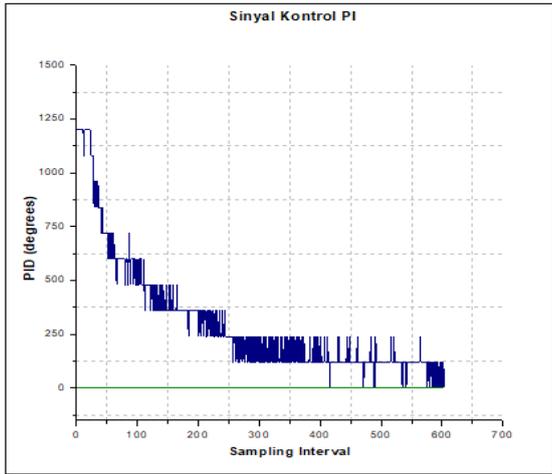
Gambar 5. Sinyal pengukuran debit air



Gambar 6. Sinyal debit air



Gambar 6. Sinyal error



Gambar 8. Sinyal Kontrol PI

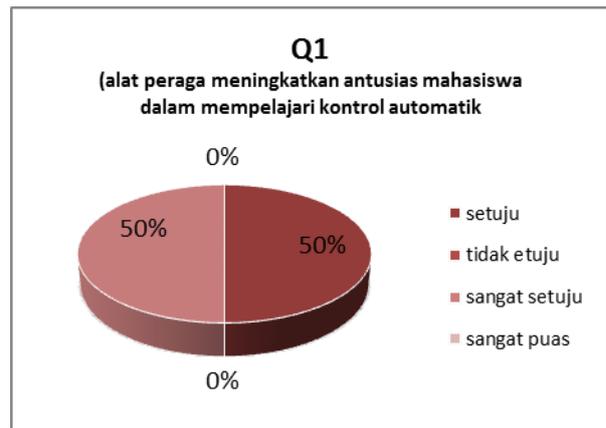
Rise Time (T_r) merupakan waktu yang dibutuhkan sistem untuk naik dari 5% sampai 95% dari kondisi stabil, sehingga dari data dapat ditentukan bahwa nilai T_r adalah 60,17 detik, sedangkan untuk *Settling time* (T_s) yaitu data yang diambil pada saat sistem telah masuk 5% pada kondisi tunak, diperoleh nilai T_s yaitu 70,03 detik. Selain itu dengan nilai sinyal keluaran saat mencapai *steady state* mendekati nilai *set point* maka diperoleh kesalahan kinerja sinyal dalam merespon *steady state* adalah 7,85%.

Pada sistem ini, nilai output dikontrol dengan menggunakan kontrol PI untuk mendapatkan *set point* yang ditetapkan. Sinyal PI yang terbentuk tergantung dari nilai *error*, *delta error*, dan *integral error*. Saat nilai *error* besar, maka sinyal PI akan besar juga sehingga sistem akan dengan cepat stabil. Ketika nilai *error* kecil maka sinyal PI juga kecil hal ini akan membuat sistem lambat sehingga kerja sistem halus. Disimulasikan, mula-mula kondisi q_3 diset 0 L/m dengan *set point* 80L/m hal ini mengakibatkan nilai *error* yang besar.

Tampak pada gambar 7, nilai sinyal PI besar pada saat awal. Akan tetapi, semakin lama nilai *error* akan mengecil, nilai sinyal PI nya pun ikut mengecil dan konvergen menuju 600 sampling interval. Dari gambar diatas dapat disimpulkan bahwa sistem telah dapat mengontrol dengan baik karena sinyal PI konvergen pada nilai yang cukup kecil.

2. Analisis Pembelajaran

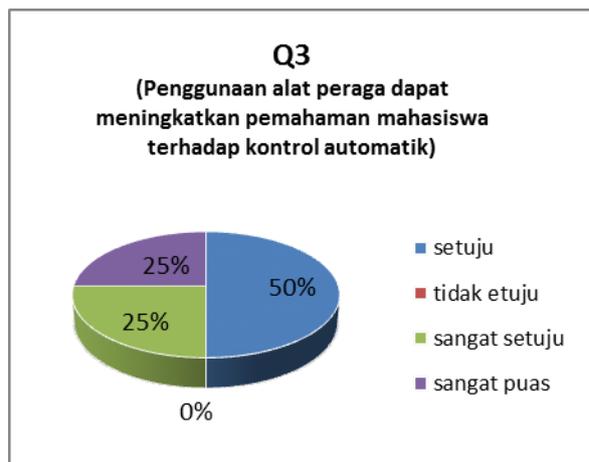
Untuk mengetahui efektivitas pembelajaran melalui percobaan dengan metode proyek sederhana berupa studi kasus, maka dilakukan survey kepada kelompok lain melalui beberapa pertanyaan yang menunjang dalam bentuk kuisioner, yaitu pertanyaan mengenai antusias mahasiswa dalam mempelajari kontrol otomatis, peningkatan keterampilan mahasiswa melalui desain kontrol PI, dan peningkatan pemahaman mahasiswa terhadap mata kuliah kontrol otomatis. Hasil kuesioner ditampilkan pada gambar 9-11.



Gambar 9. Antusias mahasiswa dalam mempelajari kontrol otomatis



Gambar 10. peningkatan keterampilan mahasiswa melalui desain kontrol PI



Gambar 11. peningkatan pemahaman mahasiswa terhadap kontrol otomatis melalui alat peraga

Berdasarkan gambar diatas, dapat terlihat bahwa 50% responden setuju dan 50% lagi sangat setuju bahwa dengan adanya alat peraga yang dibuat dapat meningkatkan minat belajar mahasiswa terhadap kontrol otomatis, selain itu aktifitas desain kontrol PI menggunakan pendekatan studi kasus mampu meningkatkan keterampilan mahasiswa dalam merancang dan membuat alat tersebut hal ini ditunjukkan

dengan 50% responden setuju dan 50% lagi sangat setuju. Dan yang terakhir penggunaan alat peraga ini dapat meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap kontrol otomatis, dengan hasil responden yaitu 50% setuju, 25% sangat setuju dan 25% sangat puas.

Secara keseluruhan pembelajaran melalui proyek ini berdampak positif terhadap proses pembelajaran, hal ini sejalan dengan beberapa manfaat yang didapatkan dari penerapan pembelajaran berbasis proyek yaitu dapat meningkatkan minat belajar mahasiswa dan mampu menambah keterampilan mahasiswa karena dituntut untuk bekerjasama dan menggali kemampuannya dari berbagai disiplin ilmu yang menunjang, sehingga hal tersebut secara tidak langsung dapat membantu meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap pembelajaran kontrol otomatis.

Selain itu dalam pembelajaran proyek juga dapat meningkatkan sikap saling menghargai dan tanggung jawab terhadap anggota kelompoknya, hal ini sangat menunjang pada keberhasilan dari setiap kelompoknya.

KESIMPULAN

1. Pembuatan prototype debit air dipengaruhi oleh karakteristik dan kinerja *sistem*, Hasil pengujian alat menunjukkan nilai yang mendekati rise time (T_r) 66.17 detik, settling time (T_s) 70.32 detik dan steady state error sekitar 7.85% relatif terhadap nilai set point.
2. Selama kegiatan perancangan dan pengujian alat tampak bahwa mahasiswa lebih antusias dalam pembelajaran, sehingga hal tersebut dapat membantu pemahaman dan pengetahuan mahasiswa terhadap materi kontrol otomatis secara lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mills, Julie E. (2003). Engineering Education - is Problem based or Project-Based Learning The Answer? Australian Journal of Engineering Education.
- [2] Hung, Chun Ming (2012). A Project-based Digital Storytelling Approach for Improving Students' Learning Motivation, Problem-Solving Competence and Learning Achievement. *Educational Technology & Society*.
- [3] Sumarni, Woro (2013). The Strengths and weaknesses of the Implementation of Project Based Learning: A Review. *International Journal of Science and Research (IJSR)*
- [4] Hang, C. C., & Åström, K. J. (1987). Refinements of the Ziegler-Nichols tuning formula for PID auto-tuners. *Technical Reports*.

[5] De Paor, A. M., & O'Malley, M. (1989). Controllers of Ziegler-Nichols type for unstable process with time delay. *International Journal of Control*, 49(4), 1273-1284.

[6] Hägglund, T., & Åström, K. J. (2002). Revisiting The Ziegler- Nichols Tuning Rules For Pi Control. *Asian Journal of Control*, 4(4), 364-380.

[7] S.M. Girirajkumar, K.Ramkumar, Bodlarakesh, Sanjay Sarma O.V. and Deepak Jayaraj, "Real Time Interfacing of a Transducer with a Non-Linear Process Using Simulated Annealing", *Sensors and Transducers Journal*, Vol.121, Issue 10, October 2010, Pp.:29-4.1