

STUDI EKSPERIMEN *THREE ELEMENT CONTROL* PADA TANGKI BAHAN BAKAR DENGAN METODE *FEEDBACK – FEEDFORWARD* MENGGUNAKAN SIMULINK

Ratna Patmasari¹, Erik Tridianto², dan Hendrik Elvian GP³

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya^{1,2,3}

e-mail: ratnafas2@gmail.com

ABSTRACT

A fuel tank at the plant is one important component in the generation process. This tank will supply fuel for internal combustion engines. The method used in this system is the feedback – feed forward and controls used were three element control which configuration there is the addition of feed water flow control and also separate control feed water flow from the level control tank, and it allows a quick response to variations in water flow bait without affecting the level of the tank., Expected performance is the quantity (shown on the big Integral Absolute Error (IAE) is small) and quality (maximum overshoot small, settling time small and state error steady is small anyway). And by applying the Simulink modeling which can be used as a means of modeling, simulation, and analysis of a dynamic system that aims to maintain the set point level of 70%. From the data obtained by the method of Ziegler - Nichols to reach the setpoint of 70% which is a settling time of 8s, value overshoot maximum of 18.4% of a value set point the specified and error steady state at 1.09%.

Keywords - Tank, Three Element Control, feedback – feed forward, Ziegler - Nichols, Simulink

ABSTRAK

Tanki bahan bakar pada pembangkit merupakan salah satu komponen penting dalam suatu proses pembangkitan. Tangki ini akan mensuplai bahan bakar untuk mesin pembakaran. Metode yang digunakan dalam sistem ini yaitu dengan *feedback – feedforward* dan pengendalian yang digunakan adalah *three element control* yang mana konfigurasi terdapat penambahan *feedwater flow control* dan juga memisahkan kontrol aliran air umpan dari tingkat kontrol tangki, dan hal itu memungkinkan respon cepat untuk variasi dalam aliran air umpan tanpa mempengaruhi tingkat tangki.. Performansi yang diharapkan adalah secara kuantitas (ditunjukkan dari besar *Integral Absolute Error (IAE)* yang kecil) dan secara kualitas (*maximum overshoot* yang kecil, *settling time* yang kecil dan *error steady state* yang kecil pula). Serta dengan menerapkan pemodelan Simulink yang mana dapat digunakan sebagai sarana pemodelan, simulasi, dan analisa dari sistem dinamik yang bertujuan menjaga *setpoint* level sebesar 70%. Dari data yang didapatkan dengan metode *Ziegler – Nichols* untuk mencapai setpoint sebesar 70% yaitu waktu settling time sebesar 8s, nilai *maximum overshoot* sebesar 18.4% dari nilai *setpoint* yang ditetapkan dan *error steady state* sebesar 1.09%.

Kata Kunci — Tangki, Three Element Control, feedback – feedforward, Ziegler – Nichols, Simulink

PENDAHULUAN

Tangki bahan bakar pada pembangkit merupakan salah satu komponen penting dalam suatu proses pembangkitan. Tangki ini akan mensuplai bahan bakar untuk mesin pembakaran. Bahan bakar di dalam tangki penyimpanan dipompa dan disaring terlebih dahulu, kemudian disimpan di dalam tangki penyimpanan sementara yang selanjutnya dipergunakan untuk *start up* mesin – mesin pada pembangkit.[1]

Ada tiga jenis pengendalian, yaitu: *Single element*, *Two-element*, dan *Three-element*. Dan dalam penelitian ini yang dipakai adalah *Three-element control* karena merupakan konfigurasi yang paling lengkap, dengan penambahan *feedwater flow control* dalam konfigurasi. *Three-element* mengukur level air dalam tangki, tekanan, dan aliran air sebagai umpan balik. Dalam *Three-element control*, asumsinya adalah bahwa katup air umpan dapat memberikan jumlah yang sama air umpan untuk menggantikan air yang hilang. Variasi tekanan tangki yang mempengaruhi laju aliran air umpan dan hasilnya adalah fluktuasi level tangki. *Three-element control* memisahkan kontrol aliran air umpan dari tingkat kontrol tangki, dan hal itu memungkinkan respon cepat untuk variasi dalam aliran air umpan tanpa mempengaruhi tingkat tangki. *Setpoint* ke *loop* kontrol air umpan adalah

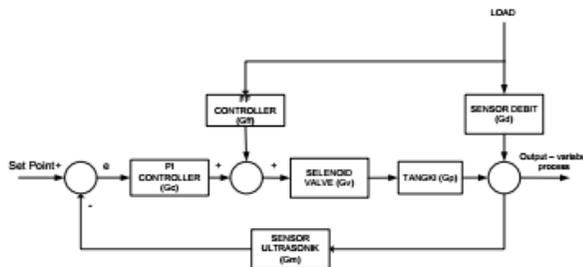
jumlah beban air dan *trim* level tangki. Dalam *Three-element control*, sinyal umpan balik adalah aliran air umpan rate dikurangi massa laju aliran uap.

Dalam tugas akhir ini akan dilakukan *tuning* PID dengan metode *Ziegler – Nichols* pada sistem pengendalian tekanan dan laju aliran untuk mengurangi dan bahkan menghindari terjadinya *overflow*. Performansi yang diharapkan adalah secara kuantitas (ditunjukkan dari besar *Integral Absolute Error* (IAE) yang kecil) dan secara kualitas (*maximum overshoot* yang kecil, *settling time* yang kecil dan *error steady state* yang kecil pula). Serta dengan menerapkan pemodelan Simulink yang mana dapat digunakan sebagai sarana pemodelan, simulasi, dan analisa dari sistem dinamik yang bertujuan menjaga *setpoint* level sebesar 70%.

TINJAUAN PUSTAKA

A. Metode Feedback – Feedforward

Pada sistem kendali level air jika terjadi perubahan load yaitu berubahnya level air maka yang digunakan adalah sistem kendali *feedback*. Namun, jika perubahan level air juga dipengaruhi oleh gangguan lain, misal kebocoran maka yang dibutuhkan adalah sistem kendali *feedforward*.



Gambar 1. Kendali Feedback – Feedforward

B. Metode Tuning Ziegler – Nichols

Pemodelan matematis *plant* biasanya susah untuk dilakukan. Jika hal ini terjadi maka perancangan pengendali PID secara analitis tidak mungkin dilakukan sehingga perancangan pengendali PID harus dilakukan secara eksperimental.

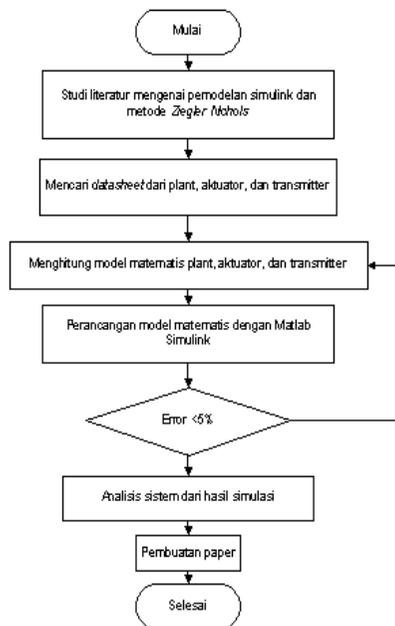
Pada bagian ini akan dibahas tentang perancangan pengendali PID secara eksperimental dengan aturan *Ziegler – Nichols*. *Ziegler* dan *Nichols* memberikan aturan untuk menentukan nilai K_p , τ_i , dan τ_d yang didasarkan pada karakteristik respon transien dari *plant*. Pertama dengan menentukan K_p hingga sistem berosilasi pada periode yang serta amplitudo yang tetap. Dari osilasi tersebut dapat diketahui periode P_{cr} serta K_p osilasi. Selanjutnya dilakukan perhitungan seperti pada Tabel 2.2. berdasarkan referensi dari Ogata dan Amarendra:

Tabel 1. Tuning Zeigler Nichols

I tipe Pengendali	K_p	τ_i	τ_d
P	$0.5K_{cr}$	∞	0
PI	$0.45K_{cr}$	$\frac{1}{1.2}P_{cr}$	0
PID	$0.6K_{cr}$	$0.5P_{cr}$	$0.125P_{cr}$

METODE

Tahapan – tahapan yang dilakukan pada penelitian ini dijelaskan melalui flowchart berikut.



Gambar 2. Flowchart

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur pada pemodelan system feedback – feedforward dan juga mengenai model matematis yang akan dimasukkan ke dalam pemodelan Matlab Simulink.

A. Model Matematis Plant, Aktuator, dan Transmitter

Pemodelan ini dilakukan dengan menghitung fungsi transfer dari plant, aktuator, dan sensor.

1. Fungsi Transfer Tangki

Maka debit keluaran dapat dicari dengan

$$m \times g \times h = \frac{1}{2} m \times v^2$$

Untuk mendapatkan fungsi transfer tangki perlu diketahui Resistansi (R) serta Kapasitansi (C) Volum tabung tiap ketinggian 1m adalah

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot t \text{ (m}^3\text{)} \quad ; \Delta H = \frac{Q_{out}}{V} \text{ (m)}$$

Dari data di atas dapat dihitung C dan R sebesar

$$R = \frac{\Delta H}{\Delta Q} \quad ; C = \frac{\Delta V}{1}$$

Maka fungsi transfernya

$$FT = \frac{R_2 + R_1}{C(R_1 \times R_2)s + (R_1 + R_2)}$$

2. Fungsi Transfer Transmitter

$$Gt = \frac{I_{max} - I_{min}}{H_{max} - H_{min}}$$

Maka fungsi transfernya

$$FT = \frac{Gt}{s+1}$$

3. Fungsi Transfer Aktuator untuk Level

$$Gcv = \frac{flow \ max - flow \ min}{I_{max} - I_{min}}$$

$$; ta = tv(\Delta V + Rv)$$

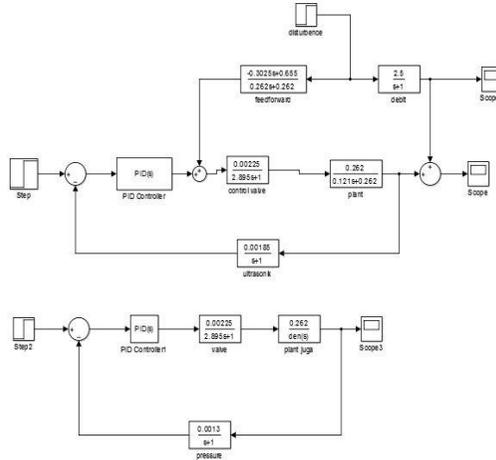
$$\Delta V = \frac{Aliran \ maksimum - Aliran \ minimum}{Aliran \ maksimum}$$

Maka fungsi transfernya

$$FT_{cv} = \frac{G_{cv}}{ta s + 1}$$

B. Perancangan Model Matlab Simulink

Berikut ini merupakan gambar rancangan dari plant pada Matlab Simulink.



Gambar 3. Perancangan Model Matlab Simulink

HASIL DAN PEMBAE

A. Blok Diagram Feedback – Feedforward Open Loop

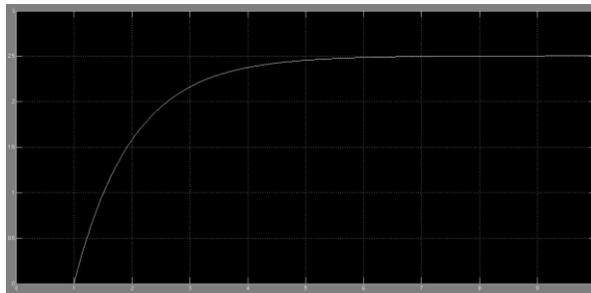
Pengujian open loop dilakukan untuk melihat karakteristik dari proses dengan melihat respon perubahan pada *plant*. Dari respon tersebut nantinya akan dapat dilihat apakah proses memerlukan kontrol atau tidak.



Gambar 4. Digram Blok Open Loop

B. Hasil Tuning Feedback – Feedforward Open Loop

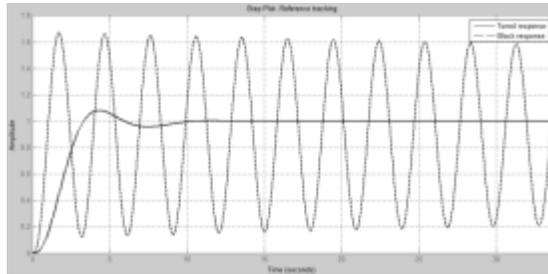
Dari blok diagram diatas dilakukan simulasi sehingga dari *scope* didapatkan respon keluaran *open loop* pada gambar berikut ini.



Gambar 5. Hasil Simulasi Open Loop

C. Hasil Tuning Feedback – Feedforward Closed Loop

Berikut ini adalah respon osilasi untuk mendapatkan *Pcr* dengan tuning *Kp* sebesar 59. Hal ini menjdai syarat dalam menentukan nilai parameter *P*, *I*, *D* pada tuning *Ziegler – Nichols*.



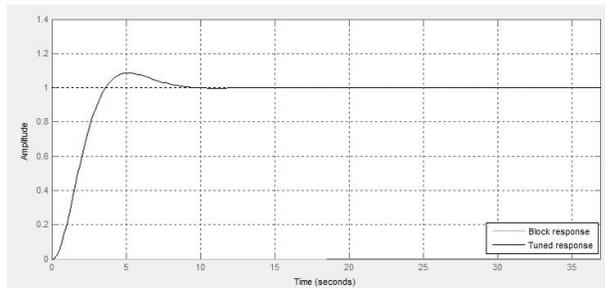
Gambar 6. Osilasi $K_p = 59$

Dari respon osilasi diatas didapat nilai K_{cr} sebesar 55 dan nilai P_{cr} sebesar 5. Maka konfigurasi tuning Ziegler – Nichols ditunjukkan dengan tabel dibawah ini

Tabel 3.1 Tuning Ziegler – Nichols

Tipe Pengendali	P	I	D
PID	35.4	1.305	0.33

Hasil tuning P, I, D yang mana nilainya sesuai dengan tabel 3.1 ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 7. Tuning $P=35.4, I=1.305, D=0.33$

Dari hasil tuning sesuai tabel 3.1 didapatkan hasil *Integral Absolute Error*, *Maximum Overshoot*, dan *Settling time*. Untuk mencapai *setpoint* level sebesar 70% menggunakan kontroler PI, dibutuhkan waktu *settling time* sebesar 8s, nilai *maximum overshoot* sebesar 18.4% dari nilai *setpoint* yang ditetapkan dan *error steady state* sebesar 1.09%.

Dalam penelitian ini selain mencoba menggunakan metode tuning Ziegler – Nichols, juga dilakukan perbandingan menggunakan metode *auto tuning*. Dan hasil yang didapat yaitu nilai P sebesar 6.679, I sebesar 1.52, dan D sebesar 0.38. Dengan waktu *settling time* yang dibutuhkan sebesar 3.69s, nilai *maximum overshoot* sebesar 8.54%.

KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari data yang didapatkan dengan metode Ziegler – Nichols untuk mencapai *setpoint* sebesar 70% yaitu waktu *settling time* sebesar 8s, nilai *maximum overshoot* sebesar 18.4% dari nilai *setpoint* yang ditetapkan dan *error steady state* sebesar 1.09%
2. Dari percobaan *auto tuning* yaitu nilai P sebesar 6.679, I sebesar 1.52, dan D sebesar 0.38. Dengan waktu *settling time* yang dibutuhkan sebesar 3.69s, nilai *maximum overshoot* sebesar 8.54%. Antara metode Ziegler – Nichols dan metode *auto tuning* tidak berbeda jauh

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ogata, Katsuhiko; 1997; *Teknik Kontrol Automatik*; Erlangga
- [2] Dale E. Seborg, Duncan A. Mellichamp, Thomas F. Edgar, Francis J. Doyle III; 2011; *Process Dynamics and Control 3rd ed* ; Wiley
- [3] Gregory K, McMillan; 1999; *Process/Industrial Instruments And Controls Handbook*; The McGraw-Hill Companies, Inc; United States of America
- [4] Gunterus, Frans; 1994; *Falsafah Dasar : Sistem Pengendalian Proses*; Elex Media Komputindo; Jakarta
- [5] Utomo, Nyulio Budi dan Ya`umar; 2012; “Perancangan Sistem Pengendalian Tekanan dan Laju Aliran pada Pipa Bahan Bakar untuk Kebutuhan Awal Pembakaran Gas Turbin di PLTGU”; ITS; Surabaya