



IMPLEMENTASI PENGONTROL PID PADA MODEL FISIS ELEKTRONIK

Darmawan Hidayat¹, Eppstian Syah As'ari², Nendi Suhendi Syafei³

^{1,3}Jurusan Teknik Elektro, Universitas Padjadjaran

²Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Padjadjaran

Jl. Raya Bandung-Sumedang km. 21, Jatinangor, 45363, Jawa Barat

darmawan.hidayat@unpad.ac.id

ABSTRAK

Pengontrol proporsional, integral plus derivatif (PID) merupakan suatu strategi kendali yang paling banyak digunakan di industri untuk mengatasi masalah-masalah dalam sistem kendali dan untuk keperluan sistem kendali otomatis suatu proses. Oleh karena itu, pemahaman atas kinerja dan penerapan pengontrol PID sangat diperlukan guna keperluan analisis performansi suatu sistem kendali. Makalah ini melaporkan implementasi pengontrol PID dan analisis respon pengontrol PID elektronik sistem kendali umpanbalik pada suatu model fisis elektronik yang dibangun dari komponen elektronika resistor (R) dan kapasitor (C) guna keperluan peraga kelas dan praktikum sistem kendali di Program Studi Teknik Elektro, Universitas Padjadjaran. Dengan cara ini besaran yang terlibat adalah tegangan sehingga memudahkan pengamatan di osiloskop untuk analisis respon pengaruh parameter K_p , K_i dan K_d pengontrol PID di laboratorium. Analisis respon dilakukan melalui eksperimen dan simulasi komputer. Analisis respon menunjukkan bahwa jika K_p diperbesar maka keadaan mantap akan lebih lambat tercapai, tetapi terjadi kesalahan keadaan mantap. Setelah menggunakan pengontrol integral, kesalahan keadaan mantap hilang dan jika K_i diperbesar maka keadaan mantap lebih cepat tercapai, tetapi osilasi bertambah. Setelah menggunakan pengontrol diferensial, osilasi berkurang dan jika K_d diperbesar maka keadaan mantap akan lebih cepat tercapai. Sistem kendali dengan pengontrol PID telah dibangun dan diuji melalui model fisis elektronik rangkaian RC. Hasil analisis respon sistem melalui eksperimen dan simulasi menyimpulkan bahwa perangkat sistem kendali umpanbalik yang dibangun menunjukkan performansi yang sesuai dengan teori kendali otomatis dan dapat digunakan guna keperluan proses belajar-mengajar.

Keywords : *pengontrol PID, analisis sistem, model fisis elektronik, simulasi, respon kendali*

PENDAHULUAN

Terdapat beberapa aksi dasar pengontrolan yang biasa digunakan pada pengontrol otomatis di industri. Pengontrol-pengontrol tersebut adalah

pengontrol dua posisi atau *on-off*, pengontrol proporsional (P), pengontrol integral (I), pengontrol proporsional plus integral (PI), pengontrol proporsional plus derivatif (PD), dan pengontrol

proporsional plus integral plus derivatif (PID) [1,2]. Pengontrol P memiliki keunggulan mempercepat respon, namun juga memiliki kelemahan. Respon yang dihasilkan akan mengalami *Error Steady State* (kesalahan keadaan-mantap). Kesalahan keadaan mantap ini menyebabkan nilai respon ketika keadaan-mantap tidak sama dengan nilai acuannya (*set point*). Dengan kata lain akurasi pengontrolan respon mengandung kesalahan. Masalah tersebut dapat diatasi dengan pengontrol PI, respon yang dihasilkan tidak mengalami kesalahan keadaan mantap, namun respon akan mengalami peningkatan osilasi. Tetapi masalah pada pengontrol PI ini dapat diatasi dengan pengontrol PD, sehingga osilasi respon dapat dikurangi. Untuk mengatasi masalah-masalah tersebut dan menghasilkan respon yang baik sesuai dengan kriteria pengontrolan, pengontrol PID adalah solusinya. Pengontrol PID memiliki beberapa parameter pengaturan untuk pengontrolan yang memungkinkan untuk mengatur dinamika sistem kendali seperti yang diinginkan, sehingga banyak digunakan dalam sistem kontrol di industri[3,4].

Pengontrol PID memiliki tiga parameter pengontrolan, yaitu pengontrol Proportional (P), Integral (I), dan Derivatif (D). Tiga komponen tersebut merupakan tiga parameter independen. Dengan mengatur parameter P, I, dan D maka kriteria pengontrolan dapat dipenuhi, seperti: respon sistem cepat, tidak terdapat kesalahan keadaan mantap, overshoot dapat dikurangi, osilasi dapat diredam, waktu-settling yang cepat [5,6,7]. Oleh karena itu, diperlukan model suatu sistem kendali yang menerapkan pengontrol PID guna analisis performansi

pengontrol PID untuk pengendalian suatu besaran fisis. Tujuan makalah ini adalah memaparkan suatu strategi untuk analisis performansi pengontrol PID dengan menggunakan model fisis elektronik yang dibangun dari komponen elektronik resistor dan kapasitor (R dan C). Untuk proses pembelajaran teknik kendali otomatis dapat digunakan solusi ini. Jadi, penelitian ini juga dapat memberikan solusi alternatif untuk keperluan pembelajaran (praktikum) di laboratorium khususnya Praktikum Pengaturan dan Kendali.

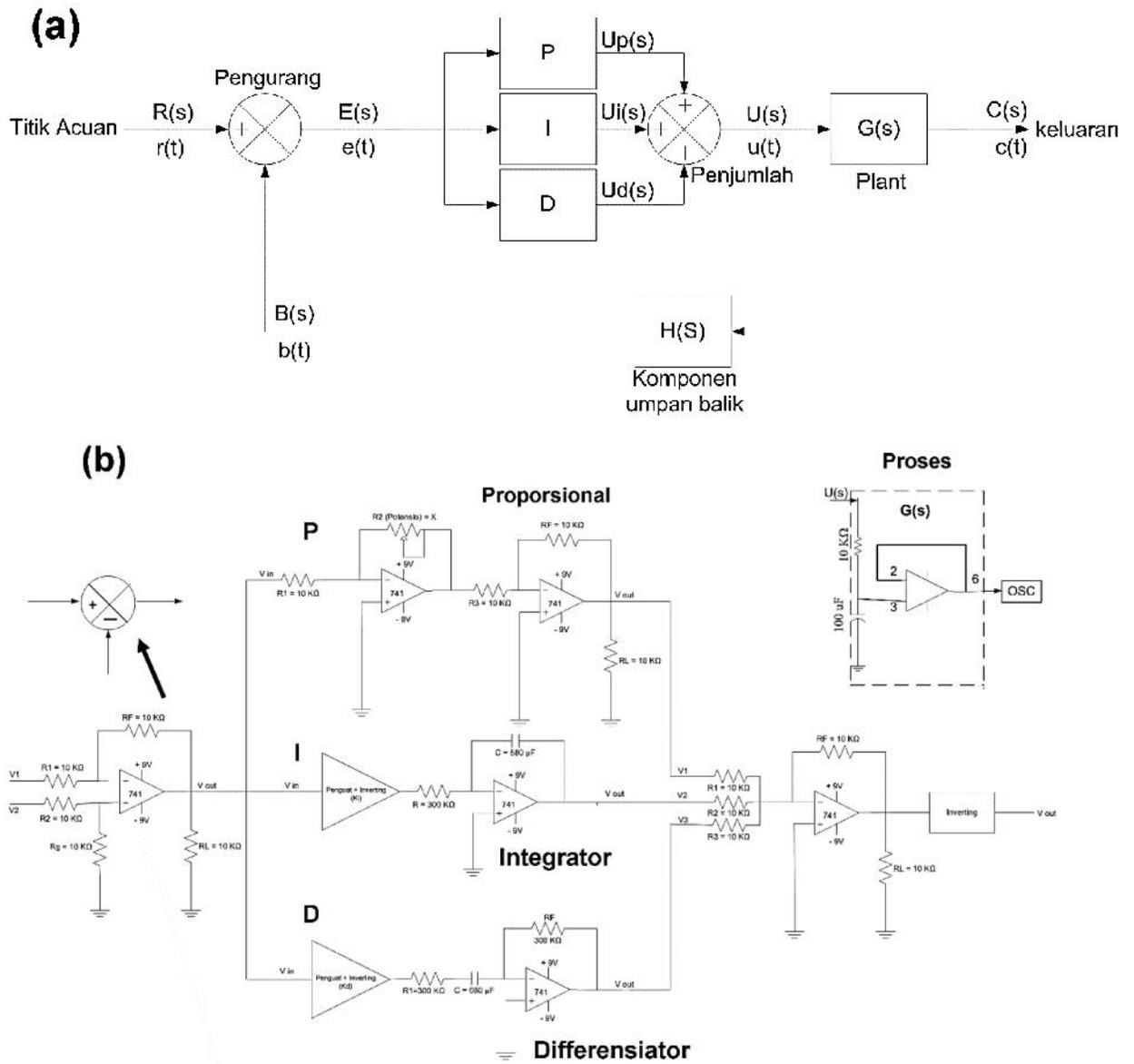
METODE PENELITIAN

Sistem kendali umpanbalik dengan pengontrol PID dapat dilihat pada **Gambar 1.a**, yang terdiri dari sistem detektor-kesalahan pengontrol PID, proses dan komponen umpanbalik [8,9]. Seluruh sistem dalam sistem kendali ini dibangun dari model fisis rangkaian elektronik komponen resistor dan kapasitor (R dan C). **Gambar 1.b** memperlihatkan rangkaian sistem detektor kesalahan, pengontrol PID, penjumlahan dan proses. Detektor kesalahan diwujudkan dalam sebuah rangkaian komparator operasional-ampifier (op-amp). Pengontrol P dari sebuah penguat proporsional dengan penguatan K_p sedangkan pengontrol I dan D dibangun dari sebuah rangkaian op-amp integrator dan diferensiator, yang penguatannya dapat diatur dengan nilai masing-masing K_i dan K_d . Proses dan umpanbalik diwujudkan dengan sistem orde-satu (**Gambar 1.b**). Dengan cara ini, seluruh besaran fisis yang terlibat adalah berupa tegangan sehingga seluruh sinyal

respon sistem dapat diamati dengan mudah pada osiloskop dan selanjutnya dapat dibuat antarmuka ke komputer guna membangun sistem pengendalian berbasis komputer dan keperluan alat peraga pengajaran di laboratorium [3].

sinyal masukan step-satuan. Pengaruh nilai K_p , K_i dan K_d terhadap respon transien dan keadaan-mantap respon diteliti. Sinyal aksi $U(s)$ dan respon $C(s)$, diamati melalui sebuah osiloskop (Combiscope Philips PM3331) dan direkam menggunakan kamera digital.

Analisis respon meliputi analisis transien dan keadaan-mantap terhadap



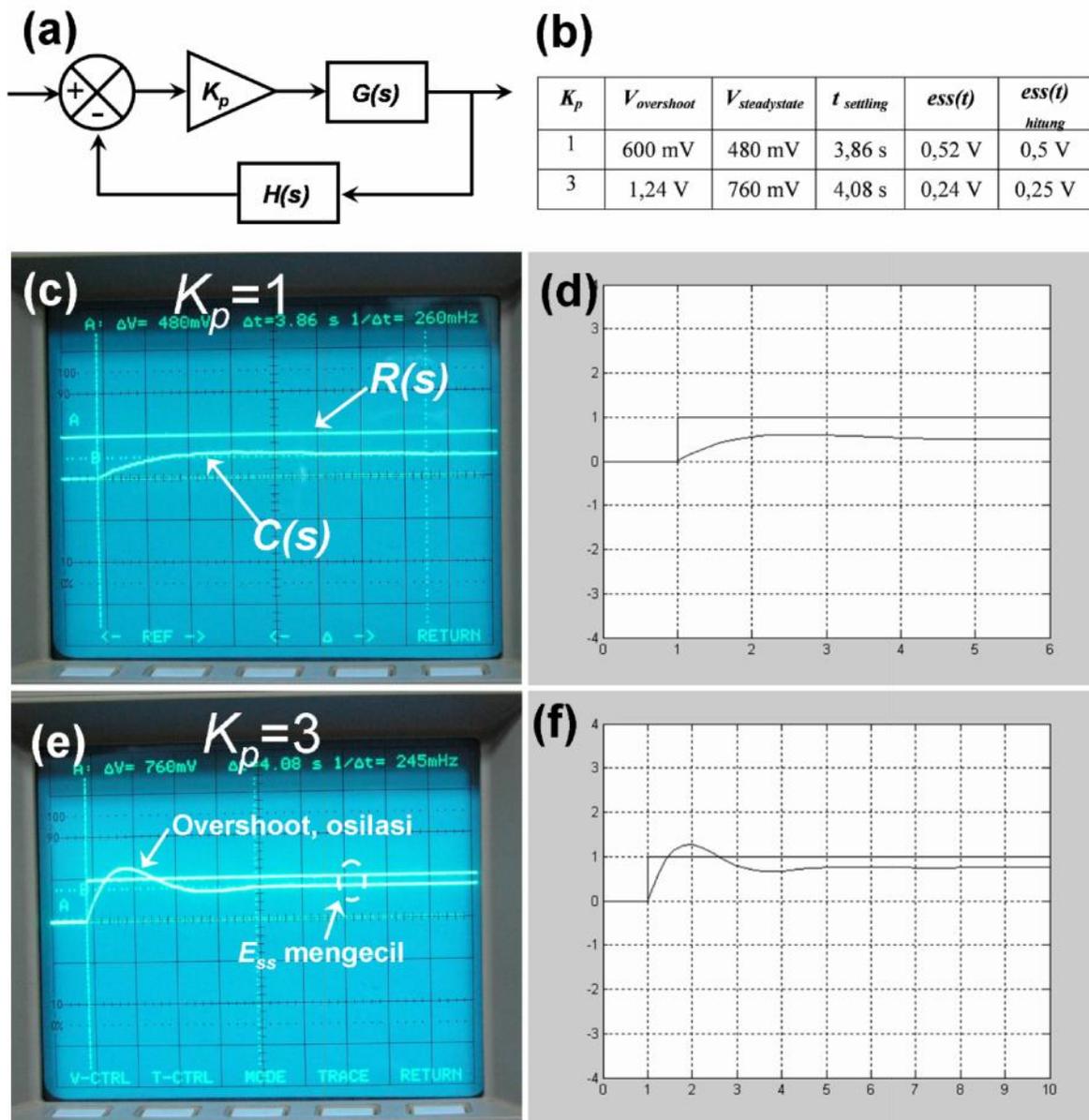
Gambar 1. Sistem kendali umpanbalik dengan pengontrol PID (a) blok diagram sistem kendali (b) rangkaian elektronik pengontrol PID dan proses.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengaruh pengontrol proporsional pada respon sistem kendali terhadap masukan step-satuan dapat dilihat pada **Gambar 2**. Untuk nilai K_p sama dengan satu terdapat kesalahan keadaan-mantap yaitu terdapat selisih nilai antara acuan dan respon, $e_{ss}(t)$ (**Gambar 2.c** dan **d**). Jika K_p diperbesar (seperti **Gambar 2.e** dan **f**, $K_p=3$) maka keadaan mantap akan lebih cepat tercapai dan kesalahan keadaan-mantap mengecil. Namun, kesalahan keadaan-mantap tetap terjadi dan dengan memperbesar nilai K_p ,

maka terjadi overshoot dan osilasi pada respon sistem. Kesalahan keadaan mantap hasil perhitungan ($e_{ss}(t)_{hitung}$) menggunakan Persamaan (1) sesuai dengan respon hasil pengujian dan simulasi Simulink. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem kendali umpanbalik mengandung kesalahan keadaan-mantap yang dapat diperkecil dengan menerapkan pengontrol proporsional.

$$e_{ss}(t) = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{[1 + G(s).H(s)] - G(s)}{1 + G(s).H(s)} \quad (1)$$



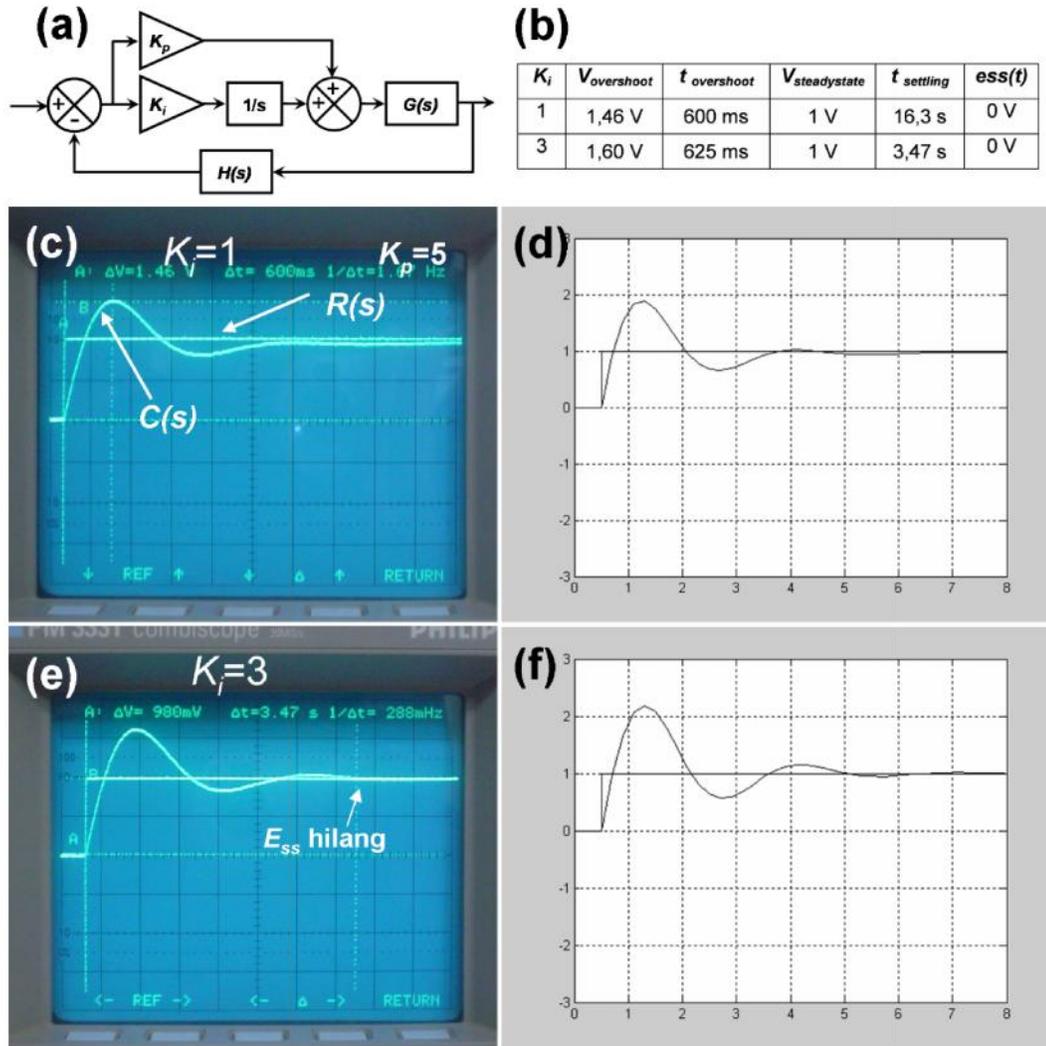
Gambar 2. Pengujian pengontrol P (a) sistem kendali dengan pengontrol P (b) karakteristik respon. Hasil uji eksperimen dan simulasi pengaruh pengontrol proporsional untuk nilai (c), (d) $K_p=1$, (e), (f) $K_p=3$

Gambar 3 memperlihatkan pengaruh pengontrol integral pada respon sistem, dengan nilai K_p tetap sebesar 5 dan variasi nilai K_i sebesar 1 dan 3. Dengan menerapkan nilai $K_i=1$, kesalahan keadaan-mantap menjadi berkurang (**Gambar 3.c** dan **d**). Nilai K_i yang

semakin besar, $K_i=5$ seperti terlihat pada **Gambar 3.e** dan **f**, kesalahan keadaan-mantap dapat hilang dan waktu-settling semakin cepat dari 16,3 s menjadi 3,47 s, namun meningkatkan osilasi dan overshoot (**Gambar 3.b**). Hasil ini menunjukkan bahwa pengontrol integral

dapat menghilangkan kesalahan keadaan-mantap dan mempercepat waktu-settling

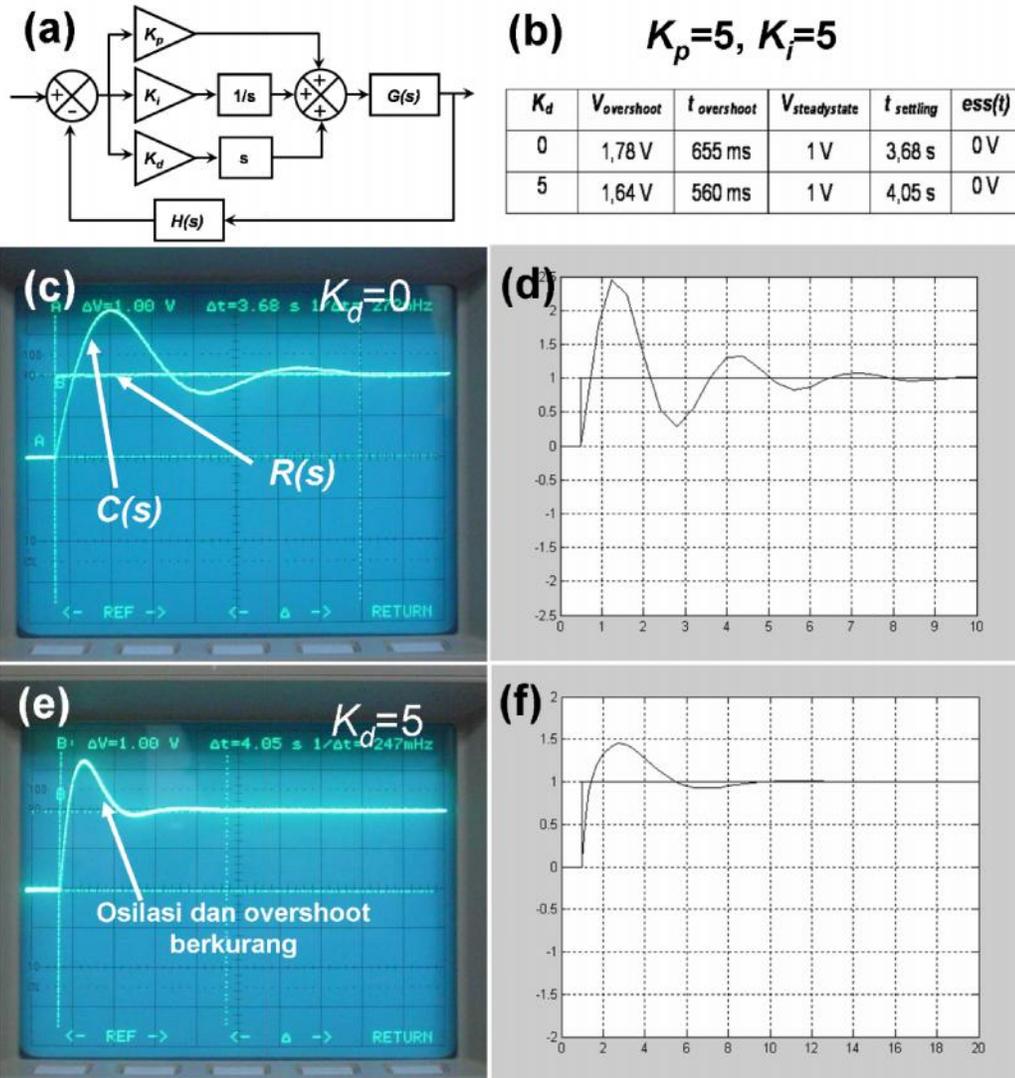
respon dengan konsekuensi meningkatnya overshoot dan osilasi.



Gambar 2. Pengujian pengontrol PI (a) sistem kendali dengan pengontrol PI (b) karakteristik respon. Hasil uji eksperimen dan simulasi pengaruh pengontrol proporsional untuk nilai $K_p=5$ dan nilai (c), (d) $K_i=1$, (e), (f) $K_i=3$

Masalah meningkatnya osilasi dan overshoot pada pengontrol PI dapat diatasi dengan menerapkan pengontrol diferensial seperti terlihat pada **Gambar 4**. Dengan nilai konstan K_p dan K_i masing-masing adalah 5, dan variasi nilai

K_d adalah nol dan 5, terlihat overshoot menjadi berkurang dari 1,78 V menjadi 1.64 V (**Gambar 4.b-f**) dan osilasi juga berkurang. Hasil ini menunjukkan peranan pengontrol diferensial sebagai pengurang osilasi dan overshoot.



Gambar 4. Pengujian pengontrol PID (a) sistem kendali dengan pengontrol PID (b) karakteristik respon. Hasil uji eksperimen dan simulasi pengaruh pengontrol proporsional untuk nilai $K_p=5, K_i=5$ dan nilai (c), (d) $K_d=1$, (e), (f) $K_d=3$

KESIMPULAN

Hasil eksperimen dan simulasi menyimpulkan bahwa pengaturan respon sistem kendali pengontrol PID untuk model fisis elektronik yang dibangun dapat ditala (*tuning*) melalui parameter P, I dan D, sehingga dengan penalaan parameter P, I dan D, kriteria pengendalian dapat dicapai. Respon sistem kendali ini dapat diamati secara

aktual dan *online* sehingga dapat digunakan untuk alat peraga kelas dan laboratorium guna memudahkan proses belajar-mengajar logika sistem pengendalian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] X.Gao, C. Shang, D. Huang, and F. Yang. *A novel approach to monitoring and maintenance of industrial PID controllers*. Control Engineering Practice 64 (2017) 111–126.
- [2] C. B. Kadu and C.Y. Patil. *Design and Implementation of Stable PID Controller for Interacting Level Control System*. Procedia Computer Science 79 (2016) 737 – 746.
- [3] M. N. Anwar and S. Pan. *Synthesis of the PID controller using desired closed-loop response*. 10th IFAC International Symposium on Dynamics and Control of Process Systems. The International Federation of Automatic Control December 18-20, 2013. Mumbai, India.
- [4] P. Prommee, K. Angkeaw. *High performance electronically tunable log-domain current-mode PID controller*. Microelectronics Journal xxx (2017) 1–12 (Article in-press).
- [5] Ch. Anil, R. P. Sree. *Tuning of PID controllers for integrating systems*
- [10] using direct synthesis method. ISA Transactions 57 (2015) 211–219.
- [6] S. Yadav, S. K. Verma, S. K. Nagar. *Optimized PID Controller for Magnetic Levitation System*. IFAC-Papers on Line 49-1 (2016) 778–782.
- [7] T. Samakwong, W. Assawinchaichote. *PID Controller Design for Electro-hydraulic Servo Valve System with Genetic Algorithm*. Procedia Computer Science 86 (2016) 91 – 94.
- [8] Varshney, D. Gupta, B. Dwivedi. *Speed response of brushless DC motor using fuzzy PID controller under varying load condition*. Journal of Electrical Systems and Information Technology 4 (2017) 310–321.
- [9] E.B. Priyanka, C. Maheswari, B. Meenakshipriya. *Parameter monitoring and control during petrol transportation using PLCbased PID controller*. Journal of Applied Research and Technology 14 (2016) 125–131.