

Sebuah Instrumen Virtual Penganalisis Sinyal Dinamik Sederhana untuk Memantau dan Mengontrol Temperatur Aliran Udara

A Simple Dynamic Signal Analyzer Virtual Instrument to Monitoring and Control Airflow Temperature

Asmara Yanto^{1,*}, Anrinal¹, Ryan Adi Pratama²

¹ Department of Mechanical Engineering, Institut Teknologi Padang

² Undergraduate Program, Department of Mechanical Engineering, Institut Teknologi Padang
Jl. Gajah Mada Kandis Nanggalo, Padang, Indonesia

Received 10 September 2016; Revised 18 September 2016; Accepted 20 September 2016, Published 20 October 2016

<http://dx.doi.org/10.21063/JTM.2016.V6.80-85>

Academic Editor: Asmara Yanto (asmarayanto@yahoo.com)

*Correspondence should be addressed to asmarayanto@itp.ac.id

Copyright © 2016 A. Yanto. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License.

Abstract

This work aims to present a Dynamic Signal Analyzer Virtual Instrument (DSA-VI) for monitoring and control the airflow temperature in a prototype of air duct. Here, the DSA-VI has developed by using LabVIEW software and Arduino UNO. To investigate the performance of DSA-VI, an experiment has performed to monitoring and control airflow at settling temperature, 40°C, 50°C, and 60°C, respectively by using the DSA-VI. By assuming that an airflow temperature control system as the first order system, the time constant (τ) should be inspected as one of the system characteristics. The testing at the settling and surrounding temperatures (T_{sp} and T_0) are 40°C and 28.81°C respectively, obtained value of τ is 7.49 s; at T_{sp} and T_0 are 50°C and 29.88°C respectively, obtained value of τ is 11.35 s; and at T_{sp} and T_0 are 60°C and 28.81°C respectively, obtained value of τ is 19.54 s. By using DSA-VI, the value of τ at the transient response can be evaluated. At the steady state response, the airflow temperature has controlled well with the steady state error less than $\pm 2.5\%$.

Keywords: DSA-VI, monitoring, control, airflow temperature, time constant, steady state error

1. Pendahuluan

Dalam proses industri, sering dibutuhkan besaran-besaran yang memerlukan kondisi atau persyaratan yang khusus, seperti ketelitian yang tinggi, harga yang konstan untuk selang waktu tertentu, nilai yang bervariasi dalam suatu rangkuman tertentu, perbandingan yang tetap antara 2 (dua) variabel, atau suatu besaran sebagai fungsi dari besaran lainnya. Kesemuanya itu tidak cukup dilakukan hanya dengan pengukuran saja, tetapi juga memerlukan suatu sistem kontrol agar syarat-syarat tersebut dapat dipenuhi [1-5]. Pada umumnya, sistem kontrol yang digunakan di industri adalah sistem kontrol *on/off* terutama pada sistem kontrol temperatur aliran udara [6-

12]. Sistem kontrol *on/off* banyak digunakan karena sistemnya sederhana dan berharga murah. Di pasaran, pada umumnya sistem kontrol *on/off* yang tersedia masih secara analog [13], sehingga tidak dapat digunakan untuk sistem pemantauan.

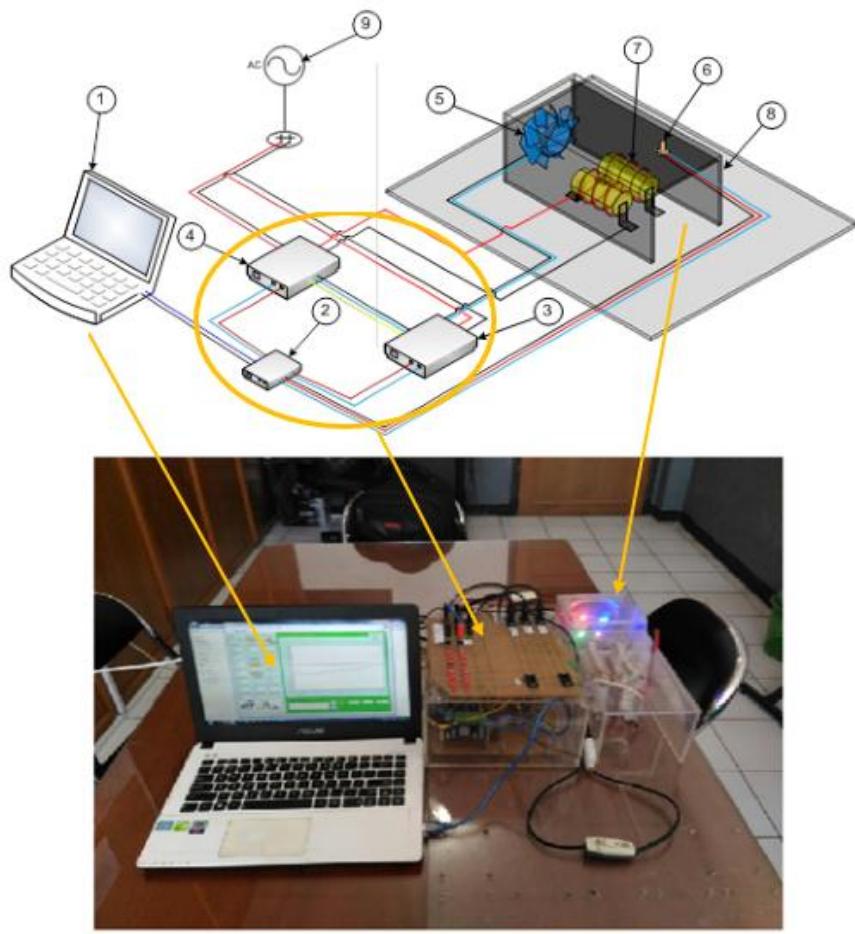
Ada beberapa produk yang digunakan untuk mengontrol temperatur aliran udara dan kebanyakan diproduksi oleh perusahaan-perusahaan yang bergerak di bidang instrumentasi dan kendali seperti Siemens [6], Chromalox [7], CAP [8], Danfoss [9], WPI [10], Belimo [11], dan Omega [12]. Umumnya, produk-produk tersebut menggunakan satu sensor temperatur. Metode pengontrolan yang terdapat pada produk-produk ini biasanya

dilengkapi dengan *set point* temperatur yang digital. Akan tetapi, temperatur yang dikontrol biasanya hanya terpantau pada satu harga tertentu saja tanpa terpantau perubahan harga temperatur sepanjang waktu operasi. Dengan kata lain, respon *transient* dan respon *steady state* tidak termonitor. Oleh sebab itu, diperlukan suatu metode dan instrumen yang dapat memonitor sekaligus mengontrol temperatur aliran udara.

Nurahmadi dan Ashari [14] telah mengembangkan sistem kontrol dan monitoring suhu jarak jauh memanfaatkan *embedded system* mikroprosesor W5100 dan ATMega8535. Sistem kontrol dan monitoring yang telah dikembangkan ini dapat mengontrol temperatur objek dan dapat menyajikan data temperatur yang sesuai dengan keadaan sesungguhnya pada objek. Bentuk komunikasi dari sistem kontrol dan monitoring ini masih serial dan berkomunikasi dengan memanfaatkan paket data TCP/IP. Vendamawan [15] telah mengembangkan sistem monitoring dan kendali suhu reaktor skala laboratorium. Sistem

monitoring kendali ini telah dilakukan secara online menggunakan Wifi dan sudah berjalan baik dengan prosentase kesalahan kisaran di bawah 2%. Pada penelitian yang lain, Yanto dan Hadi [13] telah mengembangkan sistem kontrol untuk mengendalikan temperatur aliran udara pada 3 (tiga) buah saluran udara sekaligus. Akan tetapi, sistem ini belum bisa dimonitor karena sistem kontrol ini masih secara analog.

Berdasarkan uraian di atas, maka pada artikel ini dipaparkanlah sebuah *dynamic signal analyzer* (*DSA*) yang dikembangkan untuk memonitor dan sekaligus mengontrol temperatur aliran udara. Di sini, *DSA* berbasis komputer atau berupa *dynamic signal analyzer virtual instrument* (*DSA-VI*) dengan memanfaatkan perangkat lunak LabVIEW dan perangkat keras Arduino UNO. Dengan *DSA-VI* ini diharapkan dapat ditemukan sistem kontrol yang tidak hanya dapat mengontrol temperatur aliran udara, tetapi juga dapat untuk memonitor fluktuasi temperatur aliran udara baik pada daerah *transient* maupun pada daerah *steady state*.



- | | | |
|----------------------|-----------------------|-------------------------------|
| 1. PC/Laptop | 4. Power trigger (PT) | 7. Heater |
| 2. Arduino Uno | 5. Kipas angin (fan) | 8. Prototipe saluran udara |
| 3. Power supply (PS) | 6. Sensor IC LM35DZ | 9. Tegangan PLN (V_{PLN}) |

Gambar 1. Sistem Monitoring dan Pengontrolan Temperatur Aliran Udara dengan *DSA-VI*

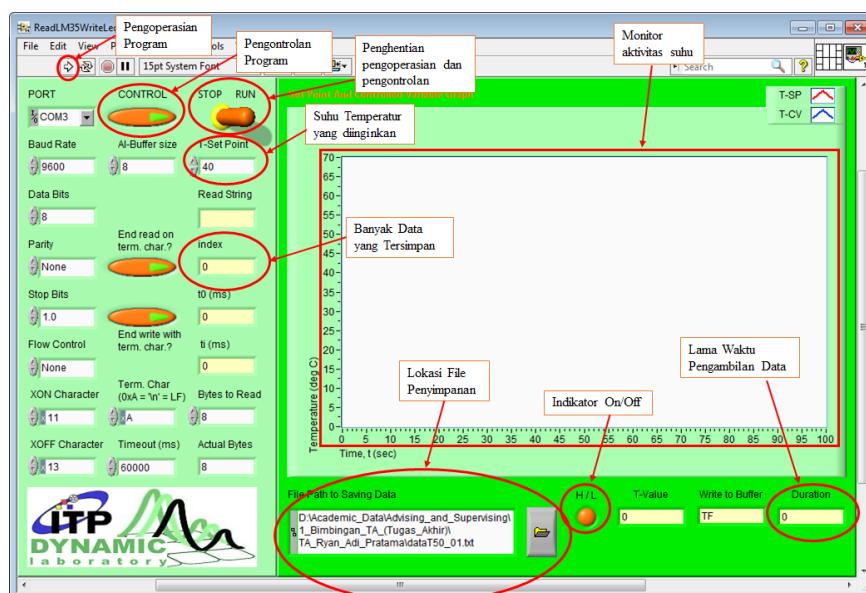
2. Metode

DSA-VI yang dikembangkan untuk mengontrol dan memonitor temperatur aliran udara pada sebuah prototipe saluran dapat dilihat pada Gambar 1. DSA-VI terdiri atas perangkat lunak dan perangkat keras. Perangkat lunak berupa Paket Program LabVIEW dan Arduino IDE dan perangkat kerasnya berupa *personal computer* (*PC*) dan Arduino UNO.

Temperatur yang dikontrol adalah temperatur aliran udara pada sebuah prototipe saluran udara berbentuk persegi. Pada sisi masuk saluran udara ditempatkan sebuah kipas angin (*fan*) yang berfungsi untuk mengalirkan udara menuju sisi keluar saluran udara. Udara yang dialirkan adalah udara dengan temperatur ruang/lingkungan. Di dalam saluran ditempatkan pemanas (*heater*) yang berfungsi untuk memanaskan temperatur udara yang

mengalir di dalam saluran tersebut. *Fan* diaktifkan dengan sebuah *power supply* (*PS*) sedangkan daya listrik yang dibutuhkan oleh *heater* disalurkan oleh *power trigger* (*PT*) dengan cara memicu tegangan PLN (V_{PLN}) ke *heater* berdasarkan aksi kontrol oleh DSA-VI.

Temperatur aliran udara pada sisi keluar diukur dengan sensor IC LM35DZ yang memiliki sensitifitas $10\text{mV}^{\circ}\text{C}$. Sensor ini dihubungkan ke Arduino UNO. Di Arduino UNO, temperatur yang terukur oleh sensor, dibaca. Dengan menggunakan komunikasi serial, data temperatur dari Arduino UNO dapat termonitor oleh *PC* dengan sebuah paket program LabVIEW untuk mengontrol dan memonitor temperatur aliran udara. *Front Panel* dan *Block Diagram* dari paket program LabVIEW ini masing-masing dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. *Front Panel* pada DSA-VI

Saat inisiasi (waktu, $t = 0 \text{ s}$), *PT* tidak akan memicu V_{PLN} ke *heater*, sehingga temperatur aliran udara yang terukur oleh IC LM35DZ sama dengan temperatur udara lingkungan. Setelah harga temperatur *set point* (T_{sp}) diinputkan pada *Front Panel* DSA-VI, *PT* akan memicu 100% V_{PLN} ke *heater* hingga saat temperatur aliran udara berkisar pada harga T_{sp} . DSA-VI melakukan aksi kontrol agar temperatur udara tetap berkisar pada harga T_{sp} . Aksi kontrol ini akan mengendalikan *PT* melakukan penyulutan V_{PLN} ke *heater* sehingga *heater* akan mengeluarkan energi panasnya sebanyak yang diperlukan hingga temperatur aliran udara tetap di kisaran T_s .

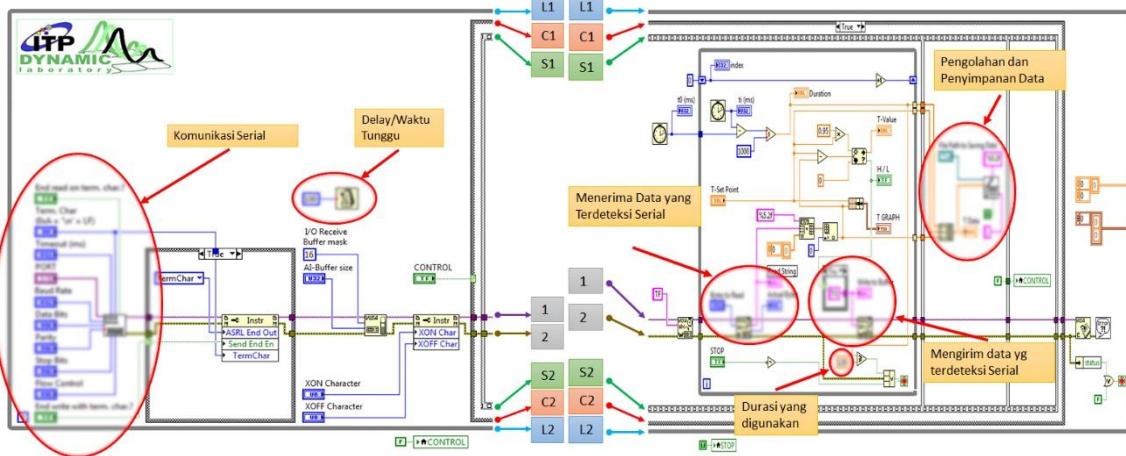
Sistem kontrol yang digunakan merupakan sistem kontrol lup tertutup (*closed-loop control system*) dengan sinyal keluaran yang berpengaruh terhadap aksi pengontrolan seperti pada Gambar 4. Sedangkan aksi kontrol yang digunakan oleh DSA-VI menghasilkan tegangan *heater* (V_{H1}) berdasarkan *firing* sudut fase V_{PLN} sebagaimana yang diperlihatkan pada Gambar 5.

3. Hasil dan Pembahasan

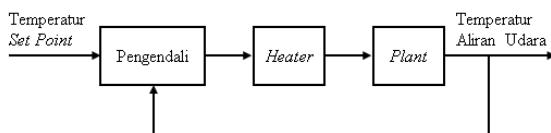
Analisa kinerja sistem monitoring dan pengontrolan temperatur aliran udara ini difokuskan pada karakteristik sistem berupa harga *Time Constant* (τ) sistem orde satu. Hasil monitoring dan pengontrolan pada pengujian pertama diperlihatkan pada Gambar 6.

Temperatur awal (T_0), temperatur *set point* (T_{sp}), batas kesalahan $\pm 2.5\%$ dari T_{sp} , durasi dan harga τ untuk ketiga variasi T_{sp} (40°C , 50°C dan 60°C), juga diperlihatkan pada Gambar 6. Untuk $T_{sp} = 40^\circ\text{C}$ dan $T_0 = 30.76^\circ\text{C}$ diperoleh harga τ sebesar 6,28 second. Ini berarti, sistem membutuhkan waktu untuk mencapai respon 63,21% dari *set point* selama 6,28 second pada temperatur 36.62°C . Sementara, Untuk $T_{sp} =$

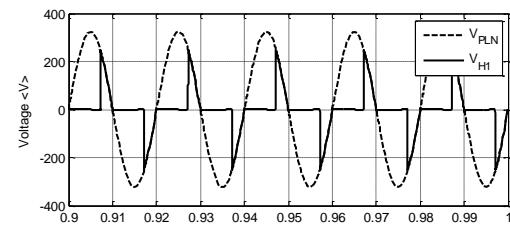
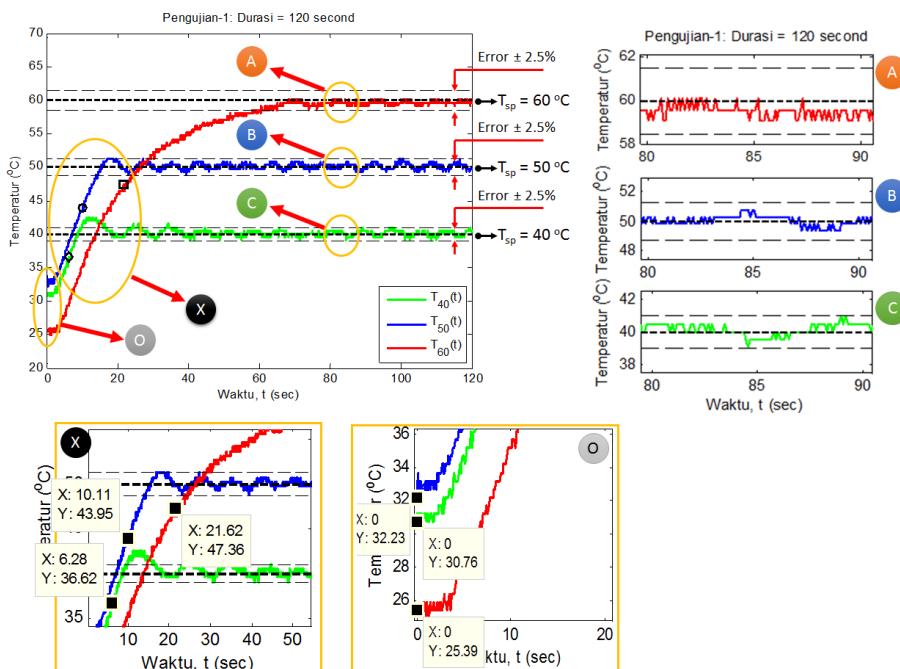
50°C dan $T_0 = 32.23^\circ\text{C}$ diperoleh harga τ sebesar 10.11 second. Ini berarti, sistem membutuhkan waktu untuk mencapai respon 63,21% dari *set point* selama 10.11 second pada temperatur 43.95°C dan dengan $T_{sp} = 60^\circ\text{C}$ dan $T_0 = 25.39^\circ\text{C}$ diperoleh harga τ sebesar 21.62 second. Ini berarti, sistem membutuhkan waktu untuk mencapai respon 63,21% dari *set point* selama 21.62 second pada temperatur 47.36°C .



Gambar 3. Block Diagram pada DSA-VI



Gambar 4. Model sistem pengontrolan temperatur aliran udara sederhana.

Gambar 5. Contoh gelombang firing sudut fase V_{PLN} yang digunakan oleh heater.

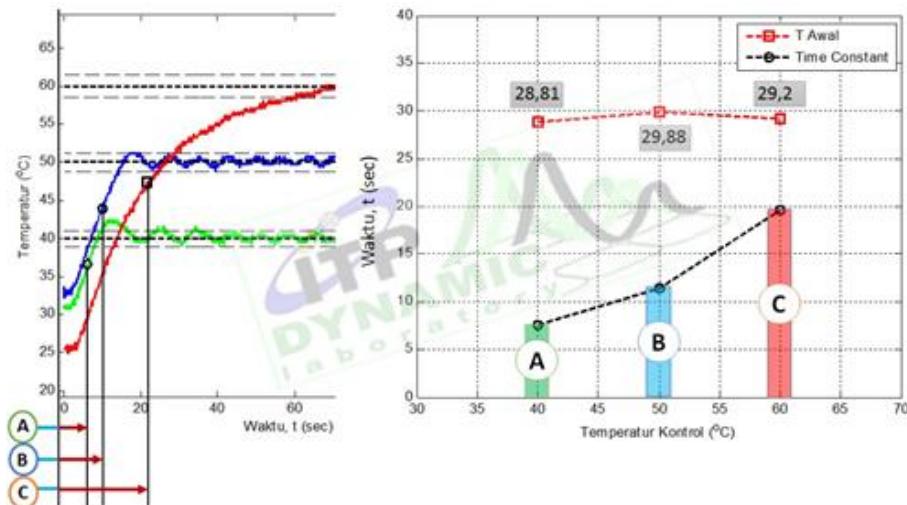
Gambar 6. Hasil Pengujian Pertama DSA-VI

Pengujian untuk monitoring dan pengontrolan yang dilakukan terhadap konsumsi V_{PLN} ke *heater* selama 2 menit sebanyak 5 kali pada setiap T_{sp} . Hal ini dilakukan untuk mengevaluasi harga *Time Constant* (τ) pada respon *transient*. Hasil kelima pengujian ini

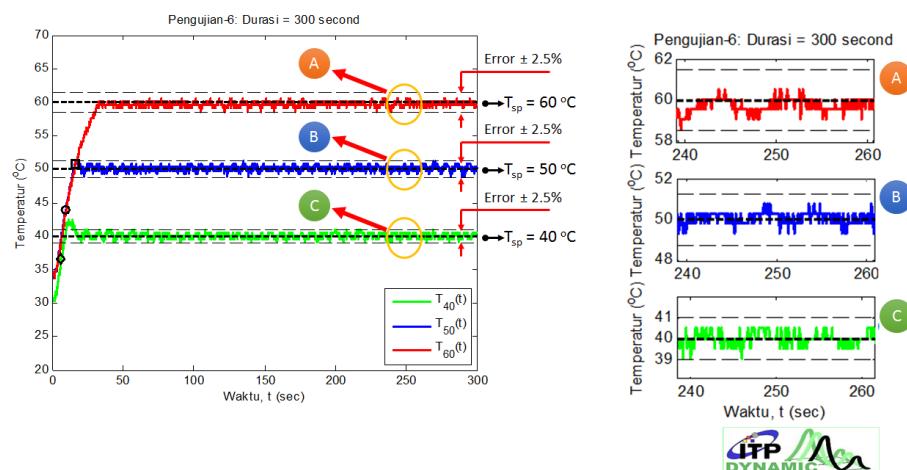
dapat dilihat pada Tabel 1 dan ilustrasikan pada Gambar 7. Untuk melihat daerah *steady state*, dilakukan pengujian keenam dengan durasi waktu 5 menit (300 second) dengan hasil pengujian diperlihatkan pada Gambar 8.

Tabel 1. Hasil pengujian DSA-VI terhadap konsumsi V_{PLN} ke *heater* selama 2 menit sebanyak 5 kali pada setiap T_{sp}

Temp Set Point	40°C		50°C		60°C	
	T_0 (°C)	τ (sec)	T_0 (°C)	τ (sec)	T_0 (°C)	τ (sec)
Pengujian 1	31.25	6.28	33.20	10.11	25.39	21.62
Pengujian 2	30.76	6.47	25.88	13.27	27.83	20.41
Pengujian 3	29.30	7.52	28.32	11.20	28.81	19.70
Pengujian 4	27.83	8.22	30.27	11.11	31.74	17.79
Pengujian 5	24.90	8.99	31.74	11.08	32.23	18.20
Rata-rata	28.81	7.50	29.88	11.35	29.20	19.54



Gambar 7. Hasil pengujian rata-rata



Gambar 8. Hasil pengujian untuk melihat daerah *steady state*.

Gambar 7 memperlihatkan bahwa harga *Time Constant* (τ) dapat dievaluasi dengan baik. Sedangkan pada Gambar 8 dapat ditunjukkan bahwa DSA-VI mampu memonitor dan

mengontrol temperatur aliran udara dengan baik. Hal ini dapat dilihat dari harga batas kesalahan dari T_{sp} yang diperoleh berkisar kurang dari $\pm 2.5\%$.

4. Simpulan

Tujuan pengembangan DSA-VI ini dalam rangka menemukan metode monitoring dan pengontrolan temperatur aliran udara di dalam saluran yang sederhana telah berhasil dicapai. Dari hasil monitoring dan pengontrolan temperatur aliran udara diperoleh harga *time constant*, τ , pada temperature *set point*, T_{sp} , 40°C sebesar 7,496 second, harga τ pada T_{sp} 50°C sebesar 11,35 second dan harga τ pada T_{sp} 60°C sebesar 19,54 second. Harga-harga ini dapat termonitor di daerah *transient*. Sedangkan, monitoring pada daerah *steady state* memperlihatkan temperatur aliran udara terkontrol secara baik dengan kesalahan lebih kecil dari batas kesalahan 2.5%.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penulis sampaikan kepada Ditjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi atas penugasan penelitian dengan nomor kontrak: 94/Kontrak-Penelitian Batch II/O10/KM/2016. Artikel ini merupakan hasil penelitian yang memanfaatkan salah satu produk penelitian yang telah didanai dengan nomor kontrak di atas.

Referensi

- [1] M. Ruel P.E., “Fast Methods for Slow Loops: Tune Your Temperature Controls In 15 Minutes,” *Presented at ISA EXPO 2003*, 21-23 October 2003 in Houston.
- [2] W. Laurenzi, “Computer Aided Design Of Drying Schedules In Order To Control The Drying Process,” *8th International IUFRO Wood Drying Conference*, 302 – 307, 2003.
- [3] C. Prewit and R. Bachnak, “Implementing PID Temperature Control Using LabVIEW,” *Proceedings of the 2004 ASEE Gulf-Southwest Annual Conference*, Texas Tech University, 2004.
- [4] A. Nogueira, “Simulation and control strategies for an energetically efficient wood drying process,” *EFITA/WCCA Joint Congress on IT in Agriculture*, Vila Real Portugal, 244-251, 2005.
- [5] K. Hachisuka and S. Hoshi, “Development of Multi-temperature Controllability for Transport Refrigeration Systems,” *Mitsubishi Heavy Industries Technical Review*, Vol. 48, No. 2, 2011.
- [6] Siemens Switzerland Ltd. *Air duct temperature controller RLM162*. [Online]. Available: <http://www.siemens.com/Air Duct Temperature.pdf>, 12-08-2013.
- [7] Chromalox. *Air Temperature Control Electric Heating System*. [Online]. Available: <http://www.chromalox.com/Air Temperature Control Electric Heating System.pdf>, 12-08-2013.
- [8] Capcontollers. *AIR-1 Temperature & Humidity Control*. [Online]. Available: <http://www.capcontollers.com/AIR-1 Temperature & Humidity Control.pdf>, 12-08-2013.
- [9] Danfoss. *Controller for Temperature Control*. [Online]. Available: <http://www.danfoss.com/Controller for Temperature Control.pdf>, 12-08-2013.
- [10] WPI (World Precision Instruments) Inc. (2007). *Precise temperature controlled air heater and humidifier*. [Online]. Available: <http://www.wpiinc.com/Air-Therm-H.pdf>, 12-08-2013.
- [11] Belimo. *Room temperature controller TRC*. [Online]. Available: <http://www.belimo.com/ Room temperature controller TRC.pdf>, 12-08-2013.
- [12] Omega. *Control Tuning a PID (Three Mode) Controller*. [Online]. Available: [http://www.omega.com/ Temperature Control Tuning a PID \(Three Mode\) Controller.pdf](http://www.omega.com/ Temperature Control Tuning a PID (Three Mode) Controller.pdf), 12-08-2013.
- [13] A. Yanto dan S. Hadi, “Pengembangan Metode Pengontrolan Temperatur Aliran Udara Dengan Menggunakan Analog Voltage-Controlled Phase Angle-Fired Power Interface,” *Jurnal Teknik Elektro ITP*, vol. 2,no. 3, pp. 6-11, 2013.
- [14] F. Nurahmadi dan A. Ashari, “Sistem Kontrol dan Monitoring Temperatur Jarak Jauh Memanfaatkan Embedded system Mikroprosesor W5100 dan ATMega8535,” *Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation System*, vol. 1, no. 2, pp. 55-66, 2011.
- [15] R. Vendamawan, “Rancangan Sistem Monitoring dan Kendali Temperatur Reaktor di Laboratorium,” *Jurnal Metana*, vol. 8, no. 2, pp. 24-29, 2012.