

SISTEM AKUISISI DATA BERBASIS ARDUINO PADA REKAYASA PROTOTIPE SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER

Haolia Rahman^{1✉}, Candra Damis Widiawaty², Hamdi³,
Eko Nugroho Setijogiar⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

✉Email: haolia.rahman@mesin.pnj.ac.id

Abstract

Common method to measure the performance of the shell and tube heat exchanger is the log mean temperature different (LMTD) method. The LMTD method requires the temperature at the inlet and outlet of the shell and tube. For this reason, the data acquisition system was built to measure the temperature at the required points in real-time. In addition, a flow meter is installed to measure flow rate at the shell and the tube inlet, where the overall heat transfer from the heat exchanger can be obtained. The Arduino board was used as a data acquisition system for the observed heat exchanger. The results of this study are a data acquisition system to measure the performance of prototype shell and tube. Based on the measurement results with a flow rate variation of 6 L/s and 2 L/s, the average LMTD is 15.31°C.

Keywords: shell and tube, Arduino, log mean temperature different, data acquisition

Abstrak

Metode umum yang biasa digunakan mengukur kinerja alat penukar kalor (APK) tipe shell and tube, adalah metode log mean temperature different (LMTD). Pada metode LMTD, temperatur pada sisi masuk dan keluar shell and tube perlu diketahui. Untuk itu, sistem data akuisisi yang dibuat pada penelitian ini ditujukan untuk dapat mengukur temperatur pada titik-titik yang dibutuhkan secara real-time. Selain itu, flow meter dipasang untuk mengukur laju aliran fluida yang masuk pada sisi shell and tube, sehingga perpindahan panas secara keseluruhan dari APK dapat diperoleh. Perangkat Arduino digunakan sebagai sistem data akuisisi pada APK yang diobservasi. Hasil dari penelitian ini berupa sistem data akuisisi untuk mengukur performa prototype APK shell and tube. Berdasarkan hasil pengukuran data akuisisi tersebut dengan variasi laju aliran 6 L/s dan 2 L/s diperoleh nilai LMTD rata-rata sebesar 15,31°C.

Kata kunci: shell and tube, Arduino, log mean temperature different, data akuisisi

Pendahuluan

Alat penukar kalor (APK) tipe *shell and tube* merupakan APK yang paling banyak digunakan di industri proses saat ini. Hal ini dikarenakan memiliki efisiensi yang tinggi, dapat mengakomodasi ekspansi termal, mudah untuk dibersihkan, dan konstruksi yang relatif lebih sederhana dibanding dengan APK jenis lain [1]. Masalah umum yang terjadi pada APK salah satu nya adalah fouling [2]. Fouling atau kerak pada dinding *shell and tube* dapat diketahui dari performa APK yang menurun setelah beroperasi dalam kurun waktu tertentu. Untuk mengetahui

performa APK, metode umum yang paling banyak digunakan adalah metode *log mean temperature different (LMTD)* [3]. Input parameter yang dibutuhkan untuk menentukan nilai *LMTD* adalah dengan mengukur temperatur pada sisi masuk dan keluar *shell* dan *tube*.

Data logger pada sistem APK *shell and tube* telah digunakan oleh Shirari dkk.[4]. Namun, data loger tersebut digunakan untuk mengetahui fenomena perubahan temperatur di dalam *tube* bukan kinerja APK *shell and tube* secara keseluruhan. El-Saida dan Al-Sood menggunakan Arduino dalam pengukuran temperatur

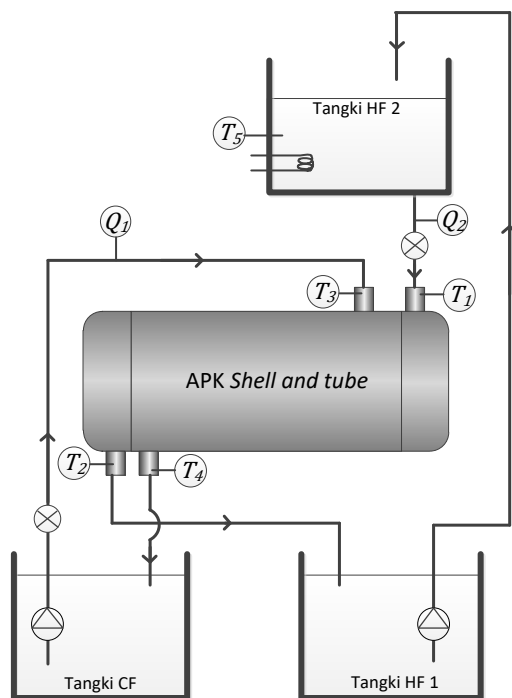
dan tekanan pada APK *shell and tube*[5]. Arduino merupakan interface elektronik yang dapat berfungsi sebagai *data logger*, kendali kontrol serta *processor* sederhana. Dengan software *open source* yang memiliki *library*-nya masing-masing.

Penelitian ini merupakan perancangan sistem DAQ pada alat penukar kalor *tipe shell and tube* untuk mengetahui kinerja alat melalui metode *LMTD*. Jumlah sensor temperatur disesuaikan dengan kebutuhan objek yang akan diobservasi.

Metode Penelitian

Perangkat APK *shell and tube*

Sistem pengujian dari APK *shell and tube* dirangkai seperti terlihat pada gambar 1. Tahapannya, *hot fluid (HF)* awalnya berada di tangki *HF1* lalu dialirkan oleh pompa menuju tangki *HF2* di bagian atas. Pada bagian tangki atas ini, *HF* dipanaskan menggunakan pemanas elektrik yang dikontrol secara otomatis dengan batas atas pemanasan sebesar 60°C . Aliran *HF* memasuki inlet *tube*



Gambar 1. Skema sistem pengujian APK *Shell and Tube*.

yang temperatur dan debitnya diukur oleh *thermocouple* (T_1) dan *flowmeter* (Q_1). Selanjutnya, *HF* keluar dari *shell* diukur oleh *thermocouple* (T_2) dimana alirannya menuju tangki *HF2*. Siklus aliran *HF* ini akan terus berlanjut saat proses berlangsung. Disisi aliran dingin, *cool fluid (CF)* dialirkan oleh pompa menuju inlet *shell* dan diukur temperatur dan debitnya melalui *thermocouple* (T_3) dan *flowmeter* (Q_1). Aliran *CF* kemudian keluar pada sisi *shell* dan diukur temperaturnya menggunakan *thermocouple* (T_4) menuju tangki *CF*.

Data Aquisisi APK *Shell and Tube*

Data aqusisi (DAQ) pada perangkat APK *shell and tube* digunakan untuk mengukur parameter-parameter yang digunakan dalam penentuan efisiensi APK. Parameter tersebut diantaranya adalah temperatur masuk dan keluar *shell* dan *tube* (T_1 , T_2 , T_3 , dan T_4), serta flow meter sisi masuk *shell* dan sisi masuk *tube* (Q_1 dan Q_2). Sensor temperatur yang digunakan adalah *thermocouple* tipe-K dengan error yang tertera dari manufaktur sebesar $\pm 2^{\circ}\text{C}$. Sedangkan *flowmeter* yang digunakan adalah tipe YF-S201 dengan kapasitas pengukuran aliran 1-30 L/s.



Gambar 2. Sistem data logger yang dipasang pada Prototipe APK *shell and tube*

Mikrokontroler yang terpasang adalah Arduino Mega yang berperan sebagai *data logger* atau DAQ. Memori modul digunakan sebagai perangkat penyimpan data menggunakan *SD card*, dan layar LCD 16 x 2 digunakan sebagai perangkat sajian data yang dapat dibaca secara *real-time*. Pemrograman DAQ ini menggunakan perangkat lunak Arduino 1.8.13.

Laju perpindahan kalor pada APK shell and tube

Laju perpindahan kalor (Q) dalam Watt pada *APK shell and tube* dapat di formulasikan seperti pada persamaan 1[6]. Dimana, U merupakan koefisien perpindahan kalor keseluruhan dalam $W/m^2 \cdot ^\circ C$. Luas penampang dari APK dinotasikan dalam A dan $LMTD$ merupakan perbedaan temperatur rata-rata logaritma dalam $^\circ C$. Jenis aliran yang digunakan pada penelitian ini adalah tipe parallel[7] sehingga $LMTD$ pada aplikasi APK ini dapat dirumuskan seperti pada persamaan 2.

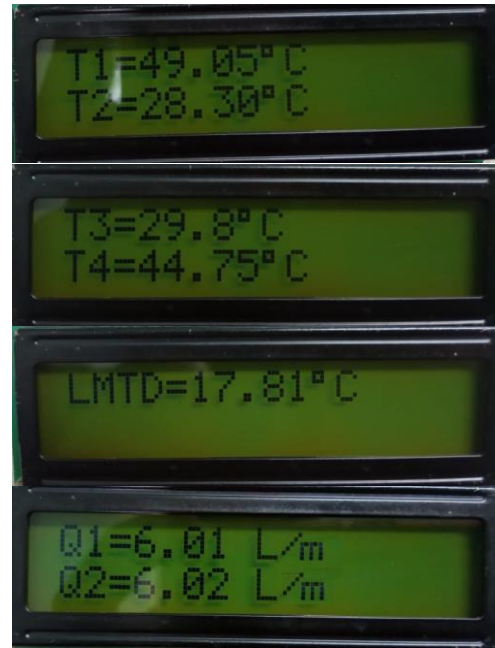
$$Q = U \times A \times LMTD \quad (1)$$

$$LMTD = \frac{(T_3 - T_1) - (T_4 - T_2)}{\ln \frac{(T_3 - T_1)}{(T_4 - T_2)}} \quad (2)$$

Hasil dan Pembahasan

Prototipe APK shell and tube dan data logger

Data logger yang dirakit pada prototipe APK seperti terlihat pada gambar 2. Hasil pengukuran temperatur inlet dan outlet pada sisi *shell* dan *tube* (T_1 , T_2 , T_3 dan T_4) dapat terlihat pada layar LCD. Begitu pula dengan nilai $LMTD$ dan laju aliran masing-masing inlet Q_1 dan Q_2 seperti ditunjukkan oleh gambar 3. Laju aliran dapat diatur melalui pengaturan katup pada sisi *inlet* dan outlet *tube*. Sehingga pada percobaan ini data performa APK yang digunakan adalah pada laju aliran 6

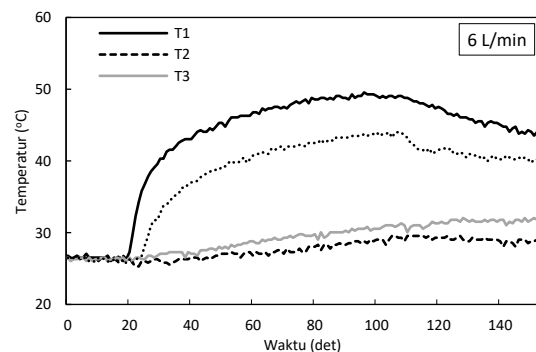


Gambar 3. Diplay LCD dari pengukuran performa APK

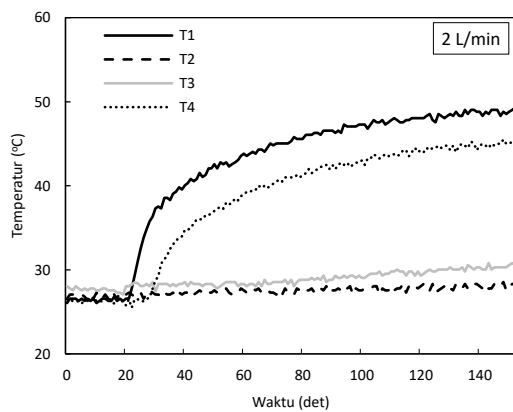
L/min dan 2 L/min yang terbaca pada flow meter.

Pengukuran performa APK

Pengukuran performa APK terukur melalui koefisien perpindahan panas U dimana indeks ini terukur dari nilai $LMTD$. Untuk menentukan nilai $LMTD$, temperatur pada tiap inlet outlet *shell* dan *tube* diukur dengan menggunakan *data logger* seperti terlihat pada gambar 4 dengan laju aliran 6 L/min dan gambar 5 untuk laju aliran 2 L/min.



Gambar 4. Data temperatur pada inlet outlet *shell* and *tube* dengan laju aliran 6 L/min



Gambar 5. Data temperatur pada inlet outlet shell and tube dengan laju aliran 2 L/min

Dari kedua gambar tersebut terlihat bahwa tren temperatur masuk pada sisi tube (T_1) naik secara eksponensial dan pola yang sama juga terbentuk pada temperatur sisi keluar tube (T_2) dengan selisih temperatur yang menandakan APK shell and tube ini berkerja dengan baik. Begitu pula pada trend temperatur masuk dan keluar sisi shell yang diwakili oleh titik T_3 dan T_4 mengalami perbedaan temperatur setelah melewati dinding tube.

Tabel 1 menunjukan performa dari APK untuk percobaan pada laju aliran 6 L/min dan 2 L/min. Dari tabel terlihat bahwa jumlah sample pada aliran 2 L/min lebih banyak dari jumlah sample pada laju aliran 6 L/min. Jumlah sample yang diukur tiap detiknya mengacu pada stok volume HF yang terdapat pada tangki HF2 sehingga pada laju aliran 2 L/min mempunyai jumlah sample lebih banyak. Dari kedua pengujian tersebut diperoleh bahwa nilai LMTD hampir memiliki nilai kesamaan dengan nilai rata-rata keduanya sebesar 15,31°C.

Tabel 1. Pengukuran LMTD menggunakan data logger

	Laju aliran	
	6 L/min	2 L/min
Jumlah sample	124	260

LMTD rata-rata (°C)	14,52	16,10
Standar deviasi	1,94	2,37
LMTD (°C)		

Kesimpulan

Sistem akuisisi data pada alat penukar kalor ini telah berhasil dilakukan sehingga performanya dapat langsung di lihat pada layar yang terpasang. Selain itu, sistem ini berfungsi sebagai data logger sehingga temperatur pada masing-masing sisi inlet dan outlet dari shell dan tube dapat tersimpan. Metode log mean temperatur difference digunakan untuk mengetahui koefisien perpindahan panas keseluruhan dari alat penukar kalor.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada UP2M PNJ. Penelitian ini dibiayai oleh DIPA Politeknik Negeri Jakarta Dengan nomor kontrak B.198/PL3.18/PN.00.03/2020.

Daftar Pustaka

- [1] S Kakaç, H Liu, Heat Exchangers: Selection, Rating and Thermal Design (2nd ed.). CRC Press. ISBN 0-8493-0902-6. 2002.
- [2] W Ebert, CB Panchal, Analysis of exxon crude-oil-slip-stream coking data, in: Proceedings of Fouling Mitigation of Industrial Heat-Exchanger Equipment, California, USA, 1995.
- [3] F Ahmad, Alternative Approach for Determining Log Mean Temperature Difference Correction Factor and Number of Shells of Shell and Tube Heat Exchangers, Journal of Enhanced Heat Transfer, Vol. 10 (4), PP 407-420, 2003.
- [4] PSVV Srihari, PSVVS Narayana, VH Kumar, VSS Prakash, P Jaikishan, Experimental study on a shell and tube heat exchanger with

- novel self agitating inserts, AIP Conference Proceedings 2200, 020039, 2019.
- [5] Shell and tube heat exchanger with new segmental baffles configurations: A comparative experimental investigation Emad M.S. El-Saida , M.M. Abou Al-Soodb, Applied Thermal Engineering, Vol. 150, 2019, 803-810, 2019.
- [6] I Bizzy, R Setiadi, Studi perhitungan alat penukar kalor tipe shell and tube dengan program heat transfer research inc. (HTRI), Jurnal Rekayasa Mesin, Vol. 13 No. 1, 2013.
- [7] CD Widiawaty, GGR Gunadi, A Syuriadi, Pemodelan dan analisis kinerja shell and tube heat exchanger dengan metode CFD, Politeknologi, Vol. 16 No. 3, 2017.