

**PERENCANAAN SISTEM INSTRUMENTASI PADA RANCANG BANGUN ALAT
PENGUJI EFISIENSI WIRE AND TUBE HEAT EXCHANGER**

Tito Dwi Putra

D3 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email : brozetitoe@gmail.com

I Made Arsana

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email : dearsana67@yahoo.com

ABSTRAK

Mata kuliah perpindahan panas merupakan mata kuliah penting di Jurusan Teknik Mesin yang memberikan dasar-dasar perpindahan panas di bidang teknik produksi dan otomotif yang keberadaannya perlu didukung dengan laboratorium. Namun kenyataannya sekarang belum ditunjang dengan peralatan dan media pembelajaran yang memadai. Padahal penggunaan media kegiatan praktek sangat berpotensi untuk membantu proses belajar mengajar serta meningkatkan hasil belajar mahasiswa. Di samping itu juga pentingnya sistem instrumentasi pada alat pengujian penukar panas yang akan mengukur suhu di permukaan pembuluh dan kawat. Maka dari itu diperlukannya sebuah alat "Rancang Bangun *Wire and Tube Heat Exchanger Trainer*".

Dalam perencanaan sistem instrumentasi pada alat penukar panas, langkah awal yang dilakukan adalah menentukan tahap proses pembuatan alat, sehingga dapat mengetahui cara kerja sistem instrumentasi yang bekerja pada alat tersebut. Sampai didapat elemen dasar dari pengujian tersebut, seperti diantaranya, mengetahui suhu keluar dan masuk.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem instrumentasi dapat dirancang dengan baik sehingga dapat mendukung bekerjanya alat tersebut. Dari hasil uji coba diperoleh bahwa alat pengujian dapat mengukur temperatur permukaan permukaan panas secara bersamaan, dimana dengan kenaikan temperatur fluida masuk dari 50°C, 60°C, dan 70°C. Temperatur fluida masuk berpengaruh terhadap kapasitas penukar panas, hal ini terbukti penukar panas akan bekerja maksimal pada suhu 70°C yang menghasilkan kapasitas penukar panas yang paling baik sebesar 24 watt dan menghasilkan efisiensi sirip sebesar 0,66.

Kata Kunci : Sistem Instrumentasi, Minyak Oli (thermo 22), Thermocouple.

ABSTRACT

The course of heat transfer is an important subject in the Department of Mechanical Engineering who gave the basics of heat transfer in the field of production engineering and automotive existence needs to be supported by laboratory. However the reality is now not supported with equipment and adequate instructional media. Though the use of media practice activity has the potential to help the learning process and improve student learning outcomes. In addition it is also important to the tester instrumentation system heat exchanger which will measure the temperature at the surface of the vessel and wire. Thus the need for a tool "Tool Design of Heat Exchanger Tubes and Wire Types".

In planning the instrumentation system at the heat exchanger, the first step is to determine the stage of the manufacturing process tools, in order to know how the instrumentation system that works on the device. Until the basic elements obtained from these tests, as such, determine the temperature of the outgoing and incoming.

The results of this study indicate that the instrumentation system can be designed so as to support the operation of the tool. From the test results obtained that the tester can measure surface temperature of hot surfaces simultaneously, where the incoming fluid temperature rise of 50 ° C, 60 ° C, and 70 ° C. Entering fluid temperature effect on the capacity of the heat exchanger, it is proven to work maximal heat exchanger at a temperature of 70 ° C that generate the most heat exchanger capacity both at 24 watts and fin efficiency of 0.66.

Keywords : Instrumentation System, Petroleum Oil (thermo 22) , Thermocouple .

PENDAHULUAN

Setiap individu di era global dituntut untuk mengembangkan kapasitasnya secara optimal, kreatif dan mengadaptasikan diri ke dalam situasi global yang amat bervariasi dan cepat berubah. Salah satu upaya perguruan tinggi untuk memenuhi tuntutan kebutuhan era global adalah dengan mengembangkan media pembelajaran.

Alat penukar panas merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk mempertukarkan energi dalam bentuk panas airan fluida yang berbeda temperatur yang dapat terjadi melalui kontak langsung maupun tidak langsung. Penukar panas tersebut berfungsi untuk melepaskan panas ke udara sekeliling yang terletak pada bagian belakang refrigerasi model lama dan merupakan susunan kawat dan pembuluh.

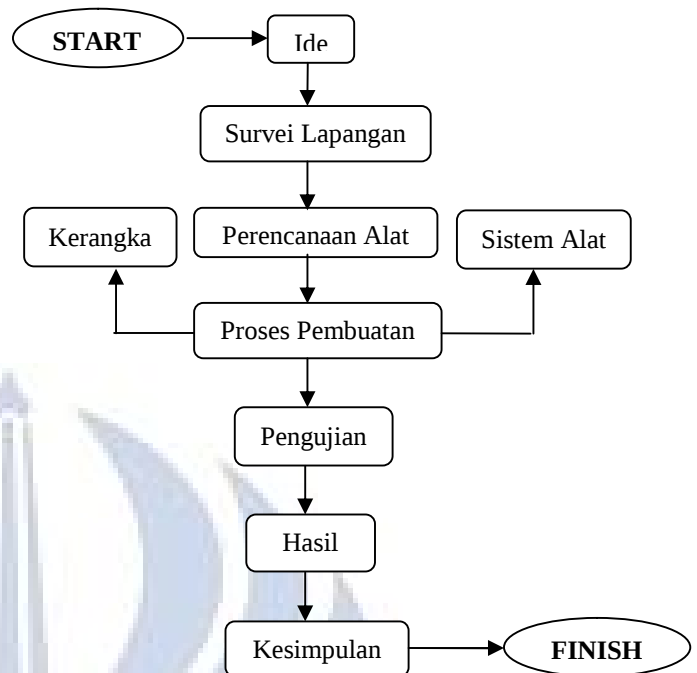
Dari beberapa permasalahan di atas, studi ini hanya mengangkat permasalahan mengenai adanya kebutuhan yang berupa alat *Wire And Tube Head Exchanger Trainer*. Penggunaan media kegiatan praktek sangat berpotensi untuk membantu proses belajar mengajar serta meningkatkan hasil belajar mahasiswa.

Penelitian ini melakukan pengukuran suhu di pembuluh dan kawat yang menghasilkan penurunan suhu yang akan menghasilkan kapasitas penukar panas. Pada uraian diatas dapat disimpulkan, penelitian ini diharapkan dapat menjadi media pembelajaran untuk mahasiswa teknik mesin UNESA, dimana salah satu mata kuliahnya adalah perpindahan panas guna meningkatkan pemahaman mahasiswa tentang alat trainer ini dan diupayakan dapat memudahkan mahasiswa dalam memahami materi perpindahan panas, sehingga dapat lebih mengefektifkan proses pembelajaran. Dan juga pentingnya sistem instrumentasi pada alat penukar panas yang akan mengukur suhu di dalam pembuluh dan kawat. Maka dari itu diperlukannya sebuah alat "Rancang Bangun Wire and Tube Heat Exchanger".

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui desain, performa dan perawatan sistem instrumentasi pada rancang bangun alat tersebut.

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini sebagai masukan dalam perancangan penukar panas jenis pembuluh dan kawat, menambah wawasan keilmuan tentang sistem instrumentasi pada alat penguji efisiensi *wire and tube heat exchanger*.

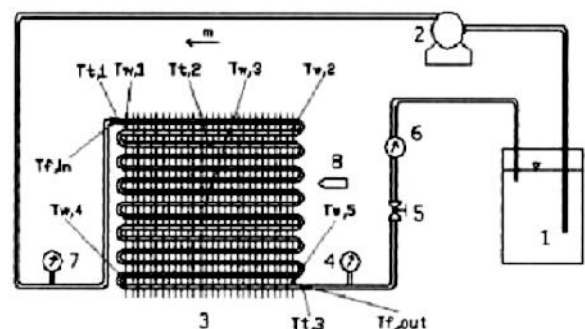
METODE Rancangan Penelitian



Gambar 1. Rancangan Penelitian

Skema dan Cara Kerja Alat

Peralatan yang secara skematis dan elemental penukar panas disajikan dalam gambar 2 di bawah ini



Gambar 2. Skema Alat Penukar Panas Pembuluh-Kawat

Keterangan Gambar :

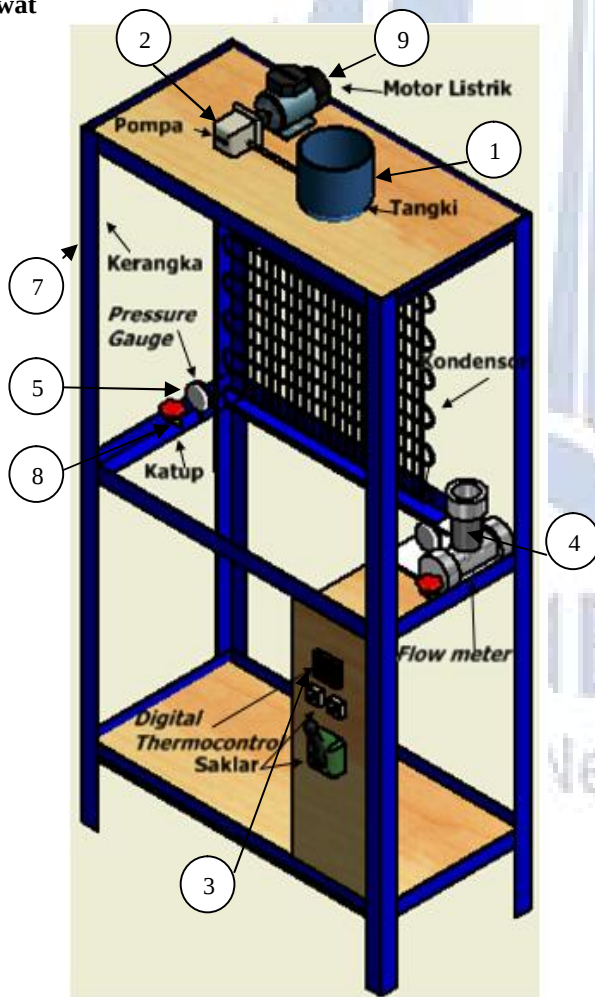
1. Tangki Fluida Panas
 2. Pompa Fluida Panas
 3. Penukar Panas (kondensor)
 4. Pengukur Tekanan Keluar
 5. Katup
 6. Flowmeter
 7. Pengukur Tekanan masuk
 8. Thermometer ruangan
- T_w = thermocouple untuk kawat
 T_t = thermocouple untuk pembuluh

Cara Kerja Alat :

- Tangki fluida panas, sebagai penampung dan memanaskan fluida sebelum dialirkan

- Pompa fluida panas, untuk mensirkulasikan aliran fluida
- Alat penukar panas jenis pembuluh dan kawat (*Heat Exchanger*)
- Pengukur tekanan keluar, untuk mengetahui tekanan fluida yang keluar pada pipa
- Katup, untuk mengatur temperatur massa (*mass flow rate*)
- Flowmeter, untuk mengukur temperatur massa fluida yang mengalir
- Pengukur tekanan masuk, untuk mengetahui tekanan fluida yang masuk pada pipa
- *Thermometer* ruangan, untuk mengukur suhu yang ada di dalam ruangan
 T_w = untuk mengukur suhu fluida yang ada di kawat
 T_t = untuk mengukur suhu fluida yang ada di pipa (pembuluh)

Rancang Bangun Penukar Panas Jenis Pembuluh dan Kawat



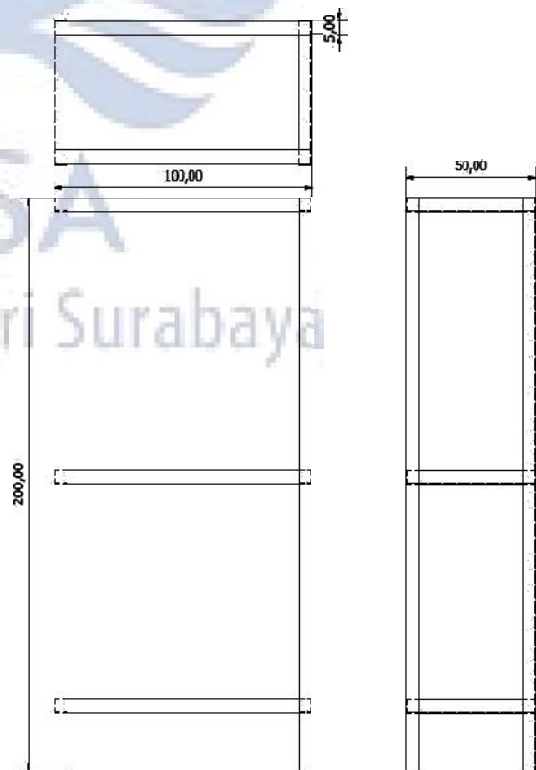
Gambar 3. Rancang bangun alat penukar panas jenis pembuluh dan kawat

Adapun spesifikasi alat tersebut :

1. Tangki fluida panas
 - Bekerja pada tekanan 1 atm
2. Pompa fluida

- Tipe : rochiod pump
 - Merk : lamborghini
 - Buatan Italia
3. Sistem pemanas
 - *Thermocontrol*
 - Jenis : *digital*, PXR-9
 - Merk : FUJI, Jepang
 - Range : 0 s/d 1000⁰ C
 - *Thermocouple*
 - Tipe : K
 - Merk : fluks
 - Range : 0 s/d 200⁰ C
 - *Heat Element*
 - Daya : 500 watt
 - Merk : lasco
 - Buatan : Jerman

4. Alat ukur laju aliran massa (*flowmeter*)
 - Fluida : Oil
 - Akurasi : 0,1 kg/cm²
 - Range : 30 – 100 LpM
5. Alat ukur tekanan (*pressure gauge*)
 - Merk : Zenit dan Imperial
 - Akurasi : 0,2 kg/cm²
 - Range : 0 – 5 kg/cm²
6. Alat ukur temperatur
 - Tipe : K
 - Merk : fluks
 - Range : 0 s/d 200⁰ C
7. Kerangka



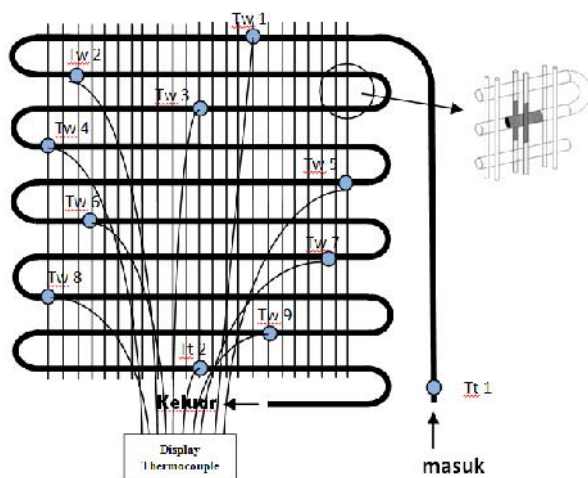
Keterangan gambar :

Panjang = 100 cm lebar = 50 cm
Tinggi = 200 cm tebal = 0,3 cm

8. Katup
9. Motor listrik
10. Wire and tube
11. Fluida panas(heat transfer oil)
 - Range : 0 – 320⁰ C

Perencanaan Sistem Instrumentasi Pada Alat Penukar Panas

Pada alat penukar panas ini dibutuhkan sistem instrumentasi yang merupakan pengukur temperatur suhu permukaan kawat, pembuluh dan permukaan fluida di dalam pembuluh.



Gambar 4. Skema Sistem Instrumentasi pada alat penukar panas

Langkah Kerja :

- Suhu masuk ke pembuluh (Tt 1)
- Tw 1 – Tw 9 adalah suhu kawat dan pembuluh yang diukur menggunakan *thermocouple* secara berurutan
- Suhu keluar dari pembuluh (Tt 2)
- Semua suhu kawat dan pembuluh diukur menggunakan *thermocouple* kemudian dapat dilihat melalui *display thermocouple*
- Untuk mengukur suhu rata – rata kawat = $\frac{\sum Tw}{9}$
- Untuk mengukur suhu rata – rata pembuluh = $\frac{\sum Tt}{2}$
- Suhu panas yang diukur adalah 50⁰C, 60⁰C, dan 70⁰C
-

Tempat dan Waktu Pengerjaan Alat

Pembuatan alat ini dimulai sejak bulan September sampai Desember 2013 dan dibuat di Laboratorium Perpindahan Panas Jurusan Teknik Mesin FT UNESA.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancang Bangun

Dalam pembuatan alat ini akan menghasilkan rancang bangun sistem instrumentasi.



Gambar 5. Rancang Bangun Sistem Instrumentasi

Perencanaan sistem instrumentasi digunakan untuk mengukur suhu fluida panas yang ada di dalam kondensor sehingga dapat mendukung bekerjanya alat penguji efisiensi penukar panas secara maksimal.



Gambar 6. Rancang Bangun Alat Penguji Efisiensi Penukar Panas Jenis Pembuluh dan Kawat

Pengujian

Dalam perakitan dan pembuatan alat penukar panas jenis pembuluh dan kawat harus dilakukan pengujian. Untuk pelaksanaan pengujian ada beberapa persiapan yang harus dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- Penyediaan alat :
 - Kondensor
 - *Thermocouple* yang ada disetiap titik kondensor
 - *Digital thermocontrol*
- Memulai Pengujian
 - Siapkan kondensor yang sudah terpasang *thermocouple*

- Nyalakan *heater* untuk memanaskan fluida
- Nyalakan motor untuk mensirkulasikan fluida ke kondensor
- Ukur suhu oli yang ada di kondensor dengan menyalakan *digital thermocontrol*
- Ukur suhu fluida di pembuluh masuk dan pembuluh keluar yang ada di kondensor

Pengujian dilakukan dengan memvariasikan temperatur fluida masuk dalam rancangan penukar panas yaitu pada temperatur fluida masuk 50°C, 60°C dan 70°C dan temperatur udara ruangan $T_{\infty} = 30^{\circ}\text{C}$ dengan tekanan 1 atm dengan laju aliran fluida = 0,005 kg/s, pengambilan data dilakukan 3 kali dengan selang waktu 5 menit setiap pengambilan data, berikut adalah hasil rata-rata dari pengambilan data yang disajikan dalam bentuk tabel.

Tabel 1 Hasil Pengambilan data

Tt 1 (in)	50°C	60°C	70°C
Tw 1	44	54	65
Tw 2	40	47	50
Tw 3	40	46	50
Tw 4	39	45	48
Tw 5	37	43	46
Tw 6	37	43	45
Tw 7	36	41	41
Tw 8	35	40	41
Tw 9	35	40	40
Tt 2 (out)	44	43	42

Setelah didapatkan hasil dari tabel, selanjutnya untuk mencari suhu rata – rata kawat dan suhu rata – rata pembuluh.

- Suhu rata – rata kawat :
 - Suhu kawat 50°C

$$\frac{\sum Tw}{9} = \frac{343}{9} = 38^{\circ}\text{C} \quad (1)$$
 - Suhu kawat 60°C

$$\frac{\sum Tw}{9} = \frac{399}{9} = 44^{\circ}\text{C}$$
 - Suhu kawat 70°C

$$\frac{\sum Tw}{9} = \frac{426}{9} = 47^{\circ}\text{C}$$
- Suhu rata – rata pembuluh
 - Suhu kawat 50°C

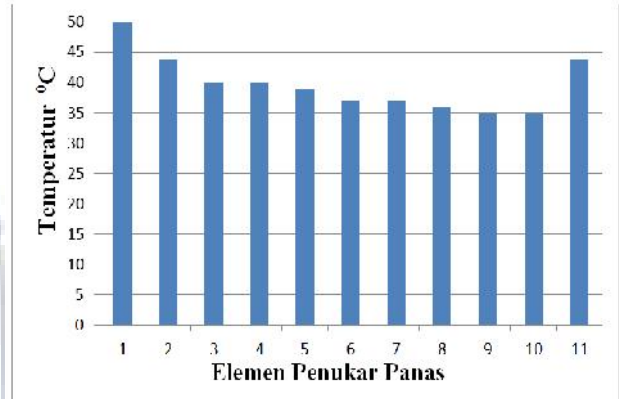
$$\frac{\sum Tt}{2} = \frac{Tt1+Tt2}{2} = \frac{50+44}{2} = 47^{\circ}\text{C} \quad (2)$$
 - Suhu kawat 60°C

$$\frac{\sum Tt}{2} = \frac{Tt1+Tt2}{2} = \frac{60+43}{2} = 51,5^{\circ}\text{C}$$
 - Suhu kawat 70°C

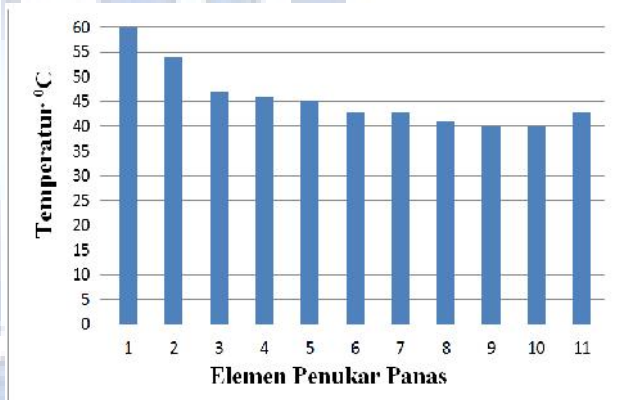
$$\frac{\sum Tt}{2} = \frac{Tt1+Tt2}{2} = \frac{70+42}{2} = 56^{\circ}\text{C}$$

Penurunan Suhu

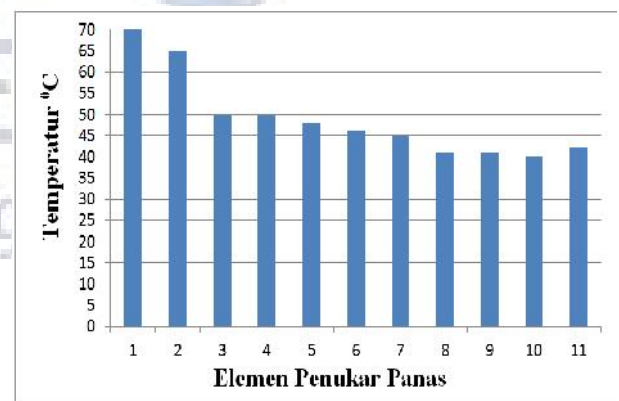
Dari data di atas, maka terdapat penurunan suhu terhadap penukar panas jenis pembuluh dan kawat sebagai berikut :



Gambar 7. Grafik penurunan suhu 50°C



Gambar 8. Grafik penurunan suhu 60°C



Gambar 9. Grafik penurunan suhu 70°C

Menentukan Kapasitas Penukar Panas (Q)

Nilai Q dapat diketahui dengan rumus $Q = h.A.(T_s - T_{\infty})$

Keterangan :

A = luas permukaan perpindahan panas = 0,324 m²

T_s = Suhu rata Kawat

T_∞ = suhu ruangan = 30°C

- Mencari Q pada suhu 50°C

$$T_s = 38^\circ\text{C}$$

$$T_\infty = 30^\circ\text{C}$$

$$Q = h.A.(T_s - T_\infty) = 3,641 \text{ w/m}^2.\text{K} \times 0,324 \text{ m}^2 \times 8^\circ\text{C} = 9 \text{ watt} \quad (3)$$

- Mencari Q pada suhu 60°C

$$T_s = 44^\circ\text{C}$$

$$T_\infty = 30^\circ\text{C}$$

$$Q = h.A.(T_s - T_\infty) = 4,122 \text{ w/m}^2.\text{K} \times 0,324 \text{ m}^2 \times 14^\circ\text{C} = 19 \text{ watt}$$

- Mencari Q pada suhu 70°C

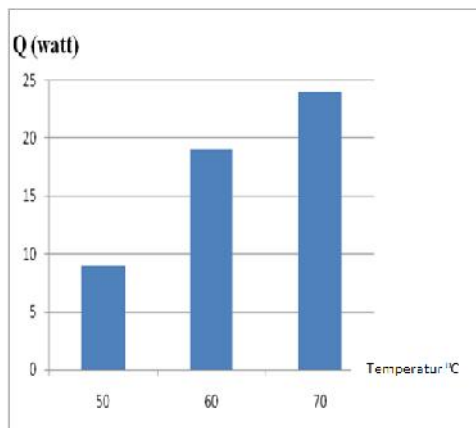
$$T_s = 47^\circ\text{C}$$

$$T_\infty = 30^\circ\text{C}$$

$$Q = h.A.(T_s - T_\infty) = 4,326 \text{ w/m}^2.\text{K} \times 0,324 \text{ m}^2 \times 17^\circ\text{C} = 24 \text{ watt}$$

Jadi penukar panas yang paling baik menukarkan panas yaitu pada temperatur 70°C dengan kapasitas penukar panas sebesar 24 watt.

Dari perhitungan di atas, maka digambarkan sebuah grafik pengaruh temperatur terhadap kapasitas penukar panas sebagai berikut:



Gambar 10. Grafik pengaruh temperatur terhadap kapasitas penukar panas

Mencari Efisiensi Penukar Panas (η_w)

Nilai η_w dapat diketahui dengan rumus = $\frac{(T_w - T_\infty)}{(T_t - T_\infty)}$ (4)

- Mencari η_w pada suhu 50°C

$$\eta_w = \frac{(\sum T_w - T_\infty)}{(\sum T_t - T_\infty)} = \frac{38 - 30}{47 - 30} = 0,47$$

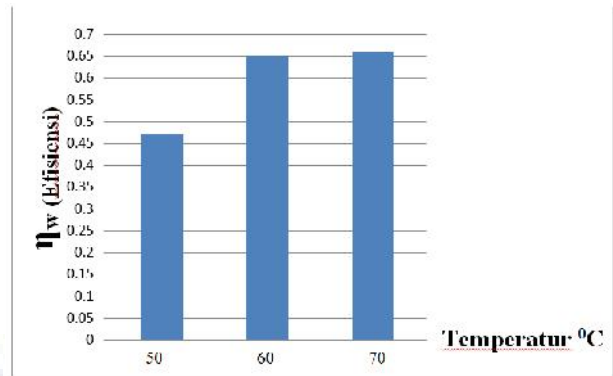
- Mencari η_w pada suhu 60°C

$$\eta_w = \frac{(\sum T_w - T_\infty)}{(\sum T_t - T_\infty)} = \frac{44 - 30}{51,5 - 30} = 0,65$$

- Mencari η_w pada suhu 70°C

$$\eta_w = \frac{(\sum T_w - T_\infty)}{(\sum T_t - T_\infty)} = \frac{47 - 30}{56 - 30} = 0,66$$

Dari perhitungan di atas, maka digambarkan sebuah grafik efisiensi penukar panas jenis pembuluh dan kawat sebagai berikut:



Gambar 11. Grafik efisiensi penukar panas

Perawatan

Perawatan pada alat penukar panas ini tidak jauh beda dengan perawatan alat ataupun mesin lainnya. Perawatan perlu dilakukan sebagai tindakan pencegahan dalam menghindari kerusakan pada komponen alat – alat yang dibutuhkan. Untuk perawatan yang baik harus dilakukan sesuai dengan petunjuk atau buku pedoman dan jauh lebih baik lagi apabila ada kerusakan pada komponen alat yang dibutuhkan gantilah atau perbaiki dengan benar.

Perawatan rutin yang perlu dilakukan untuk menjaga performa dari seluruh sistem pada alat dan lebih tahan lama agar bisa digunakan sesuai kebutuhan. Perawatan yang perlu dilakukan sebagai berikut :

- Periksa oli yang ada di saluran pipa agar tidak terjadi kebocoran saat proses sirkulasi
- Jika oli terlalu panas maka suhunya harus diatur menggunakan *digital thermocontrol*
- Semua komponen yang sudah digunakan harap dimatikan setelah semua proses selesai
- Sistem instrumentasi harus dipasang secara hati-hati agar sistem tersebut dapat bekerja secara teliti.

PENUTUP

Simpulan

- Telah diciptakan alat penguji efisiensi *wire and tube heat exchanger* yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran di Jurusan Teknik Mesin UNESA khususnya di laboratorium Perpindahan Panas.
- Semua sistem yang menunjang bekerjanya alat ini dapat bekerja dengan baik khususnya sistem instrumentasi dapat berfungsi mengukur temperatur fluida masuk sampai fluida keluar
- Rancang bangun alat penukar panas dapat mengukur temperatur permukaan penukar panas dengan sembilan (9) titik elemen pengukuran secara bersamaan, dimana dengan kenaikan temperatur

fluida masuk dari 50°C, 60°C, dan 70°C dan penukar panas (*Heat exchanger*) akan bekerja maksimal pada temperatur 70°C dengan kapasitas (*Q*) sebesar 24 watt dan efisiensi sirip (η_w) yang dihasilkan adalah 0,66.

- Perawatan rutin yang perlu dilakukan untuk menjaga performa dari seluruh sistem alat agar bisa lebih tahan lama digunakan sesuai kebutuhan.

Saran

Sistem instrumentasi membutuhkan perawatan atau penanganan secara hati-hati agar sistem dapat bekerja secara teliti. Pemasangan *thermocouple* pada 9 titik elemen penukar panas harus dilakukan secara hati-hati dan tetap terjadi kontak dengan permukaan elemen

Daftar Pustaka

Anonim. Perancangan Sistem Instrumentasi, (online) http://www.google.com/Instrumentasi_untuk_Perhitungan.pdf, diakses 15-9-2013

Anonim. Penukar Panas, (online) <http://www.google.co.id/operasi-teknik-kimia-penukar-panas>, diakses 18-9-2013.

Anonim. Perpindahan Panas, (online) http://www.google.com/PERPINDAHAN_PANAS.pdf, diakses 18-9-2013.

Anonim. Transfer Panas, (online) (<http://yanuwarti.blogspot.com/p/transfer-panas.html>), diakses 18-9-2013.

Anonim. Pendahuluan Konveksi, konduksi, radiasi (online) http://www.google.com/_ppm.pdf, diakses 18-9-2013.

Anonim. Teori Lapisan Batas (boundary layer, (online) <http://indrasyifai.blogspot.com/2012/05/teori-lapisan-batas-boundary-layer.html>, diakses 18-9-2013

Anonim. Radiasi elektromagnetik, (online) <http://www.ces.fau.edu/ces/nasa/images/Energy/VisibleLightSpectrum.jpg>, diakses 19-9-2013

Arsana, I Made., 2001, Studi Eksperimental Pengaruh Geometri Kawat Terhadap Efisiensi Penukar Panas Jenis Pembuluh dan Kawat Konveksi Bebas. Tesis. ITS

Bejan, A., 1993, Heat Transfer, John Willey & Sons, New York.

Cengel, Y.A., 1998, Heat Transfer a Practical Approach, McGraw-Hill, NewYork.

Hoke, J.L., Clausing, A.M., and Swofford, T.D., 1997, An Experimental Investigation of Convective Heat Transfer From Wire-On-Tube Heat Exchangers, Transactions of the ASME, Journal of Heat Transfer, Vol. 119, pp. 348-356.

Incropera, Frank P., DeWitt, David P., 1990, Fundamentals of Heat and Mass transfer, John Wiley & Sons, New York.

Kreith, F dan Prijono, A., 1986, Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas, Edisi Ketiga, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Lewis. R.W., Nithiarasu. P., Seetharamu.K.N., 2004 , Fundamentals of the Finite Element Method for Heat and Fluid Flow,p.1-7, John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester,West Sussex PO19 8SQ, England

Sumber : <http://www.chem-is-try.org/penukar> panas, diakses 19-9-2013

Sumber : <http://ikkholis27.files.wordpress.com/tangki> fuida, diakses 19-9-2013

Sumber : <http://www.widaya.com/> elemen panas, diakses 20-9-2013

Sumber : <http://fluida-bg.com/pompa> fulida, diakses 20-9-2013

Sumber : <http://msidik.files.wordpress.com/motor>,diakses 20-9-2013

Sumber : <http://wa2010.ee.itb.ac.id/katup>, diakses 20-9-2013

Sumber : <http://glassbox-design.com/pressure-gauge>, diakses 20-9-2013

Sumber : <http://image.dhgate.com/digital-temperature-controller-thermocouple>,diakses 20-9-2013

Sumber : <http://image.made-in-china.com/Wire-on-Tube-Condensor.jpg> , diakses 20-9-2013