

Uji Kinerja Pompa Sentrifugal Pada Sistem Alat Uji *Heat Exchanger* Jenis *Concentric Tube* Aliran Searah

Ryan Darmawan^{1*}, Edi Sutoyo¹, Hablinur Alkindi¹

¹Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor

*e-mail: ryandarmawan03@gmail.com

ABSTRAK

Heat Exchanger atau alat penukar panas adalah alat yang digunakan untuk memindahkan panas dari sistem ke sistem lain tanpa perpindahan massa dan dapat pula berfungsi untuk pemanas maupun sebagai pendingin. Penelitian ini bertujuan agar menjadikan alat uji *Heat Exchanger* dapat berfungsi secara optimal sehingga menghasilkan data yang sesuai. Metode penelitian yang digunakan yaitu terdiri dari perancangan, pengujian dan monitoring. Analisa dan pengambilan data akan dilakukan dalam alat uji dengan pengujian pompa pada alat *Heat Exchanger*. Salah satu komponen yang digunakan untuk mengalirkan fluida di dalam *Heat Exchanger* adalah pompa sentrifugal. Setelah dilakukan uji kinerja untuk pompa yang dipilih, pompa bekerja dengan baik dan sesuai dengan kebutuhan. Kemampuan *water lift* dari pompa yang digunakan yaitu 5m, ada *head loss* yang hanya sebesar 1,492m pada fluida panas dan 0,886m pada fluida dingin maka kinerja pompa baik dan daya yang tersedia adalah 22 watt, daya yang dibutuhkan pompa fluida panas adalah 2,927watt dan daya yang dibutuhkan pompa fluida dingin adalah 1,738watt. Dengan demikian daya yang tersedia lebih besar dari daya yang dibutuhkan.

Kata kunci : *Concentric tube; Heat exchanger; Sistem uji.*

ABSTRACT

A heat exchanger is a device used to transfer heat from one system to another without mass transfer and can also function as a heater or as a cooler. This study aims to make the Heat Exchanger test equipment can function optimally so as to produce the appropriate data. The research method used consists of designing, testing and monitoring. Data analysis and data collection will be carried out in the test equipment by testing the pump on the Heat Exchanger. One of the components used to drain the fluid in the Heat Exchanger is a centrifugal pump. After performing a performance test for the selected pump, the pump works well and according to needs. The water lift capability of the pump used is 5m, there is a head loss of only 1.492m in hot fluid and 0.886m in cold fluid, the pump performance is good and the available power is 22 watts, the power required by the hot fluid pump is 2.927watt and the power required is 2.927watt. the cold fluid pump required is 1,738watt. Thus the available power is greater than the required power.

Keywords : *Concentric tube; Heat exchanger; Test system.*

PENDAHULUAN

Pada saat ini sudah banyak perkembangan dan kemajuan akan teknologi yang digunakan untuk membantu manusia, perkembangan pada ilmu pengetahuan dan teknologi dalam berbagai bidang semakin modern khususnya dibidang produksi. Salah satunya adalah penggunaan alat penukar kalor (*heat exchanger*) yang semakin banyak digunakan dalam berbagai industri untuk menurunkan atau menaikkan temperatur dalam memenuhi kebutuhan teknis berbagai produk. Untuk itu diperlukan alat peraga bagi Pendidikan khususnya alat penukar kalor (*heat*

exchanger) sangat penting sebagai media pembelajaran agar semakin mudah dimengerti dan dikuasai (Yana, Dantes, & Wigraha, 2017)

Salah satu cara untuk dapat memahami proses *heat exchanger* adalah dengan mempelajari teorinya dan melakukan praktikum menggunakan alat uji *heat exchanger*. Laboratorium Fakultas Teknik Mesin Universitas Ibn Khaldun memiliki alat uji *heat exchanger* jenis *concentric tube*. Akan tetapi alat uji *heat exchanger* terdapat beberapa bagian yang perlu dilakukan rancang ulang.

Salah satu bagian yang harus dilakukan rancang ulang yaitu pada pemilihan pompa. Didalam

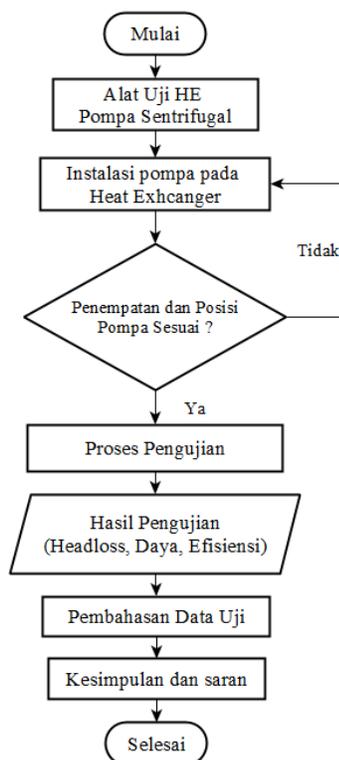
perancangan heat exchanger ini pompa sangat berperan, karena fungsinya untuk memindahkan atau mengalirkan fluida dari suatu tempat ke tempat lain. Atau menciptakan suatu keadaan dimana terjadi perbedaan tekanan sehingga menimbulkan suatu aliran dari satu fluida tersebut.

Agar alat uji heat exchanger yang ada di Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun ini terpakai kembali dalam melakukan praktikum dan Analisa suatu teori dalam mata kuliah terkait, penelitian ini mencoba melakukan rancang ulang pada alat uji heat exchanger jenis concentric tube, dan melakukan pengujian alat uji heat exchanger setelah dilakukan rancang ulang. (Sutowo, 2010)

Berdasarkan beberapa permasalahan diatas, maka perlu dilakukan rancang ulang pada beberapa bagian alat uji heat exchanger yang ada di laboratorium Fakultas Teknik Mesin Universitas Ibn Khaldun untuk bisa dipergunakan kembali pada saat melakukan praktikum dari teori mata kuliah terkait. Oleh karena itu akan dilakukan sebuah penelitian dengan judul “Uji Kinerja Pompa Sentrifugal pada Sistem Alat Uji Heat Exchanger Jenis Concentric Tube Aliran Searah”.

METODE PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Melakukan rancang ulang pada alat uji heat exchanger jenis concentric tube aliran searah menggunakan beberapa bahan dan alat yang diperlukan. Perancangan alat uji heat exchanger ini dilakukan oleh 5 orang mahasiswa. Sebagian besar bagian alat diganti terutama pada pompa sentrifugal, pompa diuji terlebih dahulu kemampuan dan ketepatannya agar sesuai dengan kebutuhan alat.

Setelah alat uji Heat Exchanger dibangun, dilakukan pengujian penuh untuk mendapatkan kinerja alat yang optimal, yaitu mencari referensi yang terkait untuk memudahkan penulis dalam melakukan perancangan sistem navigasi, referensi yang dimaksud berupa jurnal, buku dan website, tahap berikutnya setelah studi literatur penulis melakukan desain ruangan untuk sterilisasi dan juga memperhitungkan bahan yang digunakan serta melakukan analisa terhadap bahan yang digunakan, setelah itu penulis memperoleh hasil perhitungan dilanjutkan dengan fabrikasi dan juga penggabungan software dan hardware untuk ruangan sterilisasi, setelah tahap itu telah dilakukan penulis melakukan pengujian terhadap efektivitas dan juga kinerja ruangan apakah berfungsi atau tidak, dan penulis melakukan pengolahan data terhadap hasil pengujian dan memberikan kesimpulan.

Metode Penelitian

Metode penelitian dalam penelitian ini terdiri dari 3 tahapan yaitu perancangan, pengujian, monitoring. Dimana akan dilakukan Analisa dan pengambilan data-data pada alat yang dibuat. Penulis akan melakukan perancangan ulang alat uji Heat exchanger, kemudian akan dilakukan pengujian pompa pada alat uji tersebut setelah dilakukan perancangan ulang. Berikut tahapan-tahapan penelitian:

1. Perancangan

Pada tahap ini akan dilakukan pemilihan ulang pada pompa yang digunakan pada alat uji heat exchanger untuk memompa air ke seluruh bagian alat.

Untuk menentukan pompa yang digunakan, ada beberapa hal yang perlu diketahui yaitu :

- a. Menentukan head pompa
- b. Menentukan daya pompa
- c. Menentukan debit

2. Pengujian

Pada tahap pengujian akan dilakukan pengujian kerja pompa secara menyeluruh pada alat uji heat exchanger setelah dirancang ulang.

3. Analisa dan Monitoring

Pada tahap ini akan dilakukan analisa serta monitoring kinerja pompa pada alat uji heat

exchanger. Memastikan kinerja pompa pada alat uji heat exchanger setelah dilakukan rancang ulang dapat berfungsi baik.

Prosedur Pengambilan Data

Untuk mendapatkan data penelitian yang di inginkan dapat melakukan beberapa prosedur dalam penelitian kali ini, berikut prosedur penelitian yang dilakukan:

1. Persiapkan peralatan yang akan digunakan dalam penelitian meliputi alat uji heat exchanger dan alat pendukung lain nya, dan sudah melakukan setup alat terlebih dahulu.
2. Persiapkan media yang akan di pergunakan dalam penlitian meliputi penggaris, dan alat lain yang akan diujikan pada panelitian kali ini.
3. Persiapkan catatan pengujian untuk mecatat penelitian kali ini.
4. Jika sudah lakukan pengambilan data, dilakukan Analisa kinerja dan pemilihan pompa.
5. Jika sudah selesai melakukan pengambilan data matikan alat induksi heater dan lankukan tahap yang berikutnya.

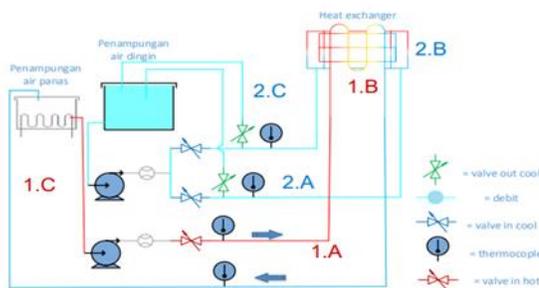
Diatas merupakan prosedur pengambilan data pada penlitian kali ini, prosedur tersebut dapat digunakan pengujian untuk mencari perbedaan setiap pengujian untuk di dapatkan hasil yang maksimal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Spesifikasi Pompa

Berikut adalah spesifikasi pompa yang digunakan pada alat uji heat exchanger ini:

1. Voltage = DC 12V
2. Power = 22W
3. Water flow = 800L/jam
4. Water lift = 5m



Gambar 2. Layout aliran fluida

Perhitungan Head loss aliran fluida

Perhitungan head loss yang dilakukan yaitu pada beberapa bagian, yaitu pada pipa aliran fluida panas menuju heat exchanger (1.A), pipa aliran fluida

panas pada heat exchanger (1.B), pipa aliran fluida panas setelah heat exchanger (1.C), pipa aliran fluida dingin menuju heat exchanger (2.A), pipa aliran fluida dingin pada heat exchanger (2.B), pipa aliran fluida dingin setelah heat exchangef (2.C).

Perhitungan Head Loss Mayor Pipa Fluida Panas

Analisa aliaran untuk memenuhi kebutuhan aliran dapat di ketahui dengan cara mencari aliran mayor terhadap aliran fluida, berikut perhitungan aliran mayor pada fluida panas.

a. *Head mayor* pada pipa aliran fluida panas menuju *heat exchanger*

Untuk menghitung *head mayor* digunakan persamaan berikut:

$$hf = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \tag{4.1}$$

Diketahui:

- L = 223cm = 2,23m
- D = 15mm = 0,015 m
- g = 9,81m/det²

Mencari V yaitu:

$$V = Q/A$$

$$Q = 800 \text{ L/jam} = 0,2 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A = \frac{1}{4} \pi (0,015)^2 = 1,77 \times 10^{-4}$$

$$V = \frac{0,2 \times 10^{-3}}{1,77 \times 10^{-4}} = 1,13 \text{ m/s} \tag{4.2}$$

Mencari Re aliran panas sebelum masuk heat exchanger dengan panas yang diinginkan yaitu 930°C, dengan melihat gambar tabel sifat-sifat air maka:

Tabel 1. Sifat-sifat air

°F	°C	c_p , kJ/kg·°C	ρ , kg/m ³	μ , kg/m·s	k , W/m·°C	Pr	$\frac{g \beta \rho^2 c_p}{\mu k}$, 1/m ³ ·°C
32	0	4.225	999.8	1.79×10^{-3}	0.566	13.25	
40	4.44	4.208	999.8	1.55	0.575	11.35	1.91×10^8
50	10	4.195	999.2	1.31	0.585	9.40	6.34×10^8
60	15.56	4.186	998.6	1.12	0.595	7.88	1.08×10^9
70	21.11	4.179	997.4	9.8×10^{-4}	0.604	6.78	1.46×10^9
80	26.67	4.179	995.8	8.6	0.614	5.85	1.91×10^9
90	32.22	4.174	994.9	7.65	0.623	5.12	2.48×10^9
100	37.78	4.174	993.0	6.82	0.630	4.53	3.3×10^9
110	43.33	4.174	990.6	6.16	0.637	4.04	4.19×10^9
120	48.89	4.174	988.8	5.62	0.644	3.64	4.89×10^9
130	54.44	4.179	985.7	5.13	0.649	3.30	5.66×10^9
140	60	4.179	983.3	4.71	0.654	3.01	6.48×10^9
150	65.55	4.183	980.3	4.3	0.659	2.73	7.62×10^9
160	71.11	4.186	977.3	4.01	0.665	2.53	8.84×10^9
170	76.67	4.191	973.7	3.72	0.668	2.33	9.85×10^9
180	82.22	4.195	970.2	3.47	0.673	2.16	1.09×10^{10}
190	87.78	4.199	966.7	3.27	0.675	2.03	
200	93.33	4.204	963.2	3.06	0.678	1.90	
220	104.4	4.216	955.1	2.67	0.684	1.66	
240	115.6	4.229	946.7	2.44	0.685	1.51	
260	126.7	4.250	937.2	2.19	0.685	1.36	
280	137.8	4.271	925.1	1.98	0.685	1.24	
300	148.9	4.296	918.0	1.86	0.684	1.17	
350	176.7	4.371	890.4	1.57	0.677	1.02	
400	204.4	4.467	859.4	1.36	0.665	1.00	
450	232.2	4.585	825.7	1.20	0.646	0.85	
500	260	4.731	785.2	1.07	0.616	0.83	
550	287.7	5.024	735.5	9.51×10^{-3}			
600	315.6	5.703	678.7	8.68			

$$Re = \frac{V \times D \times \rho}{v} \quad (4.3)$$

$$\frac{\rho_{atas} - \rho_x}{\rho_{atas} - \rho_{bawah}} = \frac{T_{atas} - T_x}{T_{atas} - T_{bawah}} \quad (4.4)$$

$$\frac{93,33 - 93}{93,33 - 87,78} = \frac{963,2 - \rho_x}{963,2 - 966,7}$$

$$(-3,5) \frac{0,33}{5,55} = 963,2 - \rho_x$$

$$963,2 + 0,21 = \rho_x$$

$$\rho_x = 963,41 \text{ kg/m}^3$$

$$0,059 = \frac{3,06 \times 10^{-4} - vx}{3,06 \times 10^{-4} - 3,27 \times 10^{-4}}$$

$$(-0,21) \times 0,059 = 3,06 \times 10^{-4} - vx$$

$$vx = 3,06 \times 10^{-4} + 0,012 \times 10^{-4}$$

$$vx = 3,072 \times 10^{-4}$$

$$Re = \frac{V \times D \times \rho}{v}$$

$$Re = \frac{1,13 \times 0,015 \times 963,41}{3,072 \times 10^{-4}}$$

$$Re = 5,32 \times 10^4$$

Maka diketahui alirannya turbulen karena >2300

Tabel 2. Koefisien kekasaran pipa

Permukaan	Koefisien Kekasaran Mutlak - K -	
	(M) 10 ⁻³	(Kaki)
Tembaga, Timbal, Kuningan, Aluminium (baru)	0,001 - 0,002	(3,33 - 6,7)10 ⁻⁶
Pipa PVC dan Plastik	0,0015 - 0,007	(0,5 - 2,33)10 ⁻⁵
Stainless steel	0,015	5x10 ⁻⁵
Baja komersial pipa	0,045 - 0,09	(1,5 - 3)10 ⁻⁴
Membentang baja	0,015	5x10 ⁻⁵
Weld baja	0,045	1.5x10 ⁻⁴
Baja galvanis	0,15	5x10 ⁻⁴
Berkarat baja (korosi)	0,15 - 4	(5 - 133)10 ⁻⁴
Baru besi cor	0,25 - 0,8	(0,82 - 2,62)10 ⁻⁴
Dikenakan besi cor	0,8 - 1,5	(2,7 - 5)10 ⁻³
Rusty besi cor	1,5 - 2,5	(5 - 8,3) 10 ⁻³
Lembar besi cor atau aspal	0,01 - 0,015	(3,33 - 5)10 ⁻⁵
Merapikan semen	0,3	1x10 ⁻³
Biasa beton	0,3 - 1	(1 - 3,33)10 ⁻³
Beton kasar	0,3 - 5	(1 - 16,7)10 ⁻³
Terencana kayu	0,18 - 0,9	0,59 - 2,95
Biasa kayu	5	16,7x10 ⁻³

Nilai kekasaran pipa pvc yaitu: $\varepsilon = 2,33 \times 10^{-5}$
kekasaran aktual

$$\varepsilon = 2,33 \times 10^{-5}$$

kekasaran aktual

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{2,33 \times 10^{-5}}{0,015} = 1,55 \times 10^{-3}$$

Dengan melihat diagram moody, maka

$$\lambda = 0,011$$

Maka kerugian geseknya adalah:

$$hf = 0,011 \times \frac{2,23}{0,015} \times \frac{1,13^2}{(2 \times 9,81)}$$

$$hf = 0,106 \text{ m}$$

b. *Head mayor* pada pipa aliran fluida panas pada *heat exchanger*

Untuk menghitung *head mayor* digunakan persamaan berikut:

$$hf = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Diketahui :

$$L = 0,4 \text{ m}$$

$$D = 0,037 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ m/det}^2$$

mencari V yaitu:

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$Q = 800 \text{ L/jam} = 0,2 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A = \frac{1}{4} \pi (0,037)^2 = 1,075 \times 10^{-3}$$

$$V = \frac{0,2 \times 10^{-3}}{1,075 \times 10^{-3}} = 0,186 \text{ m/s}$$

Mencari Re aliran panas pada *heat exchanger* dengan suhu 93°C, dengan melihat gambar tabel sifat-sifat air maka:

$$Re = \frac{V \times D \times \rho}{v}$$

$$\frac{\rho_{atas} - \rho_x}{\rho_{atas} - \rho_{bawah}} = \frac{T_{atas} - T_x}{T_{atas} - T_{bawah}}$$

$$\frac{93,33 - 93}{93,33 - 87,78} = \frac{963,2 - \rho_x}{963,2 - 966,7}$$

$$(-3,5) \frac{0,33}{5,55} = 963,2 - \rho_x$$

$$963,2 + 0,21 = \rho_x$$

$$\rho_x = 963,41 \text{ kg/m}^3$$

$$0,059 = \frac{3,06 \times 10^{-4} - vx}{3,06 \times 10^{-4} - 3,27 \times 10^{-4}}$$

$$(-0,21) \times 0,059 = 3,06 \times 10^{-4} - vx$$

$$vx = 3,06 \times 10^{-4} + 0,012 \times 10^{-4}$$

$$vx = 3,072 \times 10^{-4}$$

$$Re = \frac{V \times D \times \rho}{v}$$

$$Re = \frac{0,186 \times 0,037 \times 963,41}{3,072 \times 10^{-4}}$$

$$Re = 2,16 \times 10^4$$

Maka diketahui alirannya turbulen karena >2300
 Nilai kekasaran pipa stainless yaitu:

$$\varepsilon = 5 \times 10^{-5}$$

kekasaran aktual

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{5 \times 10^{-5}}{0,037} = 1,35 \times 10^{-3}$$

Dengan melihat diagram moody, maka

$$\lambda = 0,011$$

Maka kerugian geseknya adalah:

$$hf = 0,011 \times \frac{0,4}{0,037} \times \frac{0,186^2}{(2 \times 9,81)}$$

$$hf = 2,096 \times 10^{-4} m$$

c. *Head mayor* pada pipa aliran fluida panas setelah *heat exchanger*

Untuk menghitung *head mayor* digunakan persamaan berikut:

$$hf = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Diketahui :

$$L = 93cm = 0,93m$$

$$D = 15mm = 0,015 m$$

$$g = 9,81m/det^2$$

mencari V yaitu:

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$Q = 800 L/jam = 0,2 \times 10^{-3} m^3/s$$

$$A = \frac{1}{4} \pi (0,015)^2 = 1,77 \times 10^{-4}$$

$$V = \frac{0,2 \times 10^{-3}}{1,77 \times 10^{-4}} = 1,13 m/s$$

Mencari Re aliran panas keluar dari *heat exchanger* dengan suhu yang terjadi yaitu 77°C, dengan melihat gambar tabel sifat-sifat air maka:

$$Re = \frac{V \times D \times \rho}{\nu}$$

$$\frac{\rho_{atas} - \rho_x}{\rho_{atas} - \rho_{bawah}} = \frac{T_{atas} - T_x}{T_{atas} - T_{bawah}}$$

$$\frac{82,22 - 77}{82,22 - 76,67} = \frac{970,2 - \rho_x}{970,2 - 973,7}$$

$$(-3,5) \frac{5,22}{5,55} = 970,2 - \rho_x$$

$$970,2 + 0,21 = \rho_x$$

$$\rho_x = 970,41 kg/m^3$$

$$0,059 = \frac{3,47 \times 10^{-4} - vx}{3,47 \times 10^{-4} - 3,72 \times 10^{-4}}$$

$$(-0,25) \times 0,059 = 3,47 \times 10^{-4} - vx$$

$$vx = 3,47 \times 10^{-4} + 0,014 \times 10^{-4}$$

$$vx = 3,484 \times 10^{-4}$$

$$Re = \frac{V \times D \times \rho}{\nu}$$

$$Re = \frac{1,13 \times 0,015 \times 970,41}{3,484 \times 10^{-4}}$$

$$Re = 4,72 \times 10^4$$

Maka diketahui alirannya turbulen karena >2300
 Nilai kekasaran pipa pvc yaitu:

$$\varepsilon = 2,33 \times 10^{-5}$$

kekasaran aktual

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{2,33 \times 10^{-5}}{0,015} = 1,55 \times 10^{-3}$$

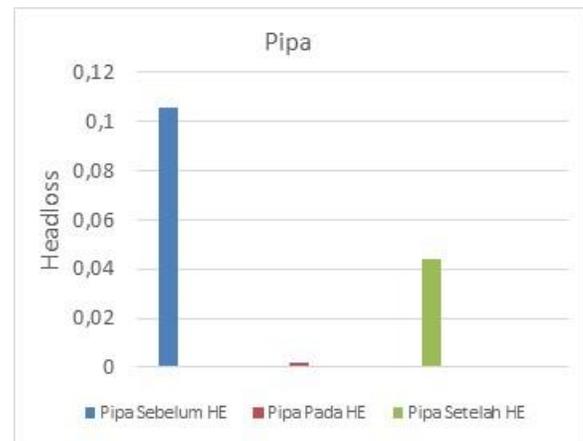
Dengan melihat diagram moody, maka

$$\lambda = 0,011$$

Maka kerugian geseknya adalah:

$$hf = 0,011 \times \frac{0,93}{0,015} \times \frac{1,13^2}{(2 \times 9,81)}$$

$$hf = 0,044m$$



Gambar 2. Diagram *headloss* mayor fluida panas

Perhitungan Head Loss mayor Pipa Fluida Dingin

Analisa aliaran untuk memenuhi kebutuhan aliran dapat di ketahui dengan cara mencari aliran mayor terhadap aliran fluida, berikut perhitungan aliran mayor pada fluida dingin.

a. *head mayor* pada pipa aliran fluida dingin menuju *heat exchanger*

Untuk menghitung *head mayor* digunakan persamaan berikut:

$$hf = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Diketahui :

$$L = 187\text{cm} = 1,87\text{m}$$

$$D = 15\text{mm} = 0,015\text{ m}$$

$$g = 9,81\text{m/det}^2$$

mencari V yaitu:

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$Q = 800\text{ L/jam} = 0,2 \times 10^{-3}\text{ m}^3/\text{s}$$

$$A = \frac{1}{4} \pi (0,015)^2 = 1,77 \times 10^{-4}$$

$$V = \frac{0,2 \times 10^{-3}}{1,77 \times 10^{-4}} = 1,13\text{ m/s}$$

Mencari Re aliran panas sebelum masuk *heat exchanger* dengan suhu 30°C, dengan melihat gambar tabel sifat-sifat air maka:

$$Re = \frac{V \times D \times \rho}{\nu}$$

$$\frac{\rho_{atas} - \rho_x}{\rho_{atas} - \rho_{bawah}} = \frac{T_{atas} - T_x}{T_{atas} - T_{bawah}}$$

$$\frac{32,22 - 30}{32,22 - 26,67} = \frac{994,9 - \rho_x}{994,9 - 995,8}$$

$$(-0,9) \frac{2,22}{5,55} = 994,9 - \rho_x$$

$$994,9 + 0,36 = \rho_x$$

$$\rho_x = 995,26\text{kg/m}^3$$

$$0,4 = \frac{7,65 \times 10^{-4} - vx}{7,65 \times 10^{-4} - 8,6 \times 10^{-4}}$$

$$(-0,95) \times 0,4 = 7,65 \times 10^{-4} - vx$$

$$vx = 7,65 \times 10^{-4} + 0,38 \times 10^{-4}$$

$$vx = 8,03 \times 10^{-4}$$

$$Re = \frac{V \times D \times \rho}{\nu}$$

$$Re = \frac{1,13 \times 0,015 \times 995,26}{8,03 \times 10^{-4}}$$

$$Re = 2,1 \times 10^4$$

Maka diketahui alirannya turbulen karena >2300

Nilai kekasaran pipa pvc yaitu:

$$\epsilon = 2,33 \times 10^{-5}$$

kekasaran aktual

$$\frac{\epsilon}{D} = \frac{2,33 \times 10^{-5}}{0,015} = 1,55 \times 10^{-3}$$

Dengan melihat diagram moody, maka

$$\lambda = 0,011$$

Maka kerugian geseknya adalah:

$$hf = 0,011 \times \frac{1,87}{0,015} \times \frac{1,13^2}{(2 \times 9,81)}$$

$$hf = 0,089\text{m}$$

b. *Head mayor* pada pipa aliran fluida dingin pada *heat exchanger*

Untuk menghitung *head mayor* digunakan persamaan berikut:

$$hf = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Diketahui :

$$L = 0,29\text{m}$$

$$D = 0,043\text{m}$$

$$g = 9,81\text{m/det}^2$$

mencari V yaitu:

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$Q = 800\text{ L/jam} = 0,2 \times 10^{-3}\text{ m}^3/\text{s}$$

$$A = \frac{1}{4} \pi (0,043)^2 = 1,45 \times 10^{-3}$$

$$V = \frac{0,2 \times 10^{-3}}{1,45 \times 10^{-3}} = 0,14\text{ m/s}$$

Mencari Re aliran panas pada *heat exchanger* dengan suhu 30°C, dengan melihat gambar tabel sifat-sifat air maka:

$$Re = \frac{V \times D \times \rho}{\nu}$$

$$\frac{\rho_{atas} - \rho_x}{\rho_{atas} - \rho_{bawah}} = \frac{T_{atas} - T_x}{T_{atas} - T_{bawah}}$$

$$\frac{32,22 - 30}{32,22 - 26,67} = \frac{994,9 - \rho_x}{994,9 - 995,8}$$

$$(-0,9) \frac{2,22}{5,55} = 994,9 - \rho_x$$

$$994,9 + 0,36 = \rho_x$$

$$\rho_x = 995,26\text{kg/m}^3$$

$$0,4 = \frac{7,65 \times 10^{-4} - vx}{7,65 \times 10^{-4} - 8,6 \times 10^{-4}}$$

$$(-0,95) \times 0,4 = 7,65 \times 10^{-4} - vx$$

$$vx = 7,65 \times 10^{-4} + 0,38 \times 10^{-4}$$

$$vx = 8,03 \times 10^{-4}$$

$$Re = \frac{V \times D \times \rho}{\nu}$$

$$Re = \frac{0,14 \times 0,043 \times 995,26}{8,03 \times 10^{-4}}$$

$$Re = 7,46 \times 10^3$$

Maka diketahui alirannya turbulen karena >2300

Nilai kekasaran pipa stainless yaitu:

$$\epsilon = 5 \times 10^{-5}$$

kekasaran aktual

$$\frac{\epsilon}{D} = \frac{5 \times 10^{-5}}{0,043} = 1,16 \times 10^{-3}$$

Maka, dengan melihat diagram moody

$$\lambda = 0,011$$

Maka kerugian gesek aliran panas adalah:

$$hf = 0,011 \times \frac{0,29}{0,043} \times \frac{0,14^2}{(2 \times 9,81)}$$

$$hf = 7,411 \times 10^{-5} m$$

c. *Head mayor* pada pipa aliran fluida dingin setelah *heat exchanger*

Untuk menghitung *head mayor* digunakan persamaan berikut:

$$hf = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Diketahui :

$$L = 57cm = 0,57m$$

$$D = 15mm = 0,015 m$$

$$g = 9,81m/det^2$$

mencari V yaitu:

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$Q = 800 L/jam = 0,2 \times 10^{-3} m^3/s$$

$$A = \frac{1}{4} \pi (0,015)^2 = 1,77 \times 10^{-4}$$

$$V = \frac{0,2 \times 10^{-3}}{1,77 \times 10^{-4}} = 1,13 m/s$$

Mencari Re aliran dingin keluar dari *heat exchanger* dengan suhu 40°C, dengan melihat gambar tabel sifat-sifat air maka:

$$Re = \frac{V \times D \times \rho}{\nu}$$

$$\frac{\rho_{atas} - \rho_x}{\rho_{atas} - \rho_{bawah}} = \frac{T_{atas} - T_x}{T_{atas} - T_{bawah}}$$

$$\frac{43,33 - 40}{43,33 - 37,78} = \frac{990,6 - \rho_x}{990,6 - 993,0}$$

$$(-2,4) \frac{3,33}{5,55} = 990,6 - \rho_x$$

$$990,6 + 1,44 = \rho_x$$

$$\rho_x = 992,04 kg/m^3$$

$$0,6 = \frac{6,16 \times 10^{-4} - \nu_x}{6,16 \times 10^{-4} - 6,82 \times 10^{-4}}$$

$$(-0,66) \times 0,6 = 6,16 \times 10^{-4} - \nu_x$$

$$\nu_x = 6,16 \times 10^{-4} + 0,396 \times 10^{-4}$$

$$\nu_x = 6,556 \times 10^{-4}$$

$$Re = \frac{V \times D \times \rho}{\nu}$$

$$Re = \frac{1,13 \times 0,015 \times 992,04}{6,556 \times 10^{-4}}$$

$$Re = 2,56 \times 10^4$$

Maka diketahui alirannya turbulen karen >2300

Nilai kekasaran pipa pvc yaitu:

$$\epsilon = 2,33 \times 10^{-5}$$

kekasaran aktual

$$\frac{\epsilon}{D} = \frac{2,33 \times 10^{-5}}{0,015} = 1,55 \times 10^{-3}$$

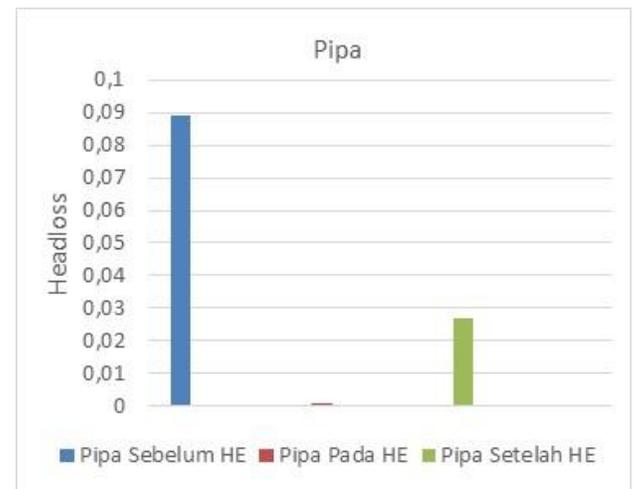
Dengan melihat diagram moody, maka

$$\lambda = 0,011$$

Maka kerugian geseknya adalah:

$$hf = 0,011 \times \frac{0,57}{0,015} \times \frac{1,13^2}{(2 \times 9,81)}$$

$$hf = 0,027m$$



Gambar 2. Diagram *headloss* mayor fluida dingin

Head Total

- *Head* total fluida panas
 $H_t = 0,106 + 2,096 \times 10^{-4} + 0,044 + 1,342$
 $H_t = 1,492m$
- *Head* total fluida dingin
 $H_t = 0,089 + 7,411 \times 10^{-5} + 0,027 + 0,77$
 $H_t = 0,886m$

Daya pompa

Daya pompa yang di butuhkan untuk mengalirkan fluida dapat di ketahui sebagai berikut:

A. Daya pompa fluida panas

$$P = \gamma \cdot Q \cdot H$$

$$P = 9,81 \times 0,2 \times 10^{-3} \times 1,492 \times masa\ jenis\ air(1000)$$

$$P = 2,927w$$

B. Daya pompa fluida dingin

$$P = \gamma \cdot Q \cdot H$$

$$P = 9,81 \times 0,2 \times 10^{-3} \times 0,886 \times \text{masa jenis air}(1000)$$

$$P = 1,738w$$

Efisiensi

Dari data di atas maka didapat efisiensi sebagai berikut:

- Daya pompa fluida panas

$$P = \frac{2,927}{22} \times 100$$

$$P = 13,304$$

- Daya pompa fluida dingin

$$P = \frac{1,738}{22} \times 100$$

$$P = 7,9$$

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari Analisa yang dilakukan alat uji heat exchanger ini digunakan 2 pompa untuk mengalirkan masing-masing fluida. Dengan kemampuan water lift dari pompa yang digunakan yaitu 5m, ada head loss yang hanya sebesar 1,492m pada fluida panas dan 0,886m pada fluida dingin maka kinerja pompa baik.

Daya yang tersedia adalah 22 watt, daya yang dibutuhkan pompa fluida panas adalah 2,927watt dan daya yang dibutuhkan pompa fluida dingin adalah 1,738watt. Dengan demikian daya yang tersedia lebih besar dari daya yang dibutuhkan. Kinerja pompa yang digunakan pada alat uji heat exchanger ini adalah baik

Saran

1. Pada sistem pemipaan diganti dengan material yang bisa mempertahankan panas dari fluida.
2. Menambah tangki untuk memisahkan fluida sebelum masuk *heat exchanger* dan sesudah keluar dari *heat exchanger*

REFERENSI

- C. Sutowo, "Analisa Heat Exchanger Jenis Sheel and Tube dengan Sistem Single Pass," 2010.
- KL. Yana, R. Dantes, and A. Wigraha, "Rancang Bangun Mesin Pompa Air dengan Sistem Recharging," Jur. Pendidik. Tek. Mesin, vol. 8, p. 2, 2017.
- S. Harahap and M. I. Fakhruddin, "Perancangan Pompa Sentrifugal untuk Water Treatment Palnt Kapasitas 0.25 M3/s pada Kawasan Industri Karawang," Tek. Mesin, 2018.

Mustakim, "Pengaruh Kecepatan Sudut Terhadap Efisiensi Pompa Sentrifugal Jenis Tunggal," Tek. Mesin, vol. 4, 2015.

B. Hutabarat, "Analisis untuk Kerja Pompa Sentrifugal dengan Variasi Head," 2019.

Ubaedilah, "Analisa Kebutuhan Jenis dan Spesifikasi Pompa untuk Suplai Air Bersih di Gedung Kantin Berlantai 3 PT Astra Daihatsu Motor," Tek. Mesin, vol. 05, 2016.

I. E. Putra, Sulaiman, and A. Galsha, "Analisa Rugi Aliran (Head Losses) pada Belokan Pipa PVC," Tek. Mesin, 2017.

Masyhudi, A. Zayadi, and Basori, "Uji Fungsi dan Karakterisasi Pompa Sentrifugal," Ilm. GIGA, vol. 17, pp. 94–98, 2014