



Vol. 4 No. 2 : Oktober 2020

ISSN No. 2597-4254

Jurnal Ilmiah Teknik Mesin

Rekayasa Mekanik

- | | |
|---|-------|
| MAINTENANCE KOMPRESOR SENTRIFUGAL CENTAX CC 700 MX 3HP Nurbaiti, Hendri Van Hoten, Helmizar, Putra Bismantolo, Sulistriyono | 1-5 |
| RANCANG BANGUN MODEL PINTU GARASI OTOMATIS MENGGUNAKAN SENSOR RFID Rahmat Satrio Budiarjo, Dedi Suryadi, Ahmad Fauzan | 7-13 |
| PENGARUH PERENDAMAN DALAM LINGKUNGAN AIR LAUT TERHADAP SIFAT MEKANIK KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT KEVLAR SEBAGAI BAHAN BAKU MATERIAL FLOAT PESAWAT AMPHIBI Nurul Iman Supardi, Zeta Adiansyah, Hendri Hestiawan | 15-17 |
| PENGOPERASIAN MESIN CMM UNTUK PENGUKURAN KEBULATAN BENDA KERJA BAJA S45-C Helmizar, Muhammad Ibrahim Ichsan, A. Sofwan F. Alqap | 19-24 |
| ANALISA PENGARUH VARIASI DIAMETER TABUNG DAN JARAK KATUB BUANG LIMBAH TERHADAP UNJUK KERJA SISTEM POMPA HIDROLIK RAM [POMPA HIDRAM] Angky Puspawan, Agus Suandi, Yovan Witanto, Shandy Tri Putra | 25-30 |
| PERPINDAHAN PANAS PADA PIPA HEAT EXCHANGER DENGAN PIPA BER- BAHAN KACA, TEMBAGA, DAN TEMBAGA YANG DILAPIS RESIN Agus Nuramal, Angky Puspawan, Gilang Giyas Pratama | 31-40 |

TEKNIK MESIN - FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BENGKULU
Jl. W.R. Supratman
Kandang Limun, Bengkulu 38371
Sumatera - INDONESIA
Tel: +62 736 21170 & 21884
Fax: +62 736 22105
E-mail: teknik_mesin@unib.ac.id



Penerbit: Fakultas Teknik
Universitas Bengkulu



Jurnal Ilmiah Teknik Mesin



ISSN No. 2597 – 4254

Vol. 4 No. 2, Oktober 2020

Jurnal Rekayasa Mekanik mempublikasikan karya tulis di bidang sains – teknologi, murni disiplin dan antar disiplin, berupa penelitian dasar, perancangan dan studi pengembangan teknologi. Jurnal ini terbit berkala setiap enam bulan (April dan Oktober)

Penanggung Jawab

Agus Nuramal, S.T., M.T.

Penyunting Ahli (Mitra Bestari)

Helmizar, S.T., M.T., Ph.D. (Universitas Bengkulu)

Dr.Eng. Hendra, S.T., M.T. (Universitas Sultan Ageng Tirtayasa)

Dr. Gesang Nugroho, S.T., M.T. (Universitas Gadjah Mada)

Dr.Eng. Nurkholis Hamidi (Universitas Brawijaya)

Dr.Eng. Munadi (Universitas Diponegoro)

A Sofwan F. Alqap, S.T., M.Tech., Ph.D. (Universitas Bengkulu)

Dr. Hendri Hestiawan, S.T., M.T. (Universitas Bengkulu)

Redaktur

Dr. Hendri Hestiawan, S.T., M.T.

Helmizar, S.T., M.T., Ph.D.

A Sofwan F. Alqap, S.T., M.Tech., Ph.D.

Desain Grafis

Nurbaiti, S.T., M.T.

Sekretariat

Dr.Eng Dedi Suryadi, S.T., M.T.

Penerbit

Fakultas Teknik – Universitas Bengkulu

Sekretariat Redaksi:

Gedung Dekanat Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin – Universitas Bengkulu

Jln. WR Supratman, Kandang Limun, Bengkulu 38123, Telp. (0736) 21170, 344067

Email: teknik_mesin@unib.ac.id

DAFTAR ISI

| | |
|--|----------|
| REDAKSI | Hal i |
| DAFTAR ISI | ii |
| 1. <i>MAINTENANCE KOMPRESOR SENTRIFUGAL CENTAX CC 700 MX 3HP</i> Nurbaiti, Hendri Van Hoten, Putra Bismantolo, Sulistriyono | 1 |
| 2. RANCANG BANGUN MODEL PINTU GARASI OTOMATIS MENGGUNAKAN SENSOR RFID Rahmat Satrio Budiarto, Dedi Suryadi, Ahmad Fauzan | 7 |
| 3. PENGARUH PERENDAMAN DALAM LINGKUNGAN AIR LAUT TERHADAP SIFAT MEKANIK KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT <i>KEVLAR</i> SEBAGAI BAHAN BAKU MATERIAL <i>FLOAT</i> PESAWAT AMPHIBI Nurul Iman Supardi, Zeta Adiansyah, Hendri Hestiawan | 15 |
| 4. PENGOPERASIAN MESIN CMM UNTUK PENGUKURAN KEBULATAN BENDA KERJA BAJA S45-C Helmizar, Muhammad Ibrahim Ichsan, A. Sofwan F. Alqap | 19 |
| 5. ANALISA PENGARUH VARIASI DIAMETER TABUNG DAN JARAK KATUB BUANG LIMBAH TERHADAP UNJUK KERJA SISTEM POMPA HIDROLIK RAM [POMPA HIDRAM] Angky Puspawan, Agus Suandi, Yovan Witanto, Shandy Tri Putra | 25 |
| 6. PERPINDAHAN PANAS PADA PIPA <i>HEAT EXCHANGER</i> DENGAN PIPA BERBAHAN KACA, TEMBAGA, DAN TEMBAGA YANG DILAPIS RESIN Agus Nuramal, Angky Puspawan, Gilang Giyas Pratama | 31 |
| FORMAT PENULISAN | 41 |

PERPINDAHAN PANAS PADA PIPA HEAT EXCHANGER DENGAN PIPA BERBAHAN KACA, TEMBAGA, DAN TEMBAGA YANG DILAPIS RESIN

Agus Nuramal*, Angky Puspawan, Gilang Giyas Pratama
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu

Jalan W.R. Supratman, Kandang Limun, Bengkulu, 38371

*) E-mail: anuramal@unib.ac.id

ABSTRACT

In this study, a heat exchanger will be designed with the principle of tube-pond, normal water flowing tubes and hot water-filled ponds. This study aims to determine the heat transfer characteristics of glass pipe, copper, and resin coated copper. The materials used in the tube were glass, copper, and resin coated copper, polyester resin of yukalac BTQN 157 and a catalyst of methyl ethyl ketone peroxide. In the test, the water temperature variation in ponds was 70°C, 80°C, and 90°C. At each temperature, the test was carried out by flowing normal water into the tube by varying the discharge by 1lpm, 0.8lpm, 0.6lpm, 0.4lpm, and 0.2lpm. The values for the temperature in and out of the water in the tube are obtained. So that the overall heat transfer coefficient value and its effectiveness can be calculated. The results showed that the higher the discharge, the overall heat transfer coefficient on the tube increased. where the highest value is in the copper tube material at 1 lpm discharge, which is at 80°C pond temperature of 1544.163 W / m²°C. While the smallest value of the overall heat transfer coefficient is the glass material at the time of discharge 0.2 lpm, which is at a temperature of 90°C of 199.5889 W / m²°C.

Keywords: Heat exchanger, tube, pond, heat transfer coefficient

1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan panas bumi di Indonesia belum dilakukan secara maksimal. Padahal beberapa negara telah memanfaatkan panas bumi untuk sektor non-listrik, antara lain untuk pemanasan air, pengeringan hasil produk pertanian, pemanasan ruangan, pengeringan kayu, dan kegiatan lainnya. Dengan potensi yang dimiliki Indonesia pemanfaatan panas bumi bisa lebih ditingkatkan.

Pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP) pada prinsipnya sama seperti Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), hanya pada PLTU uap dibuat di permukaan menggunakan boiler, sedangkan pada PLTP uap berasal dari reservoir panas bumi. Apabila fluida di kepala sumur berupa fasa uap, maka uap tersebut dapat dialirkan langsung ke turbin, dan kemudian turbin akan mengubah energi panas bumi menjadi energi gerak yang akan memutar generator sehingga dihasilkan listrik[1]. Uap dari bumi biasanya berupa campuran uap dan air panas dengan komposisi yang berbeda pada lokasi sumur yang berbeda. Air panas yang merupakan produk sampingan dari energi panas bumi pada saat ini belum bisa dimanfaatkan dengan optimal sehingga dibuang sebagai limbah air panas. Air panas tersebut memiliki karakteristik keasaman yang rendah, sehingga air yang bersifat asam dapat merusak peralatan yang terbuat dari

logam. Untuk itu perlu penelitian agar air panas tersebut dapat dimanfaatkan. Salah satu alat yang bisa dimanfaatkan untuk memanfaatkan air panas adalah alat penukar panas atau *heat exchanger*. Alat tersebut merupakan suatu alat yang digunakan untuk memindahkan energi panas dari suatu fluida ke fluida yang lain.

Pemanfaatan alat penukar panas potensial digunakan untuk memanfaatkan air panas yang berasal dari sumur panas bumi, sehingga panas yang dihasilkan dari sumur *geothermal* dapat digunakan untuk berbagai kepentingan diantaranya panas ruangan, wisata, pengering hasil pertanian, seperti coklat, kopi, dan lain lain. Kendala yang ada adalah alat penukar panas biasanya terbuat dari bahan logam, sehingga mudah terkorosi oleh fluida dengan sifat asam. Oleh karena itu, untuk pemanfaatan air panas dari sumur *geothermal* diperlukan alat penukar panas yang tahan bekerja pada fluida dengan sifat asam.

Penelitian sebelumnya berkaitan dengan penggunaan berbagai material *heat exchanger* untuk penggunaan di sumur *geothermal*. Pemilihan bahan dan pengujian bahan yang cocok menjadi bagian penting dari program penelitian[2]. Penelitian korosi pada *heat exchanger*, pengujian dilakukan dengan

merendam material *common polymeric* dan *metallic alloys* selama enam bulan[3].

Penelitian lain yang telah disebutkan di atas hanya meneliti pengaruh bahan terhadap sifat korosif pada *heat exchanger* dan belum menganalisa karakteristik perpindahan panas pada *heat exchanger*. Pada penelitian ini akan diteliti alat penukar panas dengan prinsip *tube-pond* dengan pipa dialiri air normal dan *pond* berisi air panas. Pipa yang digunakan terbuat dari beberapa jenis material yaitu kaca, tembaga, dan tembaga yang dilapis resin. Penelitian ini dilakukan dengan membuat model alat penukar panas jenis *tube and pond*. Dari model tersebut akan dilihat karakteristik perpindahan panas yang terjadi pada *tube*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Perpindahan kalor adalah ilmu yang mempelajari berpindahnya suatu energi (berupa kalor) dan suatu sistem ke sistem lain karena adanya perbedaan temperatur. Perpindahan kalor tidak akan terjadi pada sistem yang memiliki temperatur sama. Perbedaan temperatur menjadi daya penggerak untuk terjadinya perpindahan kalor. Sama dengan perbedaan tegangan sebagai penggerak arus listrik. Proses perpindahan kalor terjadi dari suatu sistem yang memiliki temperatur lebih tinggi ketemperatur yang lebih rendah. Keseimbangan pada masing - masing sistem terjadi ketika sistem memiliki temperatur yang sama[11].

Perpindahan kalor secara konduksi adalah proses perpindahan kalor di mana kalor mengalir dari daerah yang bertemperatur tinggi ke daerah yang bertemperatur rendah dalam suatu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung[11]. Secara umum laju aliran kalor secara konduksi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$q_{kond} = -kA \frac{dT}{dx} \quad (1)$$

keterangan :

q_{kond} = laju aliran kalor (W)

k = konduktifitas termal bahan ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

A = luas penampang (m^2)

$\frac{dT}{dx}$ = gradient temperatur terhadap penampang tersebut, yaitu laju perubahan temperatur T terhadap jarak dalam arah aliran panas x .

Perpindahan kalor secara konveksi adalah proses transport energi dengan kerja gabungan dari konduksi kalor, penyimpanan energi dan gerakan mencampur. Konveksi sangat penting sebagai mekanisme perpindahan energi antara permukaan benda padat dan cair atau gas. Perpindahan kalor secara konveksi dari suatu permukaan yang temperaturnya di atas temperatur fluida disekitarnya berlangsung dalam beberapa tahap. Pertama, kalor

akan mengalir dengan cara konduksi dari permukaan ke partikel-partikel fluida yang berbatasan. Energi yang berpindah dengan cara demikian akan menaikkan temperatur dan energi dalam partikel-partikel fluida tersebut. Kedua, partikel-partikel tersebut akan bergerak ke daerah temperatur yang lebih rendah di mana partikel tersebut akan bercampur dengan partikel-partikel fluida lainnya[12].

Laju perpindahan kalor antara suatu permukaan plat dan suatu fluida dapat dihitung dengan hubungan :

$$q_{konv} = hc A \Delta T \quad (2)$$

dimana

q_{kond} = Laju perpindahan kalor secara konveksi (W)

hc = Koefisien perpindahan kalor konveksi ($W/m^2 \cdot K$)

A = Luas perpindahan kalor (m^2)

ΔT = Beda antara temperatur permukaan T_w dan temperatur fluida T_∞

Berbeda dengan mekanisme konduksi dan konveksi, di mana transfer energi melalui media material terlibat, panas juga dapat ditransfer melalui daerah di mana ruang hampa sempurna berada. Mekanisme dalam hal ini adalah radiasi elektromagnetik[12]. Laju perpindahan panas secara radiasi dapat dihitung dengan hubungan :

$$q_{radiasi} = \sigma AT^4 \quad (3)$$

$q_{radiasi}$ = Laju perpindahan kalor secara konveksi (W)

Menurut Dean A Bartet (1996) bahwa alat penukar kalor memiliki tujuan untuk mengontrol suatu sistem (temperatur) dengan menambahkan atau menghilangkan energi termal dari suatu fluida kefluida lainnya. Walaupun ada banyak perbedaan ukuran tingkat kesempurnaan, dan perbedaan jenis alat penukar kalor, semua alat penukar kalor menggunakan elemen-elemen konduksi termal yang pada umumnya berupa tabung "*tube*" atau plat untuk memisahkan dua fluida. Salah satu dari elemen tersebut, memindahkan energi kalor ke elemen yang lainnya[11].

Perhitungan yang digunakan dalam *heat exchanger* yaitu, sebagai berikut :

1. Tahanan Thermal Menyeluruh

Tahanan thermal Menyeluruh dapat dihitung dengan rumus :

$$R = R_{total} = R_i + R_{wall} + R_o = \frac{1}{h_i A_i} + \frac{\ln\left(\frac{D_o}{D_i}\right)}{2\pi k L} + \frac{1}{h_o A_o} \quad (4)$$

2. Laju Perpindahan Panas Pada *Heat Exchanger* (Q)

Besarnya laju perpindahan panas dapat dihitung dengan rumus :

$$Q = \frac{LMTD}{R} = U \times A \times LMTD = U_i \times A_i \times LMTD = U_o \times A_o \times LMTD \quad (5)$$

dimana

Q = Laju perpindahan panas (W atau $\frac{Btu}{h}$)
 U = Koefisien perpindahan kalor menyeluruh ($\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$ atau $\frac{Btu}{h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F}$)
 A = luas penampang (m^2 atau ft^2)
 $LMTD$ = *The log mean temperature difference* ($^\circ C$ atau $^\circ F$)

Berdasarkan kekekalan energi, maka laju perpindahan panas dapat ditentukan:

$$Q_{in} = Q_{out} \quad (6)$$

$$Q_h = Q_c$$

$$\dot{m}_h(h_{h,i} - h_{h,o}) = \dot{m}_c(h_{c,i} - h_{c,o}) \quad (7)$$

Dimana:

$$\dot{m} = \text{Laju aliran massa} \left(\frac{kg}{s} \text{ atau } \frac{lbm}{h} \right)$$

$$h = \text{Enthalpi fluida panas pada sisi aliran masuk} \left(\frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \text{ atau } \frac{Btu}{lb \cdot ^\circ F} \right)$$

Sementara *subscript*:

h ; c = Menjelaskan sebagai fluida panas (h, hot) dan fluida dingin ($c, cold$).

i ; o = Menjelaskan aliran masuk ($i, input$) dan aliran keluar ($o, output$).

Jika proses perpindahan panas dalam *heat exchanger* tidak mengalami perubahan bentuk (fasa) dan diasumsikan panas spesifik adalah konstan, maka persamaan menjadi:

$$Q_h = Q_c$$

$$\dot{m}_h c_{p,h} (T_{h,i} - T_{h,o}) = \dot{m}_c c_{p,h} (T_{h,i} - T_{h,o}) \quad (8)$$

dimana:

T = Temperatur

c_p = Panas spesifik fluida pada tekanan konstan.

3. The Log Mean Temperature Difference (LMTD)

The log mean temperature difference (LMTD) adalah menentukan nilai perbedaan temperatur yang terjadi dalam *heat exchanger*. Penentuan LMTD tergantung pada jenis aliran yang diaplikasikan pada *heat exchanger* tersebut.

Untuk menghitung nilai perbedaan temperatur yang terjadi dalam *heat exchanger* aliran searah dihitung dengan rumus:

$$LMTD = \frac{(T_{h,in} - T_{c,in}) - (T_{h,out} - T_{c,out})}{\ln \left(\frac{T_{h,in} - T_{c,in}}{T_{h,out} - T_{c,out}} \right)} \quad (9)$$

Untuk menghitung nilai perbedaan temperatur yang terjadi dalam *heat exchanger* aliran berlawanan arah dihitung dengan rumus:

$$LMTD = \frac{(T_{h,in} - T_{c,out}) - (T_{h,out} - T_{c,in})}{\ln \left(\frac{T_{h,in} - T_{c,out}}{T_{h,out} - T_{c,in}} \right)} \quad (10)$$

4. Nilai Efektivitas (ϵ)

$$\epsilon = \frac{Q_{aktual}}{Q_{maks}} \quad (11)$$

dimana:

$$Q_{aktual} = \dot{m}_c \times C_c \times (T_{c,out} - T_{c,in}) = \dot{m}_h \times C_h \times (T_{h,in} - T_{h,out}) \quad (12)$$

Atau

$$Q_{aktual} = C_c \times (T_{c,out} - T_{c,in}) = C_h \times (T_{h,in} - T_{h,out}) \quad (13)$$

$$Q_{maks} = C_{min} \times (T_{h,in} - T_{c,in}) \quad (14)$$

$$\dot{m} = \rho \times \text{Debit} \quad (15)$$

III. METODOLOGI

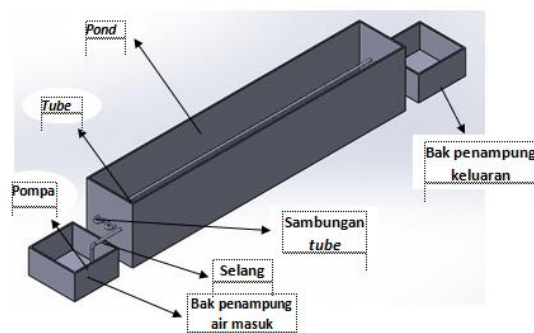
Penelitian dilakukan dengan melakukan pencarian topik, kemudian dilanjutkan mencari referensi di mana dari referensi itulah nantinya akan dijadikan bahan untuk pemahaman-pemahaman dari topik yang akan diajukan, setelah referensi telah cukup maka dapat ditentukannya suatu rumusan masalah yang diambil dari referensi yang dimiliki. Pada pengujian ini akan dilakukan penelitian tentang rancang bangun *heat exchanger* air ke air tipe *tube pond* dengan variasi temperatur air *pond*.

Kemudian di lanjutkan perancangan *heat exchanger* air ke air dengan prinsip kerja *tube-pond* dengan *tube* dialiri fluida. Fluida yang digunakan yaitu air. Dalam pengujian *heat exchanger* dilakukan tiga variasi bahan *tube*, yaitu material kaca, tembaga, dan tembaga yang dilapisi resin.

Pada pengujian *heat exchanger* temperatur yang digunakan di dalam *pond* yaitu pada temperatur $70^\circ C$, $80^\circ C$, dan $90^\circ C$, pada setiap temperatur akan dilakukan pengujian dengan variasi debit sebesar 1 lpm , $0,8 \text{ lpm}$, $0,6 \text{ lpm}$, $0,4 \text{ lpm}$, dan $0,2 \text{ lpm}$. Kemudian didapatkan hasil temperatur masuk dan keluar *tube* pada setiap variasi debit.

Setelah dilakukan pengujian dan didapat keluaran temperatur masuk dan keluar *tube*, kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan hasil koefisien perpindahan panas secara menyeluruh pada pengujian *heat exchanger* air ke air dengan bahan kaca, tembaga, dan tembaga yang dilapisi resin.

Alat dan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut : *Heat Exchanger Tube Pond* yang merupakan peralatan yang utama dalam penelitian ini, seperti terlihat pada Gambar 1. Peralatan lainnya kompor, pompa, thermocouple, meteran, jangka sorong, selang, pond, tube, bak penampung, resin polyester dan katalis Mekpo.



Gambar 1. Heat Exchanger Tube Pond

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan perhitungan untuk mendapatkan panjang tube yang telah ditentukan diameter dalam dan diameter luar untuk material *tube* kaca, sehingga didapat panjang *tube*. kemudian dilakukan perancangan *heat exchanger* tipe *tube-pond*. Dimana . Hasil perancangan dapat dilihat Pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil Perancangan

Data hasil pengujian pada material *tube* kaca dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3.

Tabel 1. Data Air Panas Bak Penampung pada Temperatur 70°C.

| DEBIT (LPM) | T_{in} (°C) | | | | | | T_{out} (°C) | | | | | |
|-------------|---------------|------|------|------|------|-----------|----------------|------|------|------|------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | RATA-RATA | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | RATA-RATA |
| 1 | 29.0 | 28.9 | 29.0 | 29.1 | 29.1 | 29.02 | 55.2 | 55 | 55.1 | 55.2 | 55.1 | 55.12 |
| 0.8 | 29.1 | 29.0 | 29.1 | 29.2 | 29.0 | 29.08 | 57.3 | 57.1 | 57.3 | 57.2 | 57.3 | 57.24 |
| 0.6 | 29.0 | 29.1 | 29.0 | 29.0 | 29.0 | 29.02 | 59.3 | 59.1 | 59.2 | 59.2 | 59.2 | 59.2 |
| 0.4 | 29.1 | 29 | 29.1 | 29 | 29.1 | 29.06 | 61.8 | 61.7 | 61.8 | 61.9 | 61.8 | 61.8 |
| 0.2 | 29.0 | 29.1 | 29 | 29.1 | 29.1 | 29.06 | 63.3 | 63.2 | 60.2 | 60.3 | 63.1 | 62.02 |

Tabel 2. Data Air Panas Bak Penampung pada Temperatur 80°C.

| DEBIT (LPM) | T_{in} (°C) | | | | | | T_{out} (°C) | | | | | |
|-------------|---------------|------|------|------|------|-----------|----------------|------|------|------|------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | RATA-RATA | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | RATA-RATA |
| 1 | 29.9 | 30.0 | 30.0 | 30.0 | 30.1 | 30.0 | 58.7 | 58.6 | 58.7 | 58.6 | 58.6 | 58.64 |
| 0.8 | 30.0 | 30.1 | 30.0 | 30.0 | 30.0 | 30.02 | 60.2 | 60.3 | 60.2 | 60.3 | 60.3 | 60.26 |
| 0.6 | 30.1 | 30.0 | 30.0 | 30.0 | 30.0 | 30.02 | 62.6 | 62.7 | 62.7 | 62.8 | 62.7 | 62.7 |
| 0.4 | 30.0 | 30.0 | 30.1 | 30.0 | 30.1 | 30.04 | 64.9 | 64.9 | 64.8 | 64.9 | 64.8 | 64.86 |
| 0.2 | 29.9 | 30 | 30.1 | 30 | 29.9 | 29.98 | 67.2 | 67.2 | 67.1 | 67.2 | 67.2 | 67.18 |

Tabel 3. Data Air Panas Bak Penampung pada Temperatur 90°C.

| DEBIT (LPM) | T_{in} (°C) | | | | | | T_{out} (°C) | | | | | |
|-------------|---------------|------|------|------|------|-----------|----------------|------|------|------|------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | RATA-RATA | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | RATA-RATA |
| 1 | 28.4 | 28.4 | 28.5 | 28.4 | 28.3 | 28.4 | 61.4 | 61.3 | 61.5 | 61.4 | 61.4 | 61.4 |
| 0.8 | 28.4 | 28.4 | 28.5 | 28.4 | 28.3 | 28.4 | 63.8 | 63.7 | 63.8 | 63.8 | 63.8 | 63.78 |
| 0.6 | 28.4 | 28.4 | 28.3 | 28.4 | 28.4 | 28.38 | 65.8 | 65.7 | 65.9 | 65.8 | 65.9 | 65.82 |
| 0.4 | 28.2 | 28.3 | 28.3 | 28.4 | 28.5 | 28.34 | 68.2 | 68 | 68.1 | 68.2 | 68.1 | 68.12 |
| 0.2 | 28.4 | 28.3 | 28.4 | 28.4 | 28.5 | 28.4 | 70.2 | 70.3 | 70.4 | 70.2 | 70.3 | 70.28 |

Data hasil pengujian pada material *tube* tembaga dapat dilihat pada Tabel 4, Tabel 5, dan Tabel 6.

Tabel 2. Data Air Panas Bak Penampung pada Temperatur 70°C.

| DEBIT (LPM) | T_{in} (°C) | | | | | | T_{out} (°C) | | | | | |
|-------------|---------------|------|----|------|------|-----------|----------------|------|------|------|------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | RATA-RATA | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | RATA-RATA |
| 1 | 29 | 29 | 29 | 29.1 | 29.1 | 29.04 | 52 | 52.1 | 52.1 | 52.2 | 52.1 | 52.1 |
| 0.8 | 29.1 | 29 | 29 | 29.1 | 29 | 29.04 | 54.6 | 54.5 | 54.4 | 54.6 | 54.6 | 54.54 |
| 0.6 | 29.1 | 29.1 | 29 | 29 | 29 | 29.04 | 57.2 | 57.4 | 57.3 | 57.2 | 57.3 | 57.28 |
| 0.4 | 29.1 | 29 | 29 | 29 | 29.1 | 29.04 | 60.6 | 60.3 | 60.4 | 60.3 | 60.3 | 60.38 |
| 0.2 | 29 | 29 | 29 | 29.1 | 29 | 29.02 | 66.9 | 67.1 | 67.2 | 67.2 | 67 | 67.08 |

Tabel 5. Data Air Panas Bak Penampung pada Temperatur 80°C.

| DEBIT (LPM) | T_{in} (°C) | | | | | | T_{out} (°C) | | | | | |
|-------------|---------------|------|------|------|------|-----------|----------------|------|------|------|------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | RATA-RATA | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | RATA-RATA |
| 1 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30.1 | 30.02 | 60.7 | 60.6 | 60.7 | 60.7 | 60.7 | 60.68 |
| 0.8 | 30 | 30.1 | 29.9 | 30 | 30 | 30 | 63.1 | 63.1 | 63.1 | 63.1 | 63.1 | 63.1 |
| 0.6 | 30 | 30.1 | 30 | 30 | 30 | 30.02 | 65.9 | 66 | 65.9 | 65.9 | 65.8 | 65.9 |
| 0.4 | 30 | 30.2 | 30 | 30.1 | 30.1 | 30.08 | 68.8 | 68.8 | 68.7 | 68.7 | 68.8 | 68.76 |
| 0.2 | 30 | 30 | 30.1 | 30 | 29.9 | 30 | 72.1 | 72.1 | 72 | 72 | 72.1 | 72.06 |

Tabel 6. Data Air Panas Bak Penampung pada Temperatur 90°C.

| DEBIT (LPM) | T_{in} (°C) | | | | | | T_{out} (°C) | | | | | |
|-------------|---------------|------|------|------|------|-----------|----------------|------|------|------|------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | RATA-RATA | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | RATA-RATA |
| 1 | 30 | 29.9 | 30 | 30.1 | 30 | 30 | 65.5 | 65.6 | 65.4 | 65.5 | 65.5 | 65.5 |
| 0.8 | 30 | 30.1 | 30.1 | 30 | 30 | 30.04 | 67.4 | 67.5 | 67.4 | 67.4 | 67.3 | 67.4 |
| 0.6 | 30 | 30 | 29.9 | 30.1 | 30.1 | 30.02 | 70 | 69.9 | 69.9 | 70 | 70 | 69.96 |
| 0.4 | 30.1 | 30 | 30 | 30.1 | 30.2 | 30.08 | 73.3 | 73.2 | 73.3 | 73.1 | 73.2 | 73.22 |
| 0.2 | 30.1 | 30.2 | 30.2 | 30.2 | 30.1 | 30.16 | 77.2 | 77.3 | 77.3 | 77.3 | 77.2 | 77.26 |

Data hasil pengujian pada material *tubetembaga* dilapisi reasin dapat dilihat Pada Tabel 7, Tabel 8, dan Tabel 9.

Tabel 3. Data air panasbak penampung pada temperatur70°C.

| DEBIT (LPM) | T_{in} (°C) | | | | | | T_{out} (°C) | | | | | |
|-------------|---------------|------|------|------|------|-----------|----------------|------|------|------|------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | RATA-RATA | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | RATA-RATA |
| 1 | 28 | 28 | 28 | 28.1 | 28 | 28.02 | 50.4 | 50.4 | 50.3 | 50.4 | 50.4 | 50.4 |
| 0.8 | 28.1 | 28 | 28 | 28.1 | 28.1 | 28.06 | 52.6 | 52.5 | 52.5 | 52.5 | 52.6 | 52.5 |
| 0.6 | 28.1 | 28 | 28.1 | 28.1 | 28.1 | 28.08 | 55.3 | 55.3 | 55.3 | 55.4 | 55.4 | 55.3 |
| 0.4 | 28.1 | 28.2 | 28.1 | 28.1 | 28.1 | 28.12 | 58.2 | 58.3 | 58.4 | 58.4 | 58.4 | 58.3 |
| 0.2 | 28.2 | 28.1 | 28.1 | 28.1 | 28.2 | 28.14 | 63.7 | 63.6 | 63.6 | 63.7 | 63.6 | 63.6 |

Tabel 8. Data Air Panas Bak Penampung pada Temperatur 80°C.

| DEBIT (LPM) | T_{in} (°C) | | | | | | T_{out} (°C) | | | | | |
|-------------|---------------|------|------|------|------|-----------|----------------|------|------|------|------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | RATA-RATA | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | RATA-RATA |
| 1 | 30 | 30 | 30.1 | 30 | 30.1 | 30.04 | 59.2 | 59.1 | 59 | 59 | 59.1 | 59.1 |
| 0.8 | 30 | 30.1 | 30 | 30 | 30 | 30.02 | 61.9 | 62 | 61.9 | 62 | 61.9 | 61.9 |
| 0.6 | 30 | 30.1 | 30 | 30.1 | 30 | 30.04 | 64.2 | 64.3 | 64.3 | 64.2 | 64.3 | 64.3 |
| 0.4 | 30 | 30.2 | 30 | 30.2 | 30.1 | 30.1 | 66.6 | 66.7 | 66.7 | 66.7 | 66.6 | 66.7 |
| 0.2 | 30 | 30 | 30.1 | 30 | 30 | 30.02 | 70.3 | 70.4 | 70.3 | 70.2 | 70.3 | 70.3 |

Tabel 9. Data Air Panas Bak Penampung pada Temperatur 90°C.

| DEBIT (LPM) | T_{in} (°C) | | | | | | T_{out} (°C) | | | | | |
|-------------|---------------|------|------|------|------|-----------|----------------|------|------|------|------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | RATA-RATA | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | RATA-RATA |
| 1 | 30.1 | 30 | 30 | 30.1 | 30 | 30.04 | 63.8 | 63.8 | 63.9 | 63.7 | 63.8 | 63.8 |
| 0.8 | 30 | 30.1 | 30.1 | 30.1 | 30 | 30.06 | 65.9 | 66 | 65.9 | 65.9 | 65.8 | 65.9 |
| 0.6 | 30 | 30 | 29.9 | 30.1 | 30 | 30 | 68.1 | 68.2 | 68.1 | 68 | 68.1 | 68.1 |
| 0.4 | 30 | 30.1 | 30 | 30.1 | 30.1 | 30.06 | 72.8 | 72.8 | 72.2 | 72.8 | 72.8 | 72.7 |
| 0.2 | 30.2 | 30.1 | 30.2 | 30.2 | 30.1 | 30.16 | 75.3 | 75.4 | 75.4 | 75.5 | 75.4 | 75.4 |

Hasil koefisien perpindahan panas menyeluruh *heat exchanger* tipe *tube-pond* pada material *tube* kaca dengan variasi temperatur 70°C dapat dilihat pada Tabel 10, temperatur 80°C dapat dilihat pada Tabel 11, temperatur 90°C dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 4. Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh Material Kaca pada Temperatur 70°C.

| Debit(LPM) | $U_{actual,i}$ | $U_{actual,o}$ |
|------------|----------------|----------------|
| 1 | 889.828 | 556.143 |
| 0.8 | 818.448 | 511.530 |
| 0.6 | 702.224 | 438.890 |
| 0.4 | 564.248 | 352.655 |
| 0.2 | 286.885 | 179.303 |

Tabel 5. Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh Material Kaca pada Temperatur 80°C.

| Debit(LPM) | $U_{actual,i}$ | $U_{actual,o}$ |
|------------|----------------|----------------|
| 1 | 746.388 | 466.493 |
| 0.8 | 652.029 | 407.518 |
| 0.6 | 558.254 | 348.908 |
| 0.4 | 418.664 | 261.665 |
| 0.2 | 238.619 | 149.136 |

Tabel 6. Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh Material Kaca pada Temperatur 90°C.

| Debit(LPM) | $U_{actual,i}$ | $U_{actual,o}$ |
|------------|----------------|----------------|
| 1 | 673.204 | 420.752 |
| 0.8 | 599.317 | 374.573 |
| 0.6 | 492.120 | 307.575 |
| 0.4 | 363.228 | 227.017 |
| 0.2 | 199.588 | 124.743 |

Hasil Koefisien perpindahan panas menyeluruh *heat exchanger* air ke air tipe *tube-pond* pada material *tube* kaca dengan variasi temperatur 70°C dapat dilihat pada Tabel 13, temperatur 80°C dapat dilihat pada Tabel 14, temperatur 90°C dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 7. Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh Material Tembaga pada Temperatur 70°C.

| Debit(LPM) | $U_{actual,i}$ | $U_{actual,o}$ |
|------------|----------------|----------------|
| 1 | 1347.355 | 1010.51 |
| 0.8 | 1268.027 | 951.020 |
| 0.6 | 1140.749 | 855.562 |
| 0.4 | 941.660 | 706.245 |
| 0.2 | 857.524 | 643.143 |

Tabel 14. Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh Material Tembaga pada Temperatur 80°C.

| Debit(LPM) | $U_{actual,i}$ | $U_{actual,o}$ |
|------------|----------------|----------------|
| 1 | 1544.163 | 1158.123 |
| 0.8 | 1409.231 | 1056.923 |
| 0.6 | 1232.463 | 924.347 |
| 0.4 | 967.580 | 725.685 |
| 0.2 | 596.753 | 447.565 |

Hasil Koefisien perpindahan panas menyeluruh *heat exchanger* air ke air tipe *tube-pond* pada material *tube* kaca dengan variasi temperatur 70°C dapat dilihat pada Tabel 16, temperatur 80°C dapat dilihat pada Tabel 17, temperatur 90°C dapat dilihat pada Tabel 18.

Tabel 15. Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh Material Tembaga pada Temperatur 90°C.

| Debit(LPM) | $U_{actual,i}$ | $U_{actual,o}$ |
|------------|----------------|----------------|
| 1 | 1453.975 | 1090.482 |
| 0.8 | 1266.745 | 950.0584 |
| 0.6 | 1066.971 | 800.228 |
| 0.4 | 825.3823 | 619.0367 |
| 0.2 | 501.203 | 375.9023 |

Tabel 8. Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh Material Tembaga Dilapisi Resin pada Temperatur 70°C.

| Debit(LPM) | $U_{actual,i}$ | $U_{actual,o}$ |
|------------|----------------|----------------|
| 1 | 1240.451 | 930.338 |
| 0.8 | 1138.243 | 853.681 |
| 0.6 | 1022.879 | 767.159 |
| 0.4 | 829.285 | 621.963 |
| 0.2 | 610.110 | 457.582 |

Tabel 17. Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh Material Tembaga Dilapisi Resin pada Temperatur 80°C.

| Debit(LPM) | $U_{actual,i}$ | $U_{actual,o}$ |
|------------|----------------|----------------|
| 1 | 1416.166 | 1062.125 |
| 0.8 | 1319.845 | 989.883 |
| 0.6 | 1127.681 | 845.760 |
| 0.4 | 858.404 | 643.803 |
| 0.2 | 531.856 | 398.892 |

Hasil efektivitas *heat exchanger* tipe *tube-pond* pada material *tube* kaca dengan variasi temperatur 70°C dapat dilihat pada Tabel 19, temperatur 80°C dapat dilihat pada Tabel 20, temperatur 90°C dapat dilihat pada Tabel 21.

Tabel 18. Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh Material Tembaga Dilapisi Resin pada Temperatur 90°C.

| Debit(LPM) | $U_{actual,i}$ | $U_{actual,o}$ |
|------------|----------------|----------------|
| 1 | 1344.354 | 1008.266 |
| 0.8 | 1183.170 | 887.377 |
| 0.6 | 981.233 | 735.925 |
| 0.4 | 805.884 | 604.413 |
| 0.2 | 457.199 | 342.899 |

Tabel 9. Efektivitas Material *Tube* Kaca pada Temperatur 70°C.

| Debit(LPM) | ϵ |
|------------|------------|
| 1 | 0.636 |
| 0.8 | 0.688 |
| 0.6 | 0.736 |
| 0.4 | 0.799 |
| 0.2 | 0.805 |

Tabel 20. Efektivitas Material *Tube* Kaca pada Temperatur 80°C.

| Debit(LPM) | ϵ |
|------------|------------|
| 1 | 0.572 |
| 0.8 | 0.605 |
| 0.6 | 0.653 |
| 0.4 | 0.696 |
| 0.2 | 0.743 |

Hasil Efektivitas *heat exchanger* tipe *tube-pond* pada material *tube* kaca dengan variasi temperatur 70°C dapat dilihat pada Tabel 22, temperatur 80°C dapat dilihat pada Tabel 23, temperatur 90°C dapat dilihat pada Tabel 24.

Tabel 21. Efektivitas Material *Tube* Kaca pada Temperatur 90°C.

| <i>Debit(LPM)</i> | ϵ |
|-------------------|------------|
| 1 | 0.535 |
| 0.8 | 0.574 |
| 0.6 | 0.607 |
| 0.4 | 0.645 |
| 0.2 | 0.679 |

Tabel 10. Efektivitas Material *Tube* Tembaga pada Temperatur 70°C.

| <i>Debit(LPM)</i> | ϵ |
|-------------------|------------|
| 1 | 0.562 |
| 0.8 | 0.622 |
| 0.6 | 0.689 |
| 0.4 | 0.765 |
| 0.2 | 0.928 |

Tabel 23. Efektivitas Material *Tube* Tembaga pada Temperatur 80°C.

| <i>Debit(LPM)</i> | ϵ |
|-------------------|------------|
| 1 | 0.613 |
| 0.8 | 0.662 |
| 0.6 | 0.717 |
| 0.4 | 0.774 |
| 0.2 | 0.841 |

Hasil Efektivitas *heat exchanger* tipe *tube-pond* pada material *tube* kaca dengan variasi temperatur 70°C dapat dilihat pada Tabel 25, temperatur 80°C dapat dilihat pada Tabel 26, temperatur 90°C dapat dilihat pada Tabel 27.

Tabel 24. Efektivitas Material *Tube* Tembaga pada Temperatur 90°C.

| <i>Debit(LPM)</i> | ϵ |
|-------------------|------------|
| 1 | 0.591 |
| 0,8 | 0.623 |
| 0,6 | 0.665 |
| 0,4 | 0.719 |
| 0,2 | 0.787099 |

Tabel 11. Efektivitas Material *Tube* Tembaga Dilapisi Resin pada Temperatur 70°C.

| <i>Debit(LPM)</i> | ϵ |
|-------------------|------------|
| 1 | 0.533 |
| 0.8 | 0.582 |
| 0.6 | 0.649 |
| 0.4 | 0.720 |
| 0.2 | 0.847 |

Tabel 26. Efektivitas Material *Tube* Tembaga Dilapisi Resin pada Temperatur 80°C.

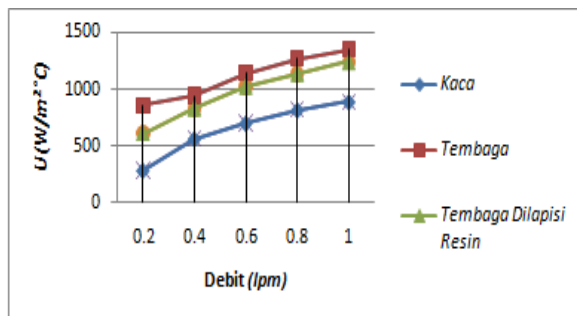
| <i>Debit(LPM)</i> | ϵ |
|-------------------|------------|
| 1 | 0.581 |
| 0.8 | 0.637 |
| 0.6 | 0.685 |
| 0.4 | 0.733 |
| 0.2 | 0.805 |

Tabel 27. Efektivitas Material *Tube* Tembaga Dilapisi Resin pada Temperatur 90°C

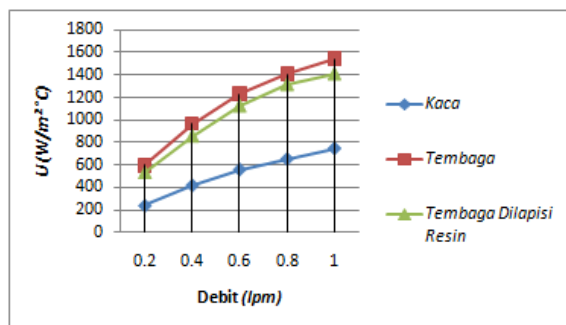
| <i>Debit(LPM)</i> | ϵ |
|-------------------|------------|
| 1 | 0.563 |
| 0,8 | 0.597 |
| 0,6 | 0.635 |
| 0,2 | 0.711 |
| 0,1 | 0.756 |

Data eksperimen yang diperoleh dari hasil pengolahan data disusun dalam bentuk tabel dan grafik. Grafik ini terdiri dari beberapa hubungan antar variabel yang diamati, yaitu grafik koefisien perpindahan kalor menyeluruh (U) dan efektivitas (ϵ).

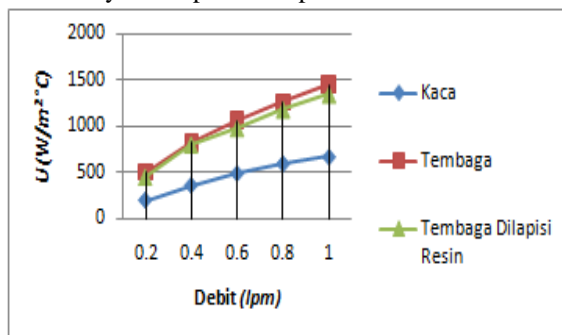
Pada pengujian *heat exchanger* tipe *tube pond* nilai koefisien perpindahan kalor menyeluruh (U) pada *tube* material kaca, tembaga dan tembaga dilapisi resin pada temperatur *pond* 70°C dapat dilihat Pada Gambar 3, temperatur *pond* 80°C dapat dilihat Pada Gambar 4, Temperatur *pond* 90°C dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 3. Grafik Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh pada Temperatur *Pond* 70°C .



Gambar 4. Grafik Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh pada Temperatur *Pond* 80°C .



Gambar 5. Grafik Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh pada Temperatur *Pond* 90°C .

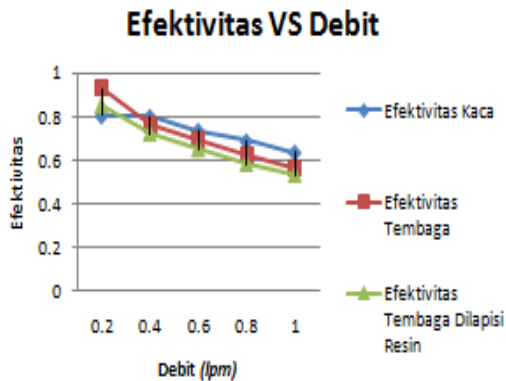
Setelah dilakukan pengujian *heat exchanger* dengan prinsip kerja *tube-pond* dapat dilihat pada

Gambar 3, Gambar 4, Gambar 5 bahwa material tembaga memiliki nilai koefisien perpindahan panas menyeluruh terbesar, dan nilai koefisien perpindahan panas menyeluruh terkecilnya adalah material kaca. Dan semakin besar debit maka nilai koefisien perpindahan panas menyeluruh akan semakin besar. Besarnya nilai koefisien perpindahan panas menyeluruh juga dipengaruhi oleh laju perpindahan panas. Di mana semakin tinggi laju perpindahan panas maka nilai koefisien perpindahan panas menyeluruh juga akan meningkat. Besarnya nilai koefisien perpindahan panas menyeluruh juga dipengaruhi oleh bilangan *Reynold*, di mana semakin tinggi bilangan *Reynold* maka bilangan *Nusselt* juga akan tinggi. Nilai koefisien perpindahan panas menyeluruh juga akan meningkat akibat naiknya nilai bilangan *Reynold* dan *Nusselt*.

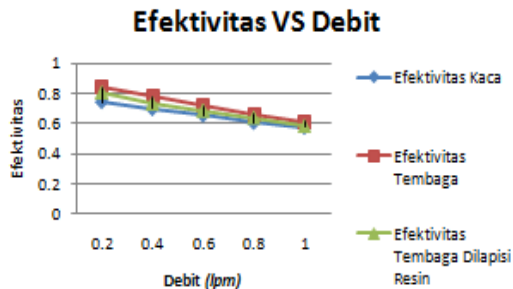
Pada Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5, dapat dilihat bahwa nilai koefisien perpindahan panas menyeluruh pada material bahan tembaga memiliki nilai yang jauh lebih tinggi dibanding material berbahan kaca, dan pada material tembaga yang dilapisi resin memiliki nilai koefisien perpindahan panas menyeluruh sedikit lebih rendah dari bahan tembaga yang tidak dilapisi resin. Dimana dapat diketahui bahwa nilai koefisien perpindahan panas menyeluruh pada material tembaga dan material tembaga dilapisi resin lebih baik dibanding material kaca. Tetapi pada fluida yang memiliki sifat asam, yang dapat menyebabkan korosi pada material *tube*, kaca lebih baik digunakan untuk menahan korosi daripada material tembaga. Pada material tembaga dilapisi resin, dapat diketahui bahwa pelapis resin yang digunakan pada tembaga dapat mengurangi korosi yang terjadi pada material *tube*, sehingga material *tube* tembaga dilapisi resin lebih baik digunakan dalam pemilihan material yang akan digunakan. Karena selain pelapis resin yang digunakan dapat mencegah korosi, nilai koefisien perpindahan panas menyeluruh tembaga dilapisi resin lebih tinggi dari kaca.

Pada pengujian *heat exchanger* tipe *tube pond* nilai efektivitas (ϵ) pada *tube* material kaca, tembaga dan tembaga dilapisi resin pada temperatur *pond* 70°C . dapat dilihat Pada Gambar 6, pada temperatur *pond* 80°C dapat dilihat Pada Gambar 7, pada temperatur *pond* 80°C dapat dilihat Pada Gambar 8.

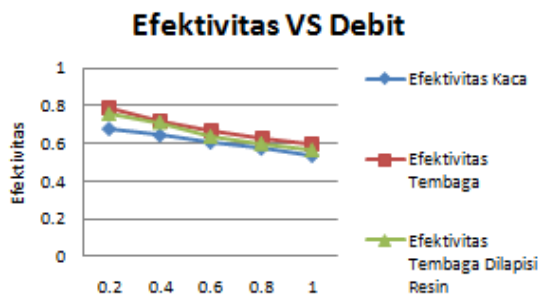
Pada material kaca diameter dalam *tube* yaitu sebesar 5mm dan diameter luarnya sebesar 8mm dengan panjang *tube* 5000mm. Dan pada tembaga nilai diameter dalam *tube* yaitu sebesar 4,5mm dan diameter luarnya sebesar 6mm dengan panjang *tube* 3000mm. Sedangkan pada material tembaga dilapisi resin nilai diameter dalam *tube* yaitu sebesar 4,5mm dan diameter luarnya sebesar 6,5mm dengan panjang *tube* 3000mm.



Gambar 6. Grafik Efektivitas pada Temperatur Pond 70°C



Gambar 7. Grafik Efektivitas pada Temperatur Pond 80°C.



Gambar 8. Efektivitas pada Temperatur Pond 90°C

Dari grafik perbandingan efektivitas terhadap debit, dapat dilihat pada Gambar 6 Gambar 7, Gambar 8 bahwa semakin tinggi debit, maka akan semakin rendah nilai efektifitasnya. Dan nilai temperatur masuk dan temperatur keluar dari *tube* juga mempengaruhi nilai *tube*. Dimana semakin tinggi nilai temperatur keluar *tube* maka nilai efektivitas akan semakin tinggi nilai efektifitasnya, dan sebaliknya. Perbedaan efektivitas yang tidak terlalu jauh dari ketiga material *tube* tersebut diakibatkan oleh perbedaan panjang dari *tube*. Dimana panjang dari material *tube* berbahan kaca yaitu sebesar 5000 mm, sedangkan material *tube*

tembaga dan tembaga yang dilapisi resin yaitu 3000 mm. Dari perbedaan panjang tersebut dapat kita ketahui jika nilai panjang dari semua material *tube* sama maka nilai efektivitas dari *tube* berbahan kaca akan jauh lebih kecil dibanding nilai efektivitas pada material *tube* kaca pada Gambar 6, Gambar 7, Gambar 8. Dikarenakan jika nilai panjang dari material *tube* kaca dijadikan sama dengan panjang *tube* material *tube* tembaga dan tembaga yang dilapisi resin, maka nilai temperatur keluaran dari *tube* material kaca akan menurun. Sehingga nilai efektifitasnya akan turun.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian *heat exchanger* dengan material tube kaca, tembaga, dan tembaga dilapisi resin dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai koefisien perpindahan panas menyeluruh terbesar yaitu pada material tube tembaga, sebesar $1544,163 \text{ W/m}^2\text{°C}$ saat debit air 1 lpm pada temperatur pond 80°C.
2. Efektivitas terbesar pada material *tube* kaca yaitu pada saat debit air 0,2 lpm pada temperatur pond 70°C sebesar 0,805, sedangkan efektivitas terkecil pada saat debit air 1 lpm pada temperatur 90°C sebesar 0,537. Pada material tembaga efektivitas terbesar yaitu pada saat debit air 0,2 lpm pada temperatur pond 70°C sebesar 0,928, sedangkan efektivitas terkecilnya pada saat debit air 1 lpm pada temperatur pond 70°C sebesar 0,562. Material *tube* tembaga dilapisi resin memiliki nilai efektivitas terbesar pada saat debit air 0,2 lpm pada temperatur pond 70°C sebesar 0,847, sedangkan efektivitas terkecilnya pada debit air 1 lpm pada temperatur pond 70°C sebesar 0,533.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Risano, A.Y.E., Su'di, A and Rendy, D.A.P. 2015. "Perancangan Heat Exchanger Pada Binary Power Plant Kapasitas 100 KW Yang Memanfaatkan Uap Sisa PLTP Ulu Belu." (September).
- [2] Scheiber, J., Ravier, G., Cuenot, N., Genter, A. 2015. "In-Situ Material and Corrosion Studies at the Soultz-Sous-Forêts (France) EGS Site." (April): 19–25.
- [3] Gunnlaugsson, E., Armannsson, H., Thorhallsson, S., Steingrimsson, B. 2014. "Problems In Geothermal Operation." : 1–18.
- [4] Norton, J.F., Maier, M., Bakker, W.T. 2010. "Corrosion of heat exchanger alloys exposed to

- a non-equilibrated CO-based sulfidizing environment at 550°C". 433: 424–33.
- [5] Emmons, E., Shamberger, P.J. 2018. "Corrosive Effect of Lithium Nitrate Trihydrate on Common Heat Exchanger Materials."(September).
- [6] Liu, C., Little, J.A. Henderson, P. J., Ljung, P. 2000. "Corrosion of HR3C heat exchanger alloy in a biomass fired PF utility boiler." *Materials and Corrosion* 51: 765-773.
- [7] Bar-Cohen, A., Rodgers, P., Cevallos, J.G. 2008. "Application Of Thermally Enhanced Thermoplastics to Seawater-Cooled Liquid-Liquid Heat Exchangers." University of Maryland, College Park, MD, United States of America.
- [8] Yan, J., Zhou, T., Masuda, J., Kuriyagawa, T. 2007. "Modeling high-temperature glass molding process by coupling heat transfer and viscous deformation analysis." Department of Nanomechanics, Graduate School of Engineering, Tohoku university, Japan.
- [9] Irvan O. 2016. "Analisa peleburan limbah plastik jenis polyethylene terphthalate (pet) menjadi biji plastik melalui pengujian alat pelebur plastik." Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta.
- [10] Meilani, H., Wuryandani, D. 2010. "Potensi Panas Bumi Sebagai Energi Alternatif Pengganti Bahan Bakar Fosil untuk Pembangkit Tenaga Listrik Di Indonesia."
- [11] Bizzy I., Setiadi, R. 2013. "Studi Perhitungan Alat Penukar Kalor Tipe Shell and Tube Dengan Program Heat Transfer Research Inc (HTRI)." Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.
- [12] Holman, J.P. 1991, *Perpindahan Kalor*, Ed.6, Jakarta: Erlangga.