

PERANCANGAN *HEATER* SEBAGAI ELEMEN PEMANAS UNTUK MENGUBAH
KUALITAS UAP REFRIGERAN PADA ALAT UJI PENGUKURAN KOEFISIEN
PERPINDAHAN KALOR EVAPORASI DENGAN REFRIGERAN R-134a

Arif Burhanudin Luthfi¹, Tito Hadji Agung Santosa², Thoharudin³

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jalan Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia, 55183
arief876@gmail.com

INTISARI

Perancangan *heater* ini adalah rangkaian dari pembuatan alat uji yang akan dibuat dan diaplikasikan untuk alat uji pengukuran nilai koefisien perpindahan kalor evaporasi. Pemanas listrik atau *heater* berfungsi untuk memvariasikan kualitas uap refrigeran yang merupakan salah satu parameter yang divariasikan untuk menentukan nilai koefisien perpindahan kalor evaporasi dengan jenis refrigeran R-134a pada posisi seksi uji secara horisontal maupun vertikal. Perancangan *heater* dilakukan dengan 2 metode yaitu metode secara eksperimental dan Semi teoritis.

Metode yang dilakukan secara eksperimental dengan pengambilan data awal untuk menentukan masing-masing variasi *inverter* yaitu 14,16,18,20, dan 22 Hz dan nilai $h_3=h_4$, h_f , dan h_g , untuk menghitung $Q_{\text{refrigeran}}$ untuk kualitas (cair jenuh menjadi uap jenuh). Untuk menentukan Q_{heater} dilakukan dengan dikalibrasi terhadap air dengan asumsi ($Q_{\text{Refrigeran}}=Q$ yang diserap air). Pembuatan *heater* eksperimental meliputi proses pemilihan kawat pemanas, uji putus kawat pemanas, penentuan panjang kawat pemanas, dan pemilihan material isolasi. Berdasarkan metode semi teoritis, $Q_{\text{refrigeran}}$ ditentukan dengan mengetahui nilai entalpi untuk setiap kualitas uap. Daya *heater* ditentukan berdasarkan perhitungan bahwa $Q_{\text{heater}} = Q_{\text{Refrigeran}} + Q_{\text{loss}}$. Nilai Q_{loss} ditentukan dengan mengasumsikan temperatur permukaan paling luar isolasi. Radius kritis material isolasi ditentukan dengan variasi nilai $h_{\text{konveksi bebas}}$ yang diperoleh dari perhitungan nilai Q_{loss} . Material isolasi yang ditentukan radius kritisnya adalah *glasswool*.

Hasil perancangan berdasarkan metode eksperimental daya *heater* maksimal 3205,68 Watt ($x 0-1$). Kawat pemanas yang digunakan Nicrome Ni 80 AWG 24. Panjang kawat pemanas 2,5 m dililit 3 untuk 1 *voltage regulator*. Material isolasi adalah cincin gypsum, pita asbes, *glasswool*, dan *aluminium foil*. Hasil unjuk kerja menunjukkan *heater* yang dibuat mampu untuk mengubah kualitas uap meskipun belum secara tepat dengan deviasi 18,51 % dan 26,86%. Berdasarkan metode semi teoritis daya *heater* maksimal 1651,22 Watt dengan Q_{loss} 35,19 Watt. Dengan panjang kawat pemanas 5,2 m. Dari grafik hubungan antara $ri-r$ dengan nilai R_i menunjukkan semakin tebal isolasi *glasswool* maka semakin baik. Ketebalan yang disarankan adalah minimal 15 mm.

Kata kunci : *Heater*, kualitas uap, refrigeran R-134a, koefisien perpindahan kalor evaporasi

PENDAHULUAN

Salah satu faktor yang mempengaruhi produktivitas kerja di dunia industri adalah lingkungan kerja yang nyaman, lingkungan kerja dapat dikatakan nyaman ketika ditunjang oleh beberapa faktor pendukung salah satunya adalah kondisi tata udara serta sirkulasi udara yang baik. Salah satu metode yang dilakukan untuk menciptakan kondisi udara lingkungan yang nyaman adalah dengan melakukan pengkondisian udara yaitu suatu usaha untuk mengatur suhu udara lingkungan serta kelembaban udara agar dapat mencapai kenyamanan termal bagi manusia (Rochman, 2012). Di Indonesia peralatan yang digunakan untuk melakukan proses pengkondisian udara lebih dikenal dengan nama AC (*Air Conditioner*).

Prinsip kerja AC (*Air Conditioner*) adalah dengan menggunakan fluida kerja refrigeran yang

bersirkulasi dengan siklus tertutup dimana panas di dalam suatu ruangan diambil oleh fluida kerja untuk di buang ke lingkungan luar dengan sistem kompresi uap. Mesin AC sendiri adalah salah satu peralatan yang dalam kerjanya membutuhkan daya yang cukup besar, sehingga perlu adanya solusi terkait dengan masalah tersebut. Usaha untuk melakukan penghematan daya AC dapat dilakukan dengan mengoptimalkan *performance* dari unit AC itu sendiri.

Upaya untuk meningkatkan *performance* dari AC adalah dengan melakukan penelitian terhadap sistem kerja dari unit AC itu sendiri. Telah banyak penelitian dilakukan pada suatu sistem kerja unit AC dengan berbagai jenis refrigeran yang berbeda-beda. Salah satunya adalah melakukan pengukuran nilai koefisien perpindahan kalor evaporasi dengan melakukan berbagai variasi parameter. Pengukuran

koefisien perpindahan kalor evaporasi adalah salah satu aspek penting untuk menentukan koefisien kalor yang mampu ditranfer oleh evaporator dalam suatu proses pendinginan dengan AC.

Penelitian terkait pengukuran koefisien perpindahan kalor evaporasi rencananya akan kembali dilakukan dengan variasi laju aliran massa refrigeran, beban pendinginan, serta kualitas uap refrigeran dengan Jenis refrigeran R-134a, sehingga perlu dibuat alat uji yang akan digunakan untuk melakukan penelitian ini. Pada penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya, untuk mengetahui koefisien perpindahan kalor evaporasi dengan variasi kualitas uap adalah dengan memberikan fluks kalor melalui proses *pre-heater* dengan menggunakan pemanas listrik. Namun, pada penelitian sebelumnya pembahasan mengenai proses *pre-heater* yang digunakan sangat terbatas karena penelitian lebih banyak fokus pada pengaruh kualitas uap yang divariasi terhadap nilai koefisien perpindahan kalor evaporasi yang terjadi.

Dari latar belakang tersebut maka penting untuk dilakukan suatu perancangan pada *heater* yang digunakan untuk mengubah kualitas uap refrigeran agar nantinya diharapkan kualitas uap yang direncanakan dapat ditentukan dengan baik. Perancangan *heater* ini dilakukan sebagai tindak lanjut dari pembuatan alat uji pengukuran koefisien perpindahan kalor evaporasi yang akan dibuat.

TINJAUAN PUSTAKA

Terkait dengan perancangan yang akan dilakukan Djambiar dkk (2013) membuat desain pemanas bagian uji HeaTING-02 yang merupakan komponen dari alat uji BETA yang berfungsi sebagai media pemanas pada eksperimen perpindahan panas aliran dua fasa dalam celah sempit. Cholil (2015) melakukan analisa perubahan fasa refrigeran R-134a dengan *heat fluks* konstan pada evaporator *Heat fluks* diberikan dengan menggunakan coil pemanas yang diletakan dalam media air pendingin pada evaporator

DASAR TEORI

- Pemanas listrik adalah salah satu peralatan yang banyak digunakan dikehidupan sehari-hari, prinsip kerjanya adalah dengan menggunakan suatu elemen pemanas yang dialiri oleh arus listrik. Kemudian, energi listrik dirubah menjadi energi panas yang terjadi pada elemen pemanas.



Gambar 1. Berbagai jenis *heater*
(Suryana, 2012)

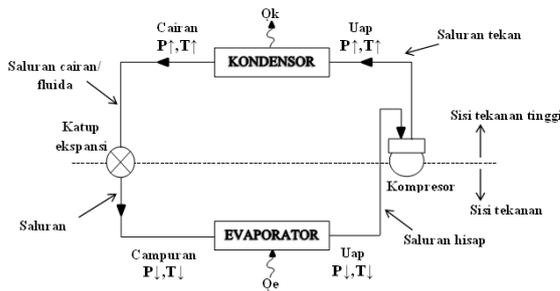
Dalam penggunaannya elemen pemanas harus dapat memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a. Harus tahan lama pada temperatur kerja yang dikehendaki.
 - b. Kawat pemanas harus memiliki sifat mekanis yang baik ketika diberi beban mekanis pada saat bekerja pada temperatur yang dikehendaki
 - c. Koefisien muai harus kecil untuk meminimalkan terjadinya perubahan bentuk pada elemen pemanas.
 - d. Koefisien suhunya harus kecil sehingga arus kerjanya lebih konstan.
 - e. Harus memiliki tahanan jenis yang tinggi
- Kawat pemanas adalah komponen yang sangat penting dalam sebuah *heater*. Kawat pemanas biasanya terbuat dari material logam yang memiliki resistansi tinggi. Standarisasi atau ukuran kawat pemanas biasanya dinyatakan dengan nilai gauge atau AWG (*American Wire Gauge*).

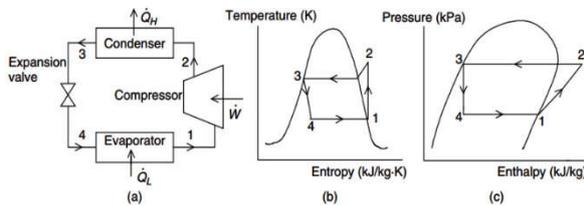


Gambar 2. Kawat Khantal Grade A1
AWG 24 (Setiyono, 2016)

• Siklus refrigerasi



Gambar 3. Sistem refrigerasi siklus kompresi uap standar (Stoecker, 1996)



Gambar 4. (a) Skematik sistem refrigerasi kompresi uap standar, (b) Diagram T-s, (c) Diagram P-h (Dincer & Kanoğlu, 2010)

komponen utama selain refrigeran sebagai fluida kerja diantaranya: kompresor, kondensor, katup ekspansi, dan evaporator. Sistem refrigerasi kompresi uap terdiri dari empat proses termal yaitu: evaporasi, kompresi, kondensasi, dan ekspansi.

Berikut adalah penjelasan proses termal yang terjadi di dalam siklus refrigerasi berdasarkan gambar 2.7 diantaranya:

- 1 – 2 : Kompresi adiabatik *reversible*. Ketika keluar dari evaporator refrigeran fasa gas dan memiliki tekanan uap yang rendah, akibat adanya kerja kompresor tekanan uap dan temperatur refrigeran menjadi lebih tinggi dan bergerak menuju kondensor.
- 2 – 3 : Pelepasan kalor pada tekanan konstan. Pada bagian kondensor, refrigeran memiliki tekanan uap dan temperatur yang tinggi sehingga dapat melepaskan kalor keluar. Akibat pelepasan kalor tersebut refrigeran terkondensasi.
- 3 – 4 : Ekspansi *irreversible* pada entalpi konstan (isentalpik). Refrigeran yang berfasa cair setelah keluar dari kondensor memasuki bagian katup ekspansi sehingga temperatur dan tekanannya tereduksi dari tekanan kondensasi (titik 3) menjadi tekanan evaporasi (titik 4).
- 4 – 1 : penerimaan panas *reversible* pada tekanan konstan. Setelah melewati katup ekspansi, refrigeran yang berfasa cair melewati bagian evaporator. Pada bagian evaporator terjadi proses penerimaan kalor oleh refrigeran

Di dalam proses refrigerasi memiliki beberapa

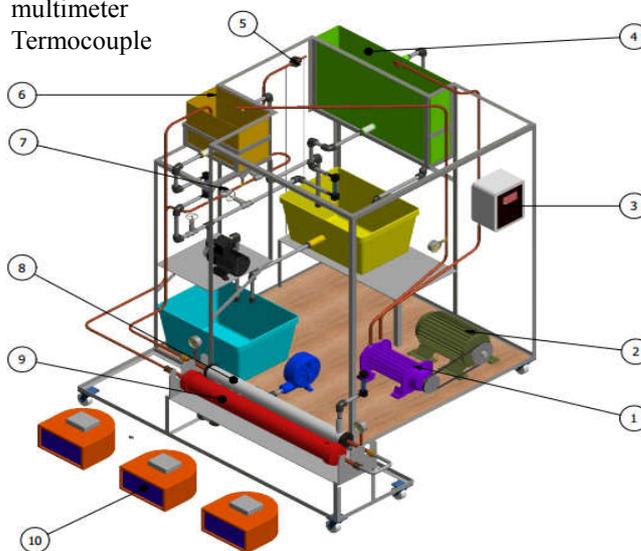
METODE PERANCANGAN

Alat Perancangan

1. Voltage regulator
2. Tang ampere
3. multimeter
4. Termocouple

Bahan Perancangan

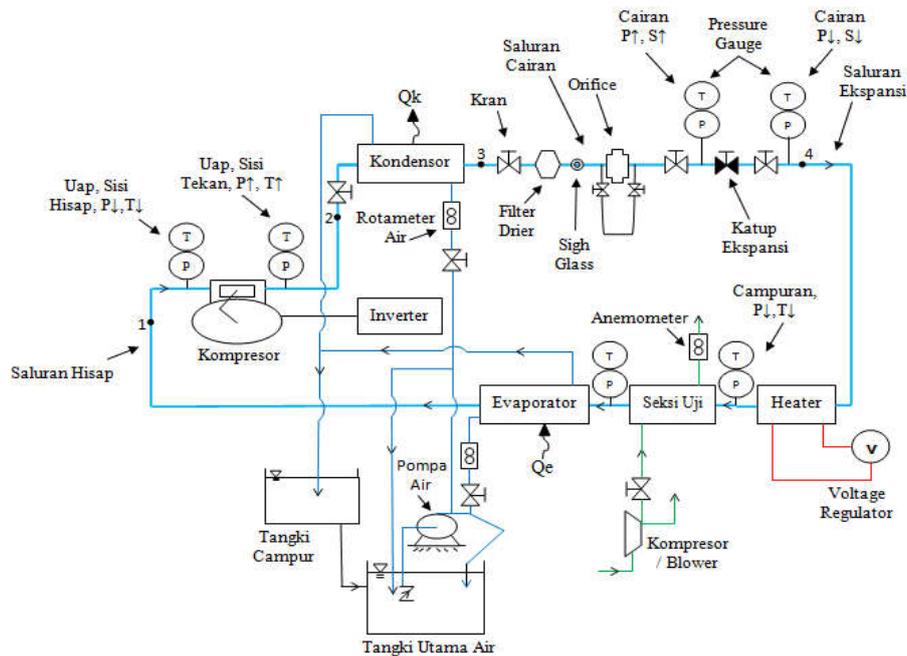
1. Refrigeran R-134a
2. Air



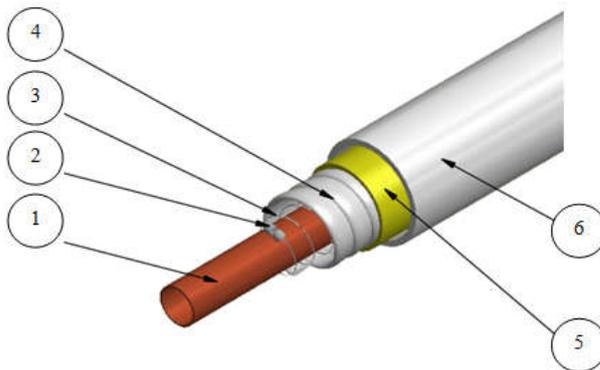
Keterangan:

1. Kompresor
2. Motor Listrik 3 Phase Kapasitas 3 HP
3. Inverter
4. Kondensor
5. Orifice
6. Evaporator
7. Katup Ekspansi
8. Seksi Uji
9. Heater
10. Voltage Regulator

Gambar 5. Rancang bangun alat uji



Gambar 6. Skema alat uji



Gambar 7. Skema heater

Keterangan:

1. Pipa tembaga
2. Cincin gypsum
3. Kawat pemanas
4. Pita asbes
5. Glass wool
6. Aluminium foil

1) Metode Satu (Eksperimental)

- a) Menentukan nilai m_{R-134a} dari kalibrasi *orifice* dengan melakukan pengambilan data awal alat uji.
- b) Menentukan nilai hfg dari pembacaan diagram p-h R-134a.
- c) Menghitung besarnya kalor yang diserap refrigeran ($Q_{R-134a} = m_{R-134a} \times hfg$).
- d) Membuat heater untuk kalibrasi.
- e) Melakukan kalibrasi heater terhadap air.
- f) Menghitung daya total heater, dengan persamaan *regresi linier* dari asumsi (Q_{R-134a}) = Q yg diserap oleh air).

2) Metode Dua (Semi teoritis)

- a) Menentukan nilai m_{R-134a} dari kalibrasi *orifice* dengan melakukan pengambilan data awal alat uji.
- b) Menentukan nilai kualitas awal pada setiap variasi m_{R-134a} .
- c) Menghitung besarnya kalor yang diserap refrigeran ($Q_{refrigeran}$) pada setiap kualitas uap.
- d) Menghitung besarnya Q_{loss} heater dengan mengasumsikan temperatur isolasi permukaan paling luar, sehingga kebutuhan daya heater dihitung dengan menjumlahkan $Q_{refrigeran}$ pada setiap kualitas dengan Q_{loss} yang terjadi.
- e) Menentukan *voltase* untuk setiap kualitas dan panjang kawat pemanas.
- f) Menentukan kebutuhan ketebalan isolasi *glasswool*.

Persamaan yang digunakan

1. Kalor Yang Diserap Refrigeran Eksperimental
 $Q_{R-134a} = m_R \times h_{fg} \dots \dots \dots (1)$

2. Kalor Yang Diserap Refrigeran Semi Teoritis
 $Q_{R-134a} = m_R \times (h_4' - h_4) \times 1000 \dots \dots (2)$

Dengan:

- Q_{R-134a} = Kalor yang diserap refrigeran (Watt)
- m_{R-134a} = Laju aliran massa refrigeran (Kg/s)
- h_4' = *Enthalpy* pada kualitas uap tertentu (KJ/Kg)
- h_4 = *Enthalpy* setelah ekspansi (KJ/Kg)

$h_4' = h_f + (x \times h_{fg}) \dots \dots \dots (3)$

3. Menghitung Daya Total *Heater* Metode Eksperimental

$Q_{\text{yang diserap Air}} = m \times C_p \text{ Air} \times T \dots \dots \dots (4)$

Dengan:

- $Q_{\text{yang diserap Air}}$ = Kalor yang diserap air (Watt)
- m = Laju aliran massa air (Kg/s)
- $C_p \text{ Air}$ = Kalor jenis untuk air (J/Kg.C)
- T = $T_2 - T_1$ (C)

4. Menghitung Daya Total *Heater* Metode Semi Teoritis

$Q_{\text{heater}} = Q_{\text{Refrigeran}} + Q_{\text{loss}}$
 $Q_{\text{loss}} = \left\{ h \cdot A_s \cdot (T_s - T_{\infty}) \right\} + \left\{ \epsilon \sigma (T_s^4 - T_{\infty}^4) \right\} \dots \dots \dots (5)$

- Q = Laju perpindahan kalor konveksi (Watt)
- h = Koefisien perpindahan kalor konveksi ($W/m^2.K$)
- A = Luas permukaan (m^2)
- T_s = Temperatur permukaan isolasi (C)
- T_{∞} = Temperatur Udara lingkungan (C)

5. Menghitung *Voltase Heater* Dan Kebutuhan Kawat Pemanas

$R = \frac{V^2}{P/3} \dots \dots \dots (6)$

- Dengan
- R = Tahanan listrik (Ohm)
 - V = Tegangan listrik (Volt)
 - P = Daya listrik/ (Watt)

$L = \frac{R}{R'} \dots \dots \dots (7)$

Dengan

- L = Panjang kawat pemanas (m)
- R = Tahanan listrik yang dibutuhkan (Ohm)
- R' = Tahanan listrik per meter (Ohm/m)

$V = \sqrt{P \times R} \dots \dots \dots (8)$

Dengan

- R = Tahanan listrik maksimal (Ohm)
- V = Tegangan yang dibutuhkan listrik (Volt)
- P = Daya listrik untuk setiap kualitas uap (Watt)

HASIL DAN PEMBAHASAN

• **Pemilihan kawat pemanas**

Kawat pemanas yang dipilih adalah kawat Nicrome Ni 80 dengan spesifikasi yang ditampilkan pada tabel 1.

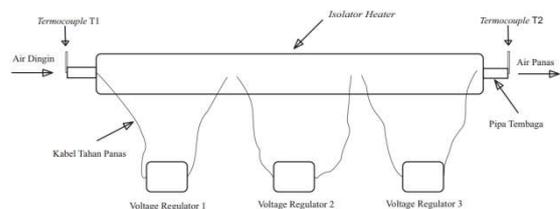
Tabel 1. Spesifikasi kawat Nicrome Ni80 (Anonim, 2001)

No AWG	24
Diameter (mm)	0,5106
Tahanan pada 20 C (Ω/m)	5,2782
Tahanan pada 20 C (Ω/kg)	3062,95
Luas permukaan (cm^2/m)	16,03
Berat (kg/1000 m)	1,72

• **Pemilihan material *heater* dan Isolasi**

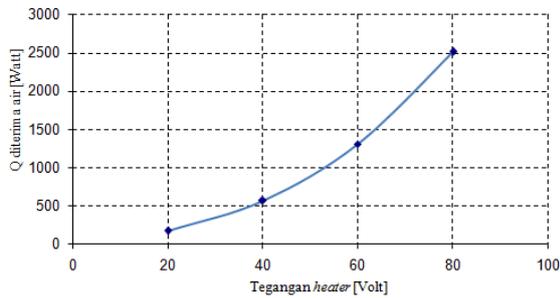
1. Pipa tembaga dengan panjang 1200mm diameter luar 18,5 mm dan diameter dalam 16,6 mm.
2. Cincin gypsum dengan panjang 12 mm, diameter luar 10 mm, dan diameter dalam 5 mm. Jumlah cincin gypsum yang dibutuhkan ± 600 buah.
3. Pita asbes dengan panjang 4000 mm, lebar 30 mm, dan tebal 3 mm.
4. Glasswool dengan panjang 1100 mm, lebar 234 mm, dan tebal 15 mm.
5. Alumunium foil dengan panjang 1100 mm, lebar 266 mm, dan tebal 5 mm.

• **Skema Kalibrasi *heater***



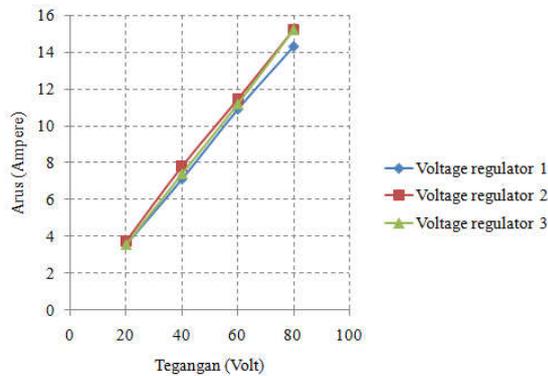
Gambar 8. Skema kalibrasi *heater*

• Hasil kalibrasi *heater* terhadap air



Gambar 9. Grafik hubungan kalor yang diserap air dengan *voltase*

$$V = \frac{1,9558 \sqrt{Q_R R_{134a}}}{\sqrt{0,4657}}$$



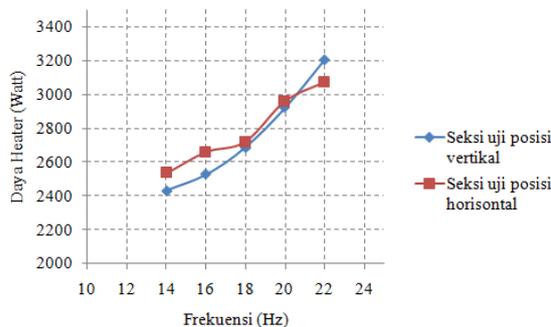
Gambar 10. Grafik hubungan *voltase* terhadap arus

$$I_{heater\ 1} = 0,1737 \times V^{1,008}$$

$$I_{heater\ 2} = 0,1929 \times V^{0,9959}$$

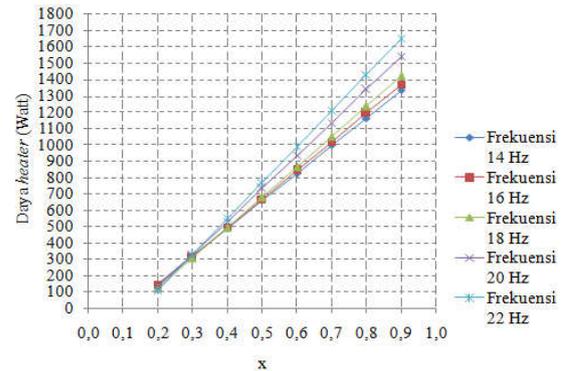
$$I_{heater\ 3} = 0,1538 \times V^{1,0489}$$

• Kebutuhan Daya *Heater* Untuk Tiap Frekuensi

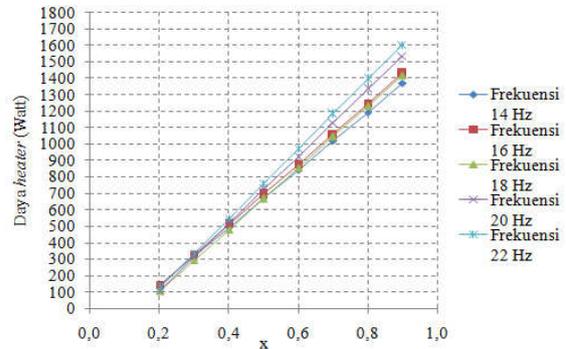


Gambar 11. Grafik hubungan kebutuhan daya *heater* untuk setiap variasi frekuensi *inverter*

• Hasil Kebutuhan *Heater* Metode Semi Teoritis

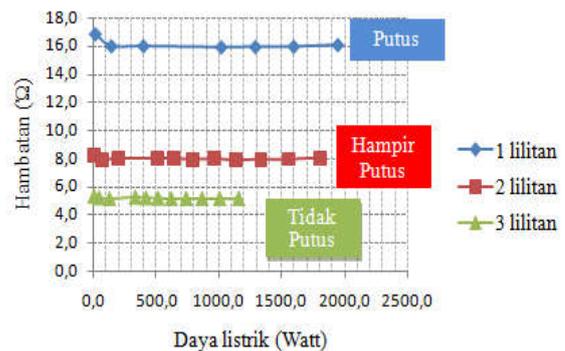


Gambar 12. Grafik hubungan kualitas uap (x) dengan kebutuhan daya *heater* pada seksi uji posisi vertika



Gambar 13. Grafik hubungan kualitas uap (x) dengan kebutuhan daya *heater* pada seksi uji posisi horisontal

• Data Uji Putus Kawat Pemas



Gambar 14. Grafik hubungan Daya listrik dengan hambatan yang terjadi pada panjang kawat 2,5 m

Dengan menggunakan persamaan (6), persamaan (7), dan persamaan (8) maka panjang kawat pemanas secara semi teoritis dapat dihitung yaitu :

$$R \text{ (Tahanan yang dibutuhkan)} = 11,63 \ \Omega$$

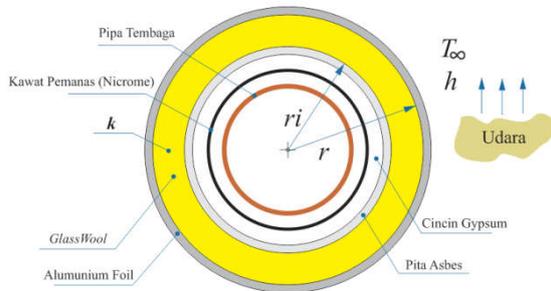
$$R' \text{ (Tahanan rata-rata/meter)} = 5,2 \ \Omega / 2,5 \text{ m}$$

(Data uji putus kawat)

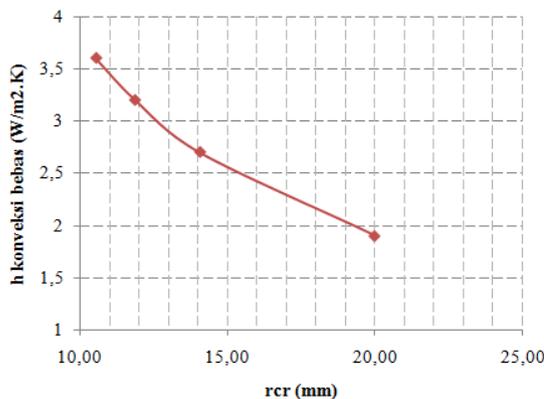
Maka :

$$L = \frac{R}{R'} = L = \frac{11,63}{5,2/2,5} = 5,6 \text{ m}$$

• **Penentuan Q_{loss} dan Radius Kritis**



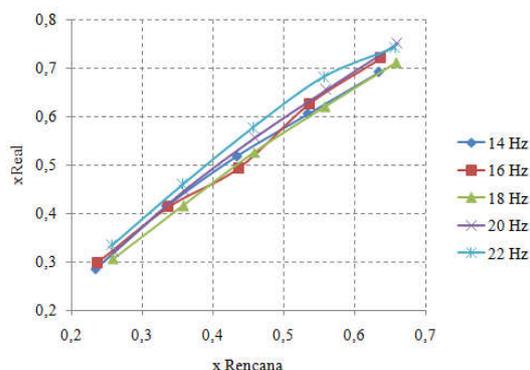
Gambar 15. Skema isolasi heater



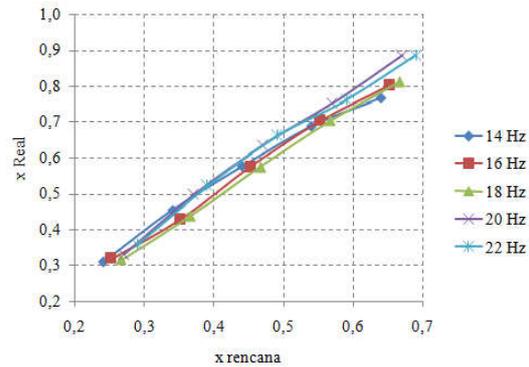
Gambar 16. Grafik hubungan nilai rcr dengan h konveksi bebas

Karena nilai $r_{cr} < r_i$ (25,25mm) maka dapat dikatakan bahwa semakin tebal *glaswool* yang digunakan akan semakin mengurangi Q_{loss} yang terjadi. Sehingga diputuskan untuk ketebalan *glaswool* minimal adalah 15 mm

• **Hasil Unjuk Kerja Heater**



Gambar 17. Grafik hubungan x rencana dengan x real pada seksi uji posisi horisontal



Gambar 18. Grafik hubungan x rencana dengan x real pada seksi uji posisi vertikal

Nilai kualitas yang terjadi lebih tinggi dari pada kualitas yang direncanakan, hal ini kemungkinan disebabkan karena temperatur kawat pemanas yang terlalu tinggi. Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa *heater* yang dirancang secara eksperimental belum mampu merubah kualitas uap dengan deviasi 18,51 % untuk seksi uji horisontal dan 26,86 % untuk seksi uji vertikal.

KESIMPULAN

- Berdasarkan metode eksperimental diperoleh jenis kawat pemanas yang digunakan adalah jenis Nicrome N80 dengan nilai AWG 24 diameter kawat 0,51 mm. Material isolasi yang digunakan yaitu : (Cincin gypsum, panjang 12 mm, diameter luar 10 mm, dan diameter dalam 5 mm, umlah cincin gypsum yang dibutuhkan ± 600 buah),(pita asbes, panjang 4000 mm, lebar 30 mm, dan tebal 3 mm), (glasswool, panjang 1100 mm, lebar 234 mm, dan tebal 15 mm),(aluminium foil, panjang 1100 mm, lebar 266 mm, dan tebal 5 mm). Hasil kalibrasi heater terhadap air daya heater terbesar 3205,68 Watt. Panjang kawat pemanas untuk setiap voltage regulator 2,5 m dengan 3 lilitan. Daya *heater* paling tinggi adalah 1589,59 Watt dengan kualitas uap yang dihasilkan adalah 0,89 Watt. Terdapat perbedaan kualitas uap yang direncanakan dengan kualitas uap yang terjadi dengan Standar deviasi yang terjadi adalah 18,51 % dan 26,86 % kemungkinan disebabkan karena kawat pemanas yang terlalu panas
- Berdasarkan metode semi teoritis kebutuhan kualitas uap antara 0,2 hingga 0,9 menunjukkan bahwa semakin tinggi kualitas uap yang akan diubah maka semakin besar Q yang diserap refrigeran sehingga daya *heater* yang dibutuhkan juga akan semakin besar. Q terbesar diserap refrigeran adalah pada kualitas 0,9 QRefrigeran = 1616,02 Watt. besarnya Q_{loss} yang terjadi diperoleh nilai $Q_{loss} = 35,19$ Watt sehingga, daya masukan heater adalah 1651,22 Watt. Dengan panjang kawat (L) 5,6 m. Penentuan

ketebalan isolator *glasswool* menunjukkan tidak adanya radius kritis, dari grafik hubungan antara R_t dengan ketebalan *glasswool* semakin tebal material *glasswool* yang digunakan maka semakin baik. Ketebalan *glasswool* yang dirancang dipilih minimal 15 mm.

DAFTAR PUTAKA

- Anonim. 2001. *Rasistance heating Wire-Nickel-Chromium Alloy 80% Nickel/20% Chromium-N8*. Hynman Industrial Products Inc.
- Cengel, Yunus A. 1998. *Heat Transfer. 2nd ed.* University of Nevada: McGraw-Hill.
- Cholil, Mukhammad. 2015. Analisa Perubahan Fasa Refrigeran R-134a Dengan *Heat Flux* Konstan Pada Evaporator. Thesis Program Pasca Sarjana. Universitas Gadjah Mada.
- Djambiar, Riswan, Sagino Dedy Haryanto, dan Joko Prasetyo Witoko. 2013. Desain Pemanas Bagian Uji *Heating-02*. Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir. Badan Tenaga Nuklir Nasional.
- Incropera, Frank P, David P Dewitt, Theodore L Bergmen, Adrienne S Lavine . 2002. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer. 7th ed.* United States of America: John Wiley & Son.
- Kanoğlu, mehmet dan Ibrahim, Dinçer. 2010 *Refrigeration Systems and Application. 2nd ed.* Chichester: John Wiley & Son
- Ramdhani, Mohamad. 2005. Buku Ajar Rangkaian Listrik. Diklat Kuliah Laboratorium Sistem Elektronika. Program Studi Teknik Elektro. Sekolah Tinggi Teknologi Telkom Bandung.
- Rochman, Toufiqu. 2012. “ Dasar Refrigerasi dan Pengkondisian Udara.”<https://taufiqurrokhman.wordpress.com/2012/05/14/dasar-refrigerasi-dan-pengkondisian-udara/> diakses pada 15 Juni 2017 pukul 14.03 WIB.
- Setiyono, Budi. 2016. “Jenis Jenis Kawat Untuk Koil.”<https://vapeku.net/2016/10/23/home-koil-ulasan/> diakses pada 31 mei 2017 pukul 13.15 WIB
- Stoecker, W.F. dan Jerold, W.J. 1996. “Refrigerasi dan Penyegaran Udara”. Terjemahan Supratman Hara. Penerbit Erlangga. Jakarta
- Suryana, Cahya. 2012. Trainer Dispenser *Hot And Cool* Unit Proyek Akhir. D3 Thesis. Universitas Negeri Yogyakarta