



**PENGARUH PENGGUNAAN ISOLATOR *GLASSWOOL* DAN  
*FIBERGLASS* TERHADAP EFEKTIVITAS PANAS PADA *HEAT  
EXCHANGER* TIPE *SHELL AND TUBE***

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh  
**Luqman Hakim**  
**NIM 091910101050**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2013**



**PENGARUH PENGGUNAAN ISOLATOR *GLASSWOOL* DAN  
*FIBERGLASS* TERHADAP EFEKTIVITAS PANAS PADA *HEAT  
EXCHANGER* TIPE *SHELL AND TUBE***

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh  
**Luqman Hakim**  
**NIM 091910101050**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2013**

## PERSEMBAHAN

Segala puji dan puja hanya untuk Allah SWT Tuhan semesta alam, dan semoga sholawat dan salam tetap tercurahkan kepada baginda Muhammad SAW. Saya persembahkan skripsi ini kepada:

1. Ibu dan ayah tercinta Hayatun dan almarhum H. Bahrawi yang telah membimbing, mengajari, memberi semangat dan kasih sayang yang tercurahkan tiada henti yang terus mengalir secara ikhlas dan murni mulai dari saya membuka mata didunia sampai pada detik ini yang terus diberikan tanpa rasa lelah dan tak kenal pamrih sehingga sampai pada detik ini saya bisa menyelesaikan salah satu kewajiban saya sebagai pelajar, dan semoga untuk masa mendatang saya bisa banyak belajar lagi dan dapat memberikan manfaat bagi keluarga, kerabat, orang-orang terdekat dan semua orang yang ada dilingkungan saya.
2. Semua Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan ilmu, bimbingan dan arahan selama saya belajar di perguruan tinggi. Terutama pada penyelesaian skripsi saya Bpk. Hary Sutjahjono, S.T., M.T. selaku DPU dan motivator yang telah banyak membimbing, dan senang tiasa selalu memberikan semangat dalam penyelesaian penelitian saya, Bpk. Dr. Nasrul Ilminnafik, S.T., M.T. selaku DPA yang selalu memberikan arahan dan jalan keluar ketika saya ada permasalahan dalam penelitian, dan juga untuk Bpk. Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc dan Bpk. Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T. selaku dosen penguji skripsi.
3. Guru – guruku sepanjang masa mulai dari aku TK sampai saya lulus dari perguruan tinggi. Yang saya hormati dan saya sayangi guru TK saya ibu Triyasih, Almarhumah ibu bararatul ainiyah, ibu jumiyati dan guru-guru TK ku yang lain saya ucapkan banyak-banyak terima kasih yang tanpa lelah mendidik saya. Dan untuk guru SD Bpk. Syarkowi, Bpk. Abd. Bakri, Bpk. Fathan, Bpk. Subadri dan ibu Siti aminah yang telah mengajari saya. Untuk guru SMP saya yang terhormat Bpk. Zainuri, ibu Riyati, Bpk. Mashuri, dan Ibu Laila (*because of you i know*

*about basic science*) saya ucapkan banyak-banyak terima kasih, dan untuk guru SMA saya yang saya hormati Bpk. Faqih, Bpk. Rahman, Bpk. Suhaimi Bpk. Tri (aku tau bapak sangat tegas sama saya dan sering memarahi saya tapi saya sekarang faham kalo sebenarnya bapak sangat perhatian dan selalu memperingati saya, yaaa..*i know that*, dan saya minta maaf kalo saya baru faham masalah itu bapak), Ibu Luluk dan Ibu Dian Oktavia (makasih ya ibu cantik, berkat ibu yang ngajar saya jadi sangat suka Matematika, terima kasih juga ibu buat biodata dan hadianya *i always remember that*). Saya ucapkan untuk semua beribu-ribu terima kasih.

4. Kakak – kakak ku saya ucapkan terima kasih kepada Baidowi, Rifa’i dan kakak perempuan saya Maisunah yang telah memberikan banyak bimbingan, perhatian hingga saya mulai sedikit faham mengenai makna hidup dan bagaimana cara menyikapinya, saya ucapkan banyak-banyak terima kasih.
5. Adik – adik pona’anku Erlik Fauziyan, Faiz Zaturrahmah, Taufikurrahman, Fahrur Rozi, Isma, Ana, Abi dan Wildan Habibi saya ucapkan banyak terima kasih dan ucapan kakak selalu semangat yah buat kalian semua semoga kalian mendapatkan apa yang terbaik buat kalian.
6. Teman – teman ku senasip dan seperjuangan *N-Gine* (Teknik Mesin 2009) saya ucapkan terima kasih buat: Derry Dodo Hendra K. Hanry Febriyanto Muchsin Putra, Sudi, Hiswara Dery F., Firman Wahyudi S., Alfons Erick Perkasa, Abrianto Puja Kesuma, Arief Kurniyawan, Yusuf Nur Afandi, Hadi Jaya Kusuma, Vicktor Wibi W., M Ghilman Badri, Teguh Pujianto, Febri Mega Setiawan, Resha Sigid P., Muh Mey Ade Ansyori, Alvin, Ilham Wahyudi, Chairil Ghozali, Danang Kusmiwardhana, Sugeng Arief Wibowo, Fathorrozy, Beta Arifiyanto, Rio Hawin Rahman, Suyudi Surya Wardaya, Surya Ari Perdana, Ongky Maxtiar B. B., Mochamad Rizal A. Y., Prastiya Eka P., Priyo Ari Wibowo, Badrul Hadi, Mohammad Erfani, Dimas Sugiono, Bagus Satriya D., Afan Januar H., Ach. Nurfanani, Eko Wahyudi, Febriyan Dwi P., Hendry Wijaya Tarigan, Danang Iswinarko, Hidayatulloh, Gayuh Faiq As’adi, Ervin Setyabudi,

Moh Abror Ainul Yaqin, Muhamad Julianto, Wahyu Rendra Irawan, Ari Fakhri Laksono, M Indra Musaini, Zainul Arifin, Dwi, Beslin Septianta T., Mujib Riduwan, Moh. Nur Khamim F., Dhoni Arifianto W., dan Riyan Firmansyah. Terima kasih buat semua atas semua kerja sama dan kebersamaan kalian selama aku kuliah salam *Solidarity Forever*.

7. Untuk keluarga tercintaku CF 27 (CUK Family) Beswan Djarum DSO jember terima kasih buat kalian semua Vanya', Iwan, Pram, Nita, Ridho', Jhon, Milanda, Shenny dan Syukron setahu berjuang sama kalian merupakan momen yang tidak bisa dilupakan dan pengalaman yang paling berharga yang bisa kugunakan untuk menjalani satu demi satu perjalanan hidup untuk menjadi orang yang berkarakter. Dan untuk CF 26 terima kasih untuk semua bimbingan kalian semua kakak mak Etak, Mas Chandra, Mas Gerry, Mas Agil, Bak Sari, Bak Anin, Mas Mustafa, dan Bak Desy, aku ingat semua nasehat dan bimbingan dari kakak semua tapi yang paling tidak bisa saya lupakan adalah kata-kata yang ini "Jangan menjadi orang yang paling sibuk karena semua anggota CF merupakan orang-orang sibuk..!!" itu kata-kata yang paling mancep, dan terima kasih buat CF 28 semoga semakin bagus generasi CF selanjutnya, tidak lupa pula terima kasih ku sampaikan ke semua Beswan RSO Surabaya bersama kalian adalah hal paling menyenangkan (*Senggol Bacok*) ini Qoutenya, dan pastinya saya ucapkan terima kasih juga buat Beswan Djarum seluruh Indonesia bersama kalian merupakan kebanggaan buat aku dan ini merupakan *unforgettable moment* selama saya hidup, salam "Bersatu Seikat".
8. Untuk teman – teman HMM (Himpunan Mahasiswa Mesin) mulai dari periode 2010 – 2011 dan periode 2011 – 2012 saya ucapkan banyak terima kasih pada kalian semua yang telah banyak mengajarkan hal baru pada saya, saya ucapkan terima kasih kepada Mas Alvin Zakaria dan Rino Aditya Nugraha, dan semua anggota HMM yang lain.
9. Sahabat seperjuangan Penelitian HEC (*Heat Exchanger Community*) saya ucapkan terima kasih buat kalian: Dimas Bahtera, Dedy Prihambodo, dan Afra

Rizky Amanda terima kasih banyak buat kalian semua, berkat semangat kalian semua skripsi kita semua berjalan dengan lancar, kalian bukanlah temen-teman ku lagi tapi sudah kuanggap sebagai saudara ku sendiri, terima kasih buat kalian semua.

10. Saya ucapkan beribu-ribu terima kasih juga pada teman-teman yang sudah membantu dalam pembuatan alat, penelitian sampai ketika seminar, saya dedikasikan untuk: Jreng (Faiz), Tower, Rahmad Alief (Memed), Sandi Kusuma Harjo ST (Sandi Tompel), dan Hefa (Cak jii), terima kasih buat kalian semua.
11. Dan terakhir saya ucapkan pada orang-orang yang tidak disebutkan disini, terima kasih atas semuanya.

## MOTO

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

“Tujuan hidup itu hanya ada dua yaitu *learn and share* (belajar dan berbagi), kalau kita masih belum mampu untuk bisa bermanfaat buat orang lain selama itu kita tidak akan pernah tau arti hidup yang sebenarnya.” (*Young On Top Campus Ambassador*)

“Kebahagiaan adalah keputusan yang kita buat, bukan emosi yang kita rasakan. Tidak perlu menunggu semuanya sempurna untuk bisa berbahagia. Kebahagiaan adalah pilihan.”(Joel Osteen)

“*Remember the purpose why are you here.*” (Billy Bone)

“*Once you make a decision, the whole world conspires to make it happen.*” (Deta Apritantia)

“Jadilah orang yang lebih memperhatikan karakter dari pada reputasi, karena karakter adalah siapa sesungguhnya anda, sedangkan reputasi adalah bagaimana orang lain berfikir tentang anda.” (Gilang Maulana Abdi)

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Luqman Hakim

NIM : 091910101050

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Pengaruh Penggunaan Isolator *Glasswool* dan *Fiberglass* Terhadap Efektivitas Panas Pada *Heat Exchanger* Tipe *Shell and Tube*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 15 April 2013

Yang menyatakan,

Luqman Hakim  
091910101050



**SKRIPSI**

**PENGARUH PENGGUNAAN ISOLATOR *GLASSWOOL* DAN  
*FIBERGLASS* TERHADAP EFEKTIVITAS PANAS PADA *HEAT  
EXCHANGER TIPE SHELL AND TUBE***

Oleh

Luqman Hakim  
091910101050

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Hary Sutjahjono S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Nasrul Iminnafik S.T., M.T.

## PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengaruh Penggunaan Isolator *Glasswool* dan *Fiberglass* Terhadap Efektivitas Panas Pada *Heat Exchanger Tipe Shell and Tube*” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal : Senin, 15 April 2013

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

### Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Hary Sutjahjono, S.T., M.T.  
NIP. 19681205 199702 1 002

Dr. Nasrul Ilminnafik, S.T., M.T.  
NIP. 19711114 199903 1 002

Anggota I,

Anggota II,

Ir.Digdo Listyadi S., M.Sc.  
NIP. 19680617 199501 1 001

Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T.  
NIP. 19681207 199512 1 002

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Ir. Widyono Hadi., MT.  
NIP 19610414 198902 1 001

## RINGKASAN

**Pengaruh Penggunaan Isolator *Glasswool* dan *Fiberglass* Terhadap Efektivitas Panas Pada *Heat Exchanger Tipe Shell and Tube*; Luqman Hakim, 091910101050; 2013: 75 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.**

*Heat exchanger* adalah alat yang digunakan untuk menukar panas antara dua fluida yang berbeda temperaturnya. Pertukaran panas mengalir dari fluida yang bertemperatur tinggi ke fluida bertemperatur rendah. Dalam *heat exchanger* adanya perpindahan panas dari fluida panas ke fluida dingin tidak sampai 100% panas yang berpindah terjadi pada sistem karena adanya perpindahan panas dari sistem ke lingkungan, dan hal tersebut dapat menurunkan tingkat efektivitas panas. Sehingga dibutuhkan material isolator pada dinding (*shell*) untuk meningkatkan efektivitas *heat exchanger*. Material isolator dalam penelitian ini adalah material *glasswool* dan *fiberglass* yang memiliki nilai konduktivitas termal yang kecil. Tujuan dari penelitian untuk mengetahui pengaruh penggunaan isolator *glasswool* dan *fiberglass* terhadap: (1) temperatur keluar oli dan air, (2) laju perpindahan panas LMTD, (3) efektivitas panas dengan membandingkan efektivitas hasil penelitian dan rancangan desain NTU, (4) mengetahui ketebalan isolator maksimum yang mempunyai nilai efektivitas tertinggi.

Penelitian ini dilaksanakan dalam dua tahap pengujian yaitu pengujian *heat exchanger* tanpa isolator kemudian *heat exchanger* menggunakan isolator. Pada pengujian pertama tanpa isolator yaitu menentukan variable bebas yang telah ditentukan yaitu mengkondisikan oli masuk dalam suhu 65 °C, suhu air masuk 27 °C, tekanan oli masuk, tekanan air masuk, debit oli masuk, dan debit air masuk. variable terikatnya adalah: temperatur oli keluar, temperatur air keluar, temperatur *shell*, temperatur *tube*, tekanan oli keluar, dan tekanan air keluar.

Penelitian kedua menggunakan isolator, isolator yang digunakan pertama adalah *glasswool* yaitu menentukan variable bebas yang telah ditentukan yaitu

mengkondisikan oli masuk dalam suhu 65 °C, suhu air masuk 27 °C, tekanan oli masuk, tekanan air masuk, debit oli masuk, dan debit air masuk. variable terikatnya adalah: temperatur oli keluar, temperatur air keluar, temperatur *shell*, temperatur *tube*, temperatur isolator, tekanan oli keluar, dan tekanan air keluar. Dan kemudian setelah selesai diganti dengan isolator *fiberglass* dengan masing-masing pengujian menggunakan variasi ketebalan isolator 2,5 cm, 5 cm, 7,5 cm dengan masing-masing penelitian diulang 3 kali pengambilan data.

Dari hasil penelitian ini didapat kan bahwa perbandingan suhu keluar dari oli dan air pada kedua isolator yaitu *fiberglass* memiliki nilai beda suhu lebih kecil dari pada *glasswool*, bahkan ketika kondisi tanpa isolator pun *fiberglass* lebih kecil dan *glasswool* memiliki nilai lebih besar dari pada kondisi tanpa isolator. Laju perpindahan panas LMTD didapatkan semakin tebal isolator yang digunakan maka akan menurunkan laju perpindahan panasnya dan akan meningkatkan efektivitas perpindahan panas yang terjadi, nilai laju perpindahan panas pada ketebalan 5 cm pada *glasswool* lebih besar dari pada *fiberglass* yaitu 6,04 W sedangkan *fiberglass* 5,37 W. Kemudian untuk efektivitas hasil penelitian dan rancangan desain NTU didapatkan perbandingan efektivitas lebih besar nilai efektivitas hasil penelitian dibandingkan dengan efektivitas rancangan desain NTU dan dalam hal ini *fiberglass* memiliki nilai efektivitas hasil penelitian tertinggi yaitu 28,61% pada ketebalan 5 cm sedangkan *glasswool* nilai efektivitasnya 15% pada ketebalan yang sama.

## SUMMARY

**The Influence of *Glasswool* and *Fiberglass* Insulators Effectiveness Against Heat In *Shell and Tube Heat Exchanger***; Luqman Hakim, 091910101050; 2013: 75 pages; Mechanical Engineering Department Engineering Faculty Jember University.

*Heat exchangers* are devices that are used to exchange heat between two fluids of different temperature. Heat flow from high temperature to low temperature fluid. In *heat exchanger*, heat transfer from the hot fluid to cold fluid not more than 100% heat switch occurs in the system due to heat transfer from the system to the environment, and it can reduce the effectiveness of the heat. So it takes an insulator material on the wall (*shell*) to improve the effectiveness of the *heat exchanger*. Insulator material for this research is the material *glasswool* and *fiberglass* because it has a small value of thermal conductivity. The purpose of the study to determine the effect of the use of *glasswool* and *fiberglass* insulation against: (1) the exit temperature of oil and water, (2) the rate of heat transfer LMTD, (3) the effectiveness of heat by comparing the effectiveness of the research and design of NTU design, (4) knowing the thickness insulator has a maximum value of the highest effectiveness.

This study was conducted in two phases tested without isolator tested *heat exchanger*, *heat exchanger* then used insulators. In the first test without the isolator is a free variable that determines the condition specified in the incoming oil temperature of 65 °C, water inlet temperature 27 °C, the incoming oil pressure, the incoming water pressure, oil flow in, and the water discharge. Dependent variable is: exit oil temperature, water temperature out, *shell temperature*, *tube temperature*, oil pressure out, and the water pressure out.

A second study used the isolator, the isolator is *glasswool* is first used to determine independent variables specified in the condition the incoming oil temperature of 65 °C, water inlet temperature 27 °C, the incoming oil pressure, the incoming water pressure, oil flow in, and the water discharge entry. Dependent

variable is: exit oil temperature, water temperature out, *shell temperature*, *tube temperature*, temperature insulator, oil pressure out, and the water pressure out. And then after replaced with *fiberglass* insulation with each test using a variation of the insulator thickness 2.5 cm, 5 cm, 7.5 cm with each study was repeated 3 times collecting data.

From these results it obtained that the ratio of the temperature out of the oil and water on both the *fiberglass* has a value of the temperature difference is smaller than the *glasswool*, even when conditions without any *fiberglass* insulation *glasswool* is smaller and has a greater value of the condition without insulators. The rate of heat transfer to the thicker insulator obtained LMTD is used it will reduce the rate of heat transfer and will increase the effectiveness of the heat transfer occurs, the value of heat transfer rate at a thickness of 5 cm *glasswool* is greater than the *fiberglass* is 6.04 W while *fiberglass* 5.37 W. Then to the effectiveness of the research and design of the design obtained comparative effectiveness NTU values greater effectiveness study compared the effectiveness of the design and the design of NTU in this case *fiberglass* effectiveness research has the highest value is 28.61% at a thickness of 5 cm whereas *glasswool* effectiveness value 15% the same thickness.

## PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT. Atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Penggunaan Isolator *Glasswool* dan *Fiberglass* Terhadap Efektivitas Panas Pada *Heat Exchanger* Tipe *Shell and Tube*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk dapat menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu dan bapak yang selalu memberikan doa dan kasih sayang yang tidak mungkin dapat terlupakan dalam kehidupanku.
2. Bapak Hary Sutjahjono, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, serta Bpk. Dr. Nasrul Iminnafik, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang memberikan arahan dan saran-saran yang sangat membantu dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Bpk. Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc selaku penguji pertama dan Bpk. Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T. selaku penguji kedua yang telah banyak memberikan saran, waktu, dan perhatiannya dalam penulisan skripsi;
4. Guru – guruku sepanjang masa mulai dari aku TK sampai saya lulus dari perguruan tinggi, saya ucapkan banyak-banyak terima kasih.
5. Kakak – kakak ku saya ucapkan terima kasih kepada Baidowi, Rifa'i dan kakak perempuan saya Maisunah yang telah memberikan banyak bimbingan, perhatian hingga saya mulai sedikit faham mengenai makna hidup dan bagaimana cara menyikapinya, saya ucapkan banyak-banyak terima kasih.
6. Adik – adik pona'anku Erlik Fauziyan, Faiz Zaturrahmah, Taufikurrahman, Fahrur Rozi, Isma, Ana, Abi dan Wildan Habibi saya ucapkan banyak terima

kasih dan ucapan kakak selalu semangat yah buat kalian semua semoga kalian mendapatkan apa yang terbaik buat kalian.

7. Teman – teman ku senasip dan seperjuangan *N-Gine* (Teknik Mesin 2009) saya ucapkan terima kasih “*keep solidarity forever*”.
8. Semua teman – teman di organisasi ataupun di *event* saya ucapkan terima kasih buat keluarga ku CF (Cuk Family) Beswan Djarum Jember, HMM (Himpunan Mahasiswa Mesin), KBMMJ (Keluarga Mahasiswa Mesin Jember), panitia AMU (Aksi Mesin UNEJ) dan teman-teman yang lain yang tidak mungkin saya sebutkan semua.
9. Mbak Halimah, selaku staf administrasi Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember, terima kasih atas bantuannya dalam kelancaran pembuatan skripsi, mohon maaf jika selama ini merepotkan,
10. Staf Fakultas Teknik Universitas Jember
11. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menerima segala saran dan kritik yang membangun dari semua pihak guna kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, April 2013

Penulis



## DAFTAR ISI

|  | Halaman |
|--|---------|
| <b>HALAMAN JUDUL</b> .....   | i       |
| <b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....   | ii      |
| <b>HALAMAN MOTO</b> .....  | vi      |
| <b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....  | vii     |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....  | ix      |
| <b>RINGKASAN</b> .....   | x       |
| <b>PRAKATA</b> .....   | xiv     |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....  | xvi     |
| <b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....  | 1       |
| <b>1.1 Latar Belakang</b> .....  | 1       |
| <b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....   | 3       |
| <b>1.3 Batasan Masalah</b> .....   | 3       |
| <b>1.4 Tujuan Dan Manfaat Penelitian</b> .....                               | 3       |
| 1.4.1 Tujuan .....   | 3       |
| 1.4.2 Manfaat .....  | 4       |
| <b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....   | 5       |
| <b>2.1 Heat Exchanger</b> .....  | 6       |
| 2.1.1 Jenis dan tipe <i>heat exchanger</i> .....                             | 6       |
| <b>2.2 Heat Exchanger Tipe Shell And Tube</b> .....                          | 6       |
| <b>2.3 Sistem Kerja Heat Exchanger Tipe Shell And Tube</b> .....             | 7       |
| <b>2.4 Penentuan Tipe Heat Exchanger Tipe Shell And Tube</b> .....           | 8       |
| <b>2.5 Aliran Counter Flow Pada Heat Exchanger Tipe Shell And Tube</b> ..... | 9       |
| <b>2.6 Pemilihan Material Tabung (Shell) Pada Heat Exchanger</b> .....       | 11      |
| <b>2.7 Aplikasi Heat Exchanger Tipe Shell And Tube</b> .....                 | 12      |
| <b>2.8 Keunggulan Heat Exchanger Tipe Shell And Tube</b> .....               | 13      |
| <b>2.9 Perpindahan Panas Konduksi</b> .....                                  | 13      |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.9.1 Konduktivitas termal (daya hantar panas).....  | 14        |
| <b>2.10 Perpindahan Panas Konveksi .....</b>   | <b>17</b> |
| 2.10.1 Bilangan - bilangan tak berdimensi pada perpindahan panas<br>konveksi .....             | 19        |
| 2.10.2 Sistem konveksi paksa pada aliran dalam pipa .....                                      | 20        |
| <b>2.11 Perpindahan Panas Konduksi Pada Dinding Lapis Rangkap<br/>Berbentuk Silinder .....</b> | <b>21</b> |
| <b>2.12 Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh Pada Silinder .....</b>                         | <b>22</b> |
| <b>2.13 Beda Suhu Rata-Rata Log (LMTD) .....</b>   | <b>24</b> |
| <b>2.14 Metode NTU Efektivitas .....</b>   | <b>26</b> |
| <b>2.15 Tahanan Panas Material Isolator .....</b>  | <b>32</b> |
| <b>2.16 Material Isolator Yang Digunakan.....</b>  | <b>33</b> |
| 2.16.1 <i>Glasswool</i> .....  | 33        |
| 2.16.2 <i>Fiberglass</i> .....   | 33        |
| <b>2.17 Hipotesa Penelitian .....</b>  | <b>34</b> |
| <b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>  | <b>35</b> |
| <b>3.1 Metode Penelitian.....</b>  | <b>35</b> |
| <b>3.2 Waktu Dan Tempat Penelitian .....</b>   | <b>35</b> |
| <b>3.3 Alat Dan Bahan Penelitian .....</b>   | <b>35</b> |
| 3.3.1 Alat .....   | 35        |
| 3.3.2 Bahan.....   | 37        |
| <b>3.4 Variabel Penelitian.....</b>  | <b>37</b> |
| 3.4.1 Variabel bebas .....   | 37        |
| 3.4.2 Variabel terikat .....   | 38        |
| <b>3.5 Prosedur Pengujian.....</b>   | <b>38</b> |
| 3.5.1 Penyusunan alat penelitian .....   | 38        |
| 3.5.2 Tahap penelitian .....   | 39        |
| 3.5.3 Tahap pengambilan data.....  | 42        |
| <b>3.6 Skema Alat Uji .....</b>  | <b>45</b> |

|   |     |
|---|-----|
| <b>3.7 Diagram Alir Penelitian</b> .....  | 46  |
| <b>3.8 Jadwal Kegiatan Penelitian</b> .....   | 47  |
| <b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....  | 48  |
| <b>4.1 Hasil Penelitian</b> .....   | 48  |
| <b>4.2 Pembahasan Hasil Penelitian</b> .....  | 50  |
| 4.2.1 Pengaruh tebal isolator terhadap temperatur fluida keluar.....  | 50  |
| 4.2.2 Pengaruh tebal isolator terhadap laju perpindahan panas metode<br>LMTD ( <i>log mean temperature difference</i> ) ..... | 57  |
| 4.2.3 Pengaruh tebal isolator terhadap efektivitas panas (hasil penelitian<br>dan rancangan desain NTU).....                  | 64  |
| 4.2.4 Pengaruh waktu kerja terhadap efektivitas panas (hasil penelitian)..  | 69  |
| <b>BAB 5. PENUTUP</b> .....   | 72  |
| <b>5.1 Kesimpulan</b> .....   | 72  |
| <b>5.2 Saran</b> .....  | 72  |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....   | 74  |
| <b>LAMPIRAN 1. PERHITUNGAN</b> .....  | 76  |
| <b>LAMPIRAN 2. TABEL</b> .....  | 94  |
| <b>LAMPIRAN 3. GRAFIK</b> .....   | 104 |
| <b>LAMPIRAN 4. DOKUMENTASI</b> .....  | 109 |

## DAFTAR TABEL

|     | Halaman   |
|-----|---|
| 2.1 | Konduktivitas termal berbagai bahan pada 0°C ..... 17   |
| 2.2 | Nilai kira-kira koefisien perpindahan panas konveksi ..... 18   |
| 2.3 | Persamaan-persamaan efektivitas panukar kalor ..... 31  |
| 2.4 | Persamaan NTU untuk panukar kalor ..... 31  |
| 2.5 | Daftar konduktivitas termal ( <i>k</i> ) material ..... 32  |
| 3.1 | Pengambilan data untuk <i>heat exchanger</i> tanpa isolator variabel bebas ..... 43   |
| 3.2 | Pengambilan data untuk <i>heat exchanger</i> tanpa isolator variabel terikat ..... 43                                       |
| 3.3 | Pengambilan data untuk <i>heat exchanger</i> dengan material isolator termal<br><i>glasswool</i> variabel bebas ..... 43    |
| 3.4 | Pengambilan data untuk <i>heat exchanger</i> dengan material isolator termal<br><i>glasswool</i> variabel terikat ..... 44  |
| 3.5 | Pengambilan data untuk <i>heat exchanger</i> dengan material isolator termal<br><i>fiberglass</i> variabel bebas ..... 44   |
| 3.6 | Pengambilan data untuk <i>heat exchanger</i> dengan material isolator termal<br><i>fiberglass</i> variabel terikat ..... 44 |
| 3.7 | Jadwal pelaksanaan penelitian ..... 47  |
| 4.1 | Tabel hasil penelitian tanpa isolator ..... 48  |
| 4.2 | Tabel hasil penelitian dengan isolator <i>glasswool</i> ketebalan 2,5 cm ..... 48   |
| 4.3 | Tabel hasil penelitian dengan isolator <i>glasswool</i> ketebalan 5 cm ..... 48   |
| 4.4 | Tabel hasil penelitian dengan isolator <i>glasswool</i> ketebalan 7,5 cm ..... 49   |
| 4.5 | Tabel hasil penelitian dengan isolator <i>fiberglass</i> ketebalan 2,5 cm ..... 49  |
| 4.6 | Tabel hasil penelitian dengan isolator <i>fiberglass</i> ketebalan 5 cm ..... 49  |
| 4.7 | Tabel hasil penelitian dengan isolator <i>fiberglass</i> ketebalan 7,5 cm ..... 49  |

## DAFTAR GAMBAR

|      | Halaman   |
|------|---|
| 2.1  | Konstruksi detail dari <i>heat exchanger</i> tipe <i>shell and tube</i> ..... 7   |
| 2.2  | Penentuan tipe <i>shell and tube heat exchanger</i> ..... 8   |
| 2.3  | Aliran <i>counter flow</i> pada <i>heat exchanger</i> tipe <i>shell and tube</i> ..... 10   |
| 2.4  | Komponen <i>heat exchanger</i> tipe <i>shell and tube</i> ..... 11  |
| 2.5  | Konduktivitas termal beberapa gas ..... 15  |
| 2.6  | Konduktivitas termal beberapa zat cair ..... 15   |
| 2.7  | Konduktivitas termal beberapa zat padat ..... 16  |
| 2.8  | Perpindahan panas menyeluruh dinyatakan dengan beda suhu limbak ..... 20  |
| 2.9  | Aliran panas satu dimensi melalui silinder berlapis ..... 21  |
| 2.10 | Perpindahan panas menyeluruh melalui silinder berongga ..... 23   |
| 2.11 | Profil temperatur pada aliran <i>counter flow</i> ..... 25  |
| 2.12 | Grafik faktor koreksi untuk penukar kalor dengan satu lintasan selongsong dan dua, empat, atau masing-masing kelipatan dari lintasan tabung tersebut 26 |
| 2.13 | Bagan efektivitas penukar kalor Kays dan London ..... 30  |
| 2.14 | Material isolator <i>glasswool</i> ..... 33   |
| 2.15 | Material isolator <i>fiberglass</i> ..... 33  |
| 3.1  | Skema alat uji ..... 45   |
| 3.2  | Diagram alir penelitian ..... 46  |
| 4.1  | Pengaruh ketebalan isolator <i>glasswool</i> dan <i>fiberglass</i> terhadap temperatur fluida keluar oli dan air pada waktu ke 30 detik ..... 50        |
| 4.2  | Pengaruh ketebalan isolator <i>glasswool</i> dan <i>fiberglass</i> terhadap temperatur fluida keluar oli dan air pada waktu ke 90 detik ..... 52        |
| 4.3  | Pengaruh ketebalan isolator <i>glasswool</i> dan <i>fiberglass</i> terhadap temperatur fluida keluar oli dan air pada waktu ke 150 detik ..... 55       |
| 4.4  | Pengaruh ketebalan isolator <i>glasswool</i> dan <i>fiberglass</i> terhadap laju perpindahan panas metode LMTD pada waktu ke 30 detik ..... 58          |

|      |   |    |
|------|---|----|
| 4.5  | Pengaruh ketebalan isolator <i>glasswool</i> dan <i>fiberglass</i> terhadap laju perpindahan panas metode LMTD pada waktu ke 90 detik .....                       | 60 |
| 4.6  | Pengaruh ketebalan isolator <i>glasswool</i> dan <i>fiberglass</i> terhadap laju perpindahan panas metode LMTD pada waktu ke 150 detik .....                      | 62 |
| 4.7  | Pengaruh ketebalan isolator <i>glasswool</i> dan <i>fiberglass</i> terhadap efektivitas panas (hasil penelitian dan rancangan desain NTU) pada waktu ke 30 detik  | 64 |
| 4.8  | Pengaruh ketebalan isolator <i>glasswool</i> dan <i>fiberglass</i> terhadap efektivitas panas (hasil penelitian dan rancangan desain NTU) pada waktu ke 90 detik  | 66 |
| 4.9  | Pengaruh ketebalan isolator <i>glasswool</i> dan <i>fiberglass</i> terhadap efektivitas panas (hasil penelitian dan rancangan desain NTU) pada waktu ke 150 detik | 68 |
| 4.10 | Pengaruh waktu kerja terhadap efektivitas panas (hasil penelitian) .....  | 70 |

## DAFTAR SINGKATAN

|          |                                |
|----------|--------------------------------|
| $T_{o1}$ | = temperatur oli masuk         |
| $T_{o2}$ | = temperatur oli keluar        |
| $T_{a1}$ | = temperatur air masuk         |
| $T_{a2}$ | = temperatur air keluar        |
| $P_{o1}$ | = tekanan oli masuk            |
| $P_{o2}$ | = tekanan oli keluar           |
| $P_{a1}$ | = tekanan air masuk            |
| $P_{a2}$ | = tekanan air keluar           |
| $Q_o$    | = debit oli masuk              |
| $Q_a$    | = debit air masuk              |
| $T_s$    | = temperatur <i>shell</i>      |
| $T_t$    | = temperatur <i>tube</i>       |
| $T_{gw}$ | = temperatur <i>glasswool</i>  |
| $T_{fg}$ | = temperatur <i>fiberglass</i> |