

RANCANG BANGUN RANQUE HILSCH VORTEX TUBE (RVHT)

Budi Hartanto¹, Daru Sugati², M.Abdulkadir³

Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta
JL. Babarsari Catur Tunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta, 5528, Telp : (0274) 487249
e-mail : ¹werwerracing@gmail.com, ²daru@itny.ac.id, ³abdulkadir@itny.ac.id

Abstrak

Tujuan dari proyek ini adalah mempelajari kinerja tabung vortex dengan analisis eksperimen. Penelitian ini sedang diuji dalam beberapa kondisi variasi. Karena tekanan udara berubah dari 30,40,50 dan 60psi dan berbeda. Berdasarkan hasil penelitian peneliti menemukan bahwa faktor yang mempengaruhi kinerja tabung vortex adalah tekanan udara masuk, jumlah garis nozzle, dan angel of control valve. Dengan menggunakan tekanan udara inlet yang tinggi, suhu di hot end akan meningkatkan dan menurunkan suhu udara dingin di ujung yang dingin. Menurut percobaan ditemukan bahwa dengan mengubah tekanan inlet. Hasil dari suhu 13,86 ° C dan udara terpanas 21,41 ° C menggunakan aliran counter flow. Tipe uni flow aliran kinerja terbaik pada 50 psi suhu outlet dingin dan terpanas yang berbeda 2.8 ° C.

Kata kunci— vortex tube, ratio value, cold temperature, Hot temperature, Compressor.

Abstract

The purpose of this project is study the performance of vortex tube with the experiment analysis. the study is being tested in some variation conditions. As the pressure of air changes from 30,40,50 and 60psi and of different. Based from the experiment reasearchers found that the affecting factor of the vortex tube performance are the pressure of inlet air, the number of lines of nozzle ,and the angel of control valve. Using high pressure of inlet air the temperature at hot end will increase and decrease the temperature cool air in the cool end. According to the experiment found that by changing the inlet pressure. The result off the temperature is 13,86°C and the hottest air of 21,41°C using tipe Counter Flow . the tipe Uni Flow the best performance at 50 psi the temperature of different cold and hottest Outlet 2.8°C.

Keywords— vortex tube, ratio value, cold temperature, Hot temperature, Compressor.

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan teknologi yang ramah, Murah dan efektif belakangan ini makin marak di perbincangkan. Permasalahan ini dilator belakang oleh kompetisi ekonomi industry, dimana pelaku industri berusaha menekan biaya operasional lebih murah dari sebelumnya namun tetap memiliki kemampuan produktivitas tinggi.

Tabung vortex adalah perangkat sederhana yang beroperasi sebagai mesin pendingin tanpa bagian yang bergerak misalnya poros berputar atau silinder piston. Ini terdiri dari tabung utama, yang aliran gas bertekanan tinggi masuk secara tangensial, dan terbagi dalam dua aliran panas dan dingin suhu rendah. Aliran gas dingin meninggalkan tabung melalui lubang pusat dekat nosel pintu masuk, sementara aliran gas panas mengalir ke arah mengatur katup dan meninggalkan tabung. Gambar. 1 menunjukkan diagram skematik dari tabung vortex.

Tabung vortex sudah digunakan dalam dunia industri sebagai proses pendingin dan pemanas karena bentuknya yg praktis, ringkas, ringan serta alat yang tidak berisik (Bruno, 1992). Udara bertemperatur rendah yang dihasilkan oleh tabung vorteks banyak digunakan dalam dunia industri, seperti pada industri logam, efek tabung vorteks digunakan untuk mendinginkan coolant pada alat-alat produksi seperti bubut, freis, dan lain sebagainya. Kemudian pada industri pengecoran logam, efek tabung vortex juga dimanfaatkan sebagai

penyuplai udara dingin pada baju khusus yang digunakan di area-area panas seperti pada seragam astronot.



Gambar 1. Ilustrasi cara kerja tabung vortex

Ranque (1933) adalah yang paling awal yang melaporkan fenomena pemisahan energi dalam tabung vortex. Hilsch (1947), melakukan eksperimen penting pada vortex tube parameters. Deskripsi teoritis dan analitis dari pemisahan energi dan suhu dan profil kecepatan dalam tabung vortex diberikan telah melakukan analisis energi pada tabung vortex.

Menurut Frohlingdorf dan H. Unger (1999) Selama proses mengalirnya udara secara vorteks didalam tabung vorteks, perpindahan energi berlangsung secara kontinu antara udara balik dan udara maju. Perpindahan energi ini mengakibatkan penurunan suhu pada udara balik dan peningkatan suhu pada udara maju. Aliran udara balik akan mengalir keluar melalui diafragma dan berakhir di cold outlet, sedangkan udara maju akan keluar melalui celah bukaan control valve dan berakhir di hot outlet. Dengan mengatur bukaan control valve, maka kuantitas dan temperatur udara dingin dapat divariasikan.

Pada Gambar 1 adalah udara bertekanan dilewatkan pada saluran masuk secara tangensial dengan kecepatan tinggi, kemudian udara yang berekspansi pada chamber menghasilkan aliran pusaran udara dan bergerak secara spiral sepanjang tabung hingga pada ujungnya yang terdapat katup tirus. Pada saat katup ditutup sebagian, maka akan terjadi laju aliran udara balik pada sumbu tabung mulai dari sisi tekanan tinggi ke sisi tekanan rendah. Selama proses ini, perpindahan energi thermal berlangsung antara udara balik dan udara maju sehingga aliran udara balik yang terdapat pada sumbu tabung mempunyai temperatur lebih rendah dari temperatur udara masuk, sedangkan aliran udara maju akan memanaskan dan bertemperatur lebih tinggi dari temperatur udara masuk. Aliran udara balik yang dingin akan keluar melalui saluran udara dingin, sedangkan aliran udara panas akan keluar melalui bukaan katup. Dengan mengatur bukaan katup, besar lubang keluaran dan temperatur udara dingin dapat diubah-ubah.

Tabung vortex dapat menghasilkan udara panas dan dingin dengan waktu yang bersamaan. Tabung vortex ini terdiri dari sebuah tabung panjang yang memiliki lubang masuk tangensial di dekat salah satu ujung dan katup kerucut pada ujung lainnya.



Gambar 2. Konstruksi tabung vortex

Beberapa Percobaan Tabung Vortex telah dilakukan oleh para peneliti untuk mencari rancangan kinerja tabung vortex yang baik. Data yang diambil untuk dibandingkan diantaranya adalah, diameter tabung, besarnya tekanan udara yang masuk di saluran inlet dan selisih temperatur yang terjadi. Maziar dan Yunpeng melakukan percobaan dengan mengubah-ubah rasio antara diameter penutup sisi panas dan diameter tabung hal yang sama dilakukan juga oleh Singh, Tathgir dan Grewal. Selain itu Maziar dan Yunpeng juga melakukan penelitian temperatur keluaran dengan mengubah-ubah sudut vortex.

Tabung vorteks dapat menghasilkan udara panas dan dingin secara bersamaan tanpa ada perpindahan materi, penambahan alat penukar kalor, maupun input kalor dari luar system. Fenomena ini menjadi pertanyaan yang menarik tentang bagaimana proses perpindahan energi yang terjadi di dalam tabung vorteks. Hingga saat ini belum ada satu teori yang dapat menjelaskan secara pasti dan sempurna mengenai fenomena transfer energi yang mengakibatkan penurunan suhu udara pada satu sisi tabung vorteks dan peningkatan suhu pada sisi lainnya.

$$\Delta T = T_i - T_o$$

dimana ΔT adalah penurunan suhu yang terjadi temperatur Inlet terhadap temperatur Outlet

$$Q = A V$$

Q merupakan debit pada Outlet sisi Cold dan Hot. A adalah luas penampang sedangkan V adalah Velocity.

$$\dot{m} = Q \rho$$

\dot{m} adalah Mass Flow Rate yang di pengaruhi oleh Debit dan Massa Jenis Udara. saja.

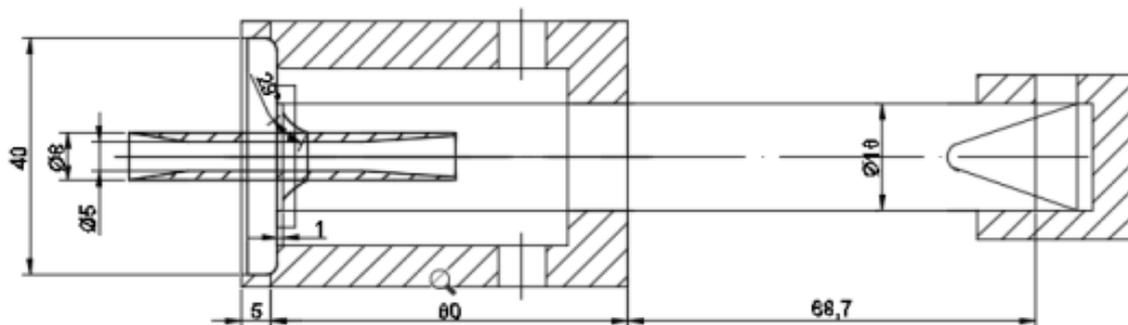
2. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian dilakukan dengan urutan langkah-langkah :

- Perancangan dan Pembuatan tabung vortex.
- Pemberian Tekanan 30, 40, 50 dan 60 PSi
- Pengambilan data Temperatur Outlet

2.1. Perancangan dan Pembuatan Tabung Vortex

Pada tahap ini tabung vortex dirancang dan dan dibuat untuk dapat menguji beberapa parameter dimensi dan tekanan, beberapa parameter yang diubah pada penelitian ini adalah besar tekanan input udara yang dialirkan berbeda dan 5 variasi besar Tekanan Inlet yaitu 30PSi, 40PSi, 50PSi dan 60Psi Gambar 5. Kemudian komponen-komponen tabung vortex tersebut dibuat melalui proses pemesinan milling, turning dan drilling. Setelah itu komponen-komponen tersebut dirakit sehingga menjadi produk prototipe (Gambar 6).



Gambar 5. Desain alat

2.2 Pengujian Tabung Vortex04

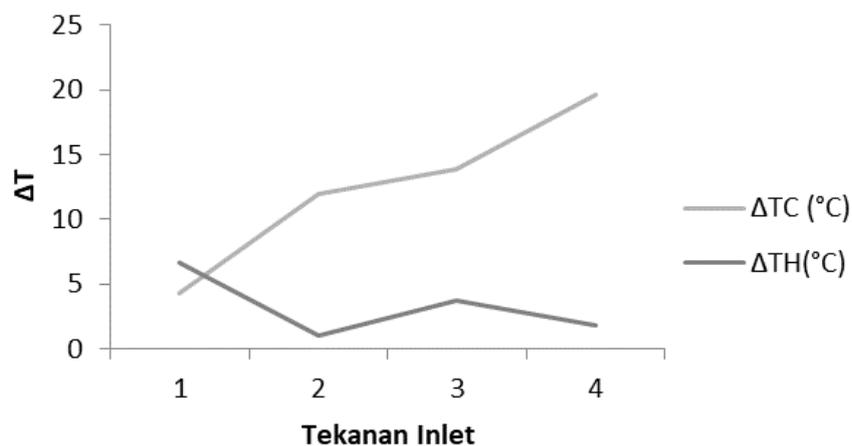
Pada Pengujian Tabung Vortex dirangkai dimana udara bertekanan yang berasal dari pengaturan besar tekanan yang masuk pada tabung vortex dilakukan menggunakan Pressure Regulator. Pengambilan data Temperatur pengujian seperti Temperatur lingkungan, temperatur tabung vortex. Temperatur Luaran dingin dan panas diukur dengan thermometer datalogger dengan berbasis arduino nano memiliki resolusi 0,1°C.



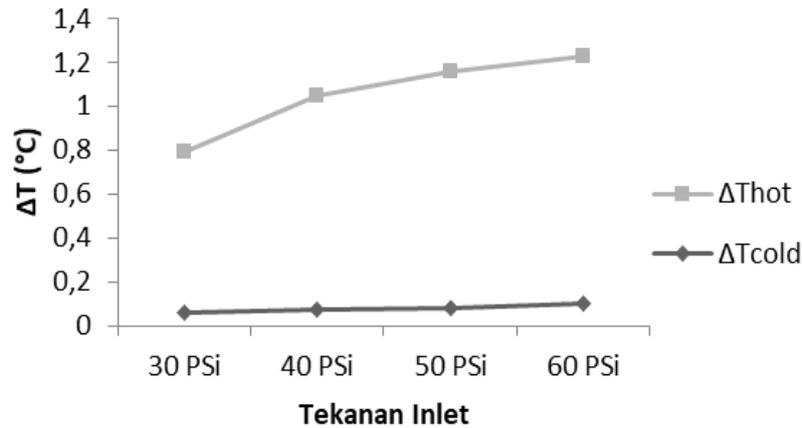
Gambar 6. Prototipe Tabung Vortex

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian tabung Vortex adalah untuk melihat pengaruh tekanan udara *Inlet* terhadap temperature *Outlet* dengan pemberian variasi besarnya tekanan pada *input* Tabung Vortex. Secara grafik perubahan pada *Outlet* temperature dingin pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7. Pengaruh Tekanan *Inlet* terhadap *Outlet* Pada *Counter Flow*

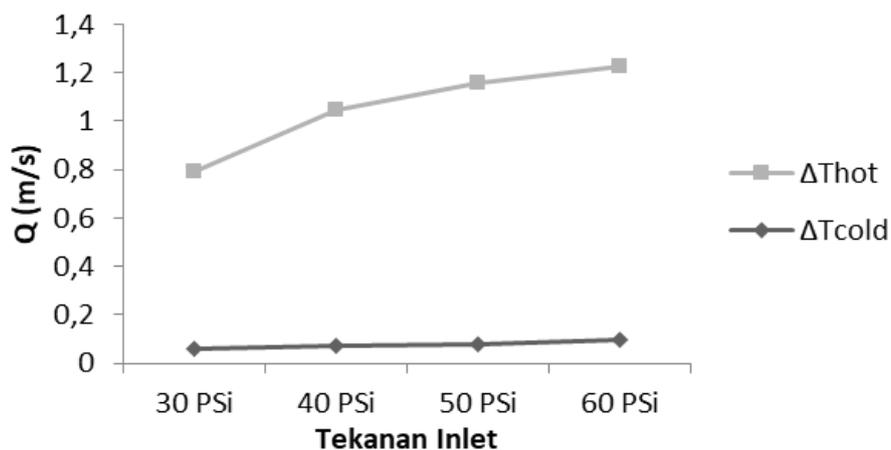


Gambar 8. Pengaruh Tekanan Inlet terhadap Outlet Pada Uni Flow

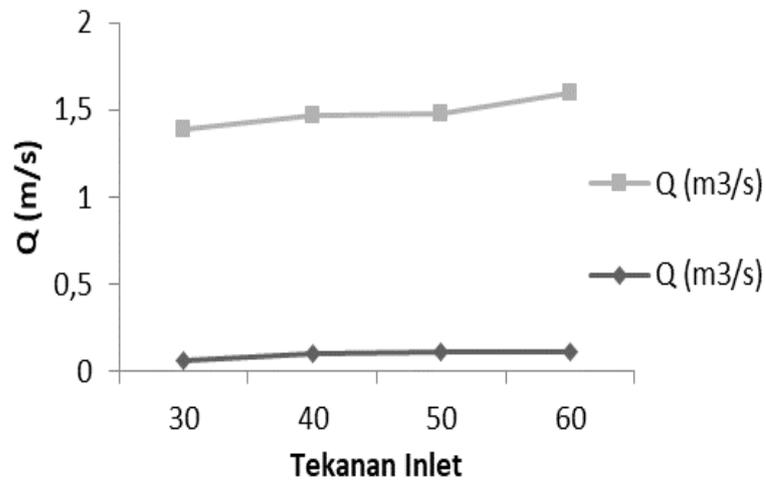
Pada Gambar 7 dan 8 menunjukkan bahwa dengan variasi tekanan Input . Pada Gambar 7 merupakan diagram perbedaan suhu pada sisi keluaran Hot dan Cold perbedaan terbesar adalah 28°C pada tekanan 50 Psi. suhu rata-rata yang tercatat adalah 13,86°C yaitu pada tekanan 60Psi dan Perbedaan Temperatur Suhu yang Terjadi pada Cold dan Hot 21,47°C

Li, N.Zeng (2015) Efek pemanasan ΔT_h dan efek pendinginan ΔT_c keduanya meningkat saat tekanan inlet meningkat. Pada outlet dingin, suhu statis bagian tengah lebih tinggi daripada bagian tepi, dan dengan peningkatan fraksi massa dingin, perbedaan menurun; sementara di outlet panas, suhu yang diukur di dinding lebih tinggi dari pada di pusat dan perbedaan meningkat dengan peningkatan fraksi massa dingin dan ΔT mengikuti perubahan tekanan yang terjadi.

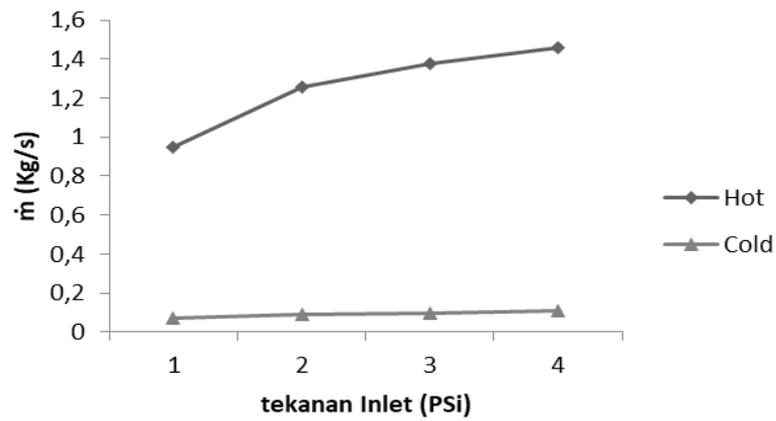
Ada dua faktor penentu utama dari temperatur cold outlet: suhu udara yang mengalir keluar dari nosel dan proporsi aliran balik di udara yang mengalir melalui ujung dingin. Suhu yang baru jadi turun ketika fraksi massa dingin menurun dan menyebabkan penurunan suhu outlet dingin. Sedangkan aliran balik menyebabkan suhu outlet dingin meningkat ketika fraksi massa dingin menurun, Behera, Upendra Paul (2008).



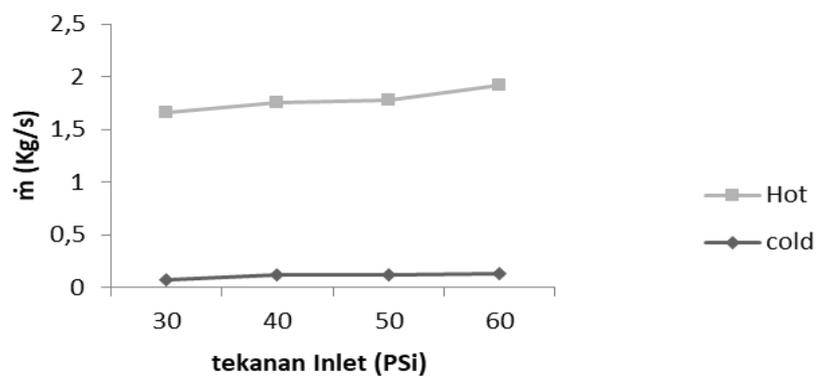
Gambar 9. Debit udara outlet counter flow



Gambar 10. Debit udara outlet uni flow



Gambar 11. Grafik flowrate pada tabung tipe counter flow



Gambar 12. Grafik flowrate pada tabung tipe uni flow

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan serta pembahasan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Tabung vortex berhasil dibuat dan dapat berfungsi dengan baik yaitu terlihat pada luaran temperatur dingin yang dihasilkan.
2. Suhu rata-rata yang di catat dalam uji coba tabung vortex berdasarkan tekanan masuk. Suhu terendah yang tercatat adalah 13,86 °C yaitu pada tekanan 60 Psi dan perbedaan suhu yang terjadi sisi *Cold* dan *Hot* adalah 21,47 °C.
3. Pada tipe *Uni Flow* perbedaan suhu tidak terlalu signifikan pada Gambar 10 merupakan beda temperature yang terjadi pada sisi *Outlet Hot* dan *Cold* berdasarkan tekanan *Input* yang diberikan. Perbedaan temperatur pada sisi *Hot* dan *Cold* adalah pada tekanan 50PSi.
4. Pada tipe *Uni Flow* perbedaan suhu tidak terlalu signifikan pada Gambar 10 merupakan beda temperature yang terjadi pada sisi *Outlet Hot* dan *Cold* berdasarkan tekanan *Input* yang diberikan. Perbedaan temperatur pada sisi *Hot* dan *Cold* adalah pada tekanan 50PSi.
5. Semakin besar tekanan input pada konstruksi tabung vortex dengan nilai rasio optimum akan memberi luaran temperatur dingin tabung vortex yang semakin rendah.
6. Tabung vortex mampu digunakan sebagai alternatif pendingin mesin perkakas.

5. SARAN

Dalam Penelitian Ini penulis menyarankan guna penelitian lebih baik terdapat beberapa hal yaitu;

1. Kalibrasi alat ukur setiap sebelum pengambilan data .
2. Gunakan filter udara dari *compressor* ke *regulator pressure* .
3. Selalu perhatikan tekanan pada tabung ompressor agar terjaga tekanan.
4. Lakukan pengujian di mulai dari tekanan paling rendah ke tekanan lebih tinggi
5. Simpan alat ukur sesuai petunjuk yang tersedia.

DAFTAR PUSTAKA

- Vera, G.D., 2010, *The Ranque-Hilsch Vortex Tube* .
- Singh, P. K., 2004, *An Experimental Performance Evaluation of Vortex Tube* , *IE (I) Journal*.MC Vol 84.
- Maziar Arjomandi, Yunpeng Xue, 2007, *An Investigation Of The Effect Of The Hot End Plugs On The Efficiency Of The Ranque-Hilsch Vortex Tube* , *Journal of Engineering Science and Technology*, Vol.2, No.3, 211.
- Cengel, Y., 2014, *Heat Transfer A Practical Approach*, Second edition.