

Rancang Bangun Model Alat Monitoring Pada Refrigerasi Tabung Vorteks

Hadimi, Edi Karyadi, Rusadi

Department of Mechanical Engineering, Politeknik Negeri Pontianak, Indonesia

Jalan Ahmad Yani Pontianak 78124

**Corresponding author: had_imi@yahoo.co.id*

Abstract: *This research was conducted to design and create a model of a vortex tube refrigeration system monitoring tool that will be used as a practicum medium in the Refrigeration and Air Conditioning Engineering course. Currently, the cooling system used as a practical medium is a vapor compression cooling system. The goal to be achieved in this research is a model of a monitoring tool for vortex tube refrigeration techniques. With this monitoring model, it is hoped that it can be used to carry out practical work on vortex tube refrigeration techniques. The stages of this research start from the design stage, assembly stage and functional testing and data acquisition stages. With research flow; preparation of tools and materials, making monitoring models of vortex tube refrigeration engineering tools, testing tool models, collecting and processing data from model experiments. This monitoring tool model for Vortex Tube Refrigeration can directly monitor things such as; Flow rate, temperature, air pressure and COP, all data is recorded and stored on the SD card. The higher the pressure, the cooler the cold air produced, this is because the vortex tube compresses the air. The highest COP value is 0.31 which occurs at the standard 3 bar setting with v_1 and v_2 (72 and 61 m³/s), P_1 and P_2 (1.8 and 0.28 bar).*

Keywords: *Monitoring, Arduino, Refrigeration, Vortex*

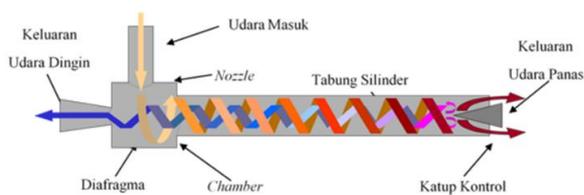
Abstrak: Penelitian ini dilakukan untuk merancang dan membuat model alat monitoring system refrigerasi tabung vorteks yang akan digunakan sebagai media praktikum dalam mata kuliah Teknik Pendingin dan Tata Udara. Pada saat ini system pendingin yang digunakan sebagai media praktikum adalah system pendingin kompresi uap. Tujuan yang hendak dicapai pada penelitian ini adalah model alat monitoring teknik refrigerasi tabung vorteks. Dengan adanya model monitoring ini diharapkan dapat digunakan untuk melakukan praktikum tentang teknik refrigerasi tabung vorteks. Tahapan Penelitian ini dimulai dari tahapan perancangan, tahapan perakitan dan tahapan uji fungsi dan akuisi data. Dengan alur penelitian; persiapan alat dan bahan, pembuatan model monitoring alat teknik refrigerasi tabung vorteks, uji coba model alat, pengambilan dan pengolahan data hasil percobaan model. Model Alat monitoring pada Refrigerasi Tabung Vorteks ini dapat memonitor secara langsung seperti; Laju aliran, Temperatur, Tekanan Udara serta COP, semua data itu terekam dan tersimpan di SD Card. Semakin tinggi tekanan maka udara dingin yang dihasilkan semakin dingin hal tersebut dikarenakan tabung vorteks mamampatkan udara. Nilai COP paling tinggi adalah 0,31 terjadi pada setelan standar 3 bar dengan v_1 dan v_2 (72 dan 61 m³/s), P_1 dan P_2 (1,8 dan 0,28 bar).

Kata Kunci: Monitoring, Arduino, Refrigerasi, Vorteks

Sistem refrigerasi tabung *vorteks* merupakan hal yang baru bagi masyarakat luas dan salah satu alat yang dipakai untuk pendinginan atau pemanasan. Sumber energi yang digunakan adalah udara terkompresi atau bertekanan. Tabung *vorteks* merubah udara bertekanan, yang

dibagi menjadi dua aliran udara, yaitu aliran udara panas dan aliran udara dingin Sistem kerja dari refrigerasi tabung vortex: Nosel membiarkan udara bertekanan masuk ke dalam bilik, di mana udara dengan cepat berdifusi ke seluruh bilik dan menciptakan vorteks yang dihentikan oleh katup. Udara

balik akan mengalir dari sisi pipa yang bertekanan tinggi ke sisi pipa yang bertekanan rendah dengan menutup sebagian katup, sehingga menghasilkan tekanan udara yang lebih tinggi daripada tekanan udara luar. Temperatur udara balik pada sumbu pipa lebih rendah daripada udara masuk karena selama proses ini terjadi perpindahan antara udara balik dan udara depan. Sementara itu, suhu aliran udara maju lebih tinggi dari suhu udara masuk. Aliran udara panas akan keluar melalui bukaan valve, sedangkan aliran udara yang masuk akan keluar melalui celah menuju sisi udara dingin. Suhu udara dingin dapat diubah dengan mengatur bukaan katup.



Gambar 1. Sistem Refrigerasi Tabung Vorteks

Kinerja pada sistem refrigerasi tabung *vorteks* dapat diukur, biasanya metode pengukuran dilakukan menggunakan cara manual, yaitu dengan mengambil data menggunakan alat seperti termokopel, flowmeter, barometer, yang mana untuk termokopel ditempatkan pada sejumlah titik, kemudian data tersebut diolah dan dilakukan perhitungan secara manual, sedangkan flowmeter dan barometer biasanya sudah terpasang pada saluran yang memiliki aliran dan bertekanan. Metode tersebut kurang efektif bila digunakan untuk menghitung kinerja sistem refrigerasi tabung *vorteks* dikarenakan memerlukan banyaknya alat bantu dan

memerlukan waktu yang cukup lama, maka dari itu dibutuhkannya sistem *monitoring*.

Sistem monitoring saat ini mulai bergerak pada otomatisasi dengan bantuan menggunakan microcontroller, sehingga campur tangan manusia sangat kurang diperlukan dalam pemantauan. Bila dibandingkan pada pengerjaan secara manual, sistem pemantauan yang menggunakan microcontroller sangat memiliki manfaat dalam hal, ketepatan waktu pada saat pengambilan data, efisiensi, keamanan, dan tingkat ketelitian yang tinggi.

Permasalahan tersebut yang menjadi dasar peneliti untuk membuat sistem monitoring dengan menggunakan sensor suhu, sensor tekanan, dan sensor laju aliran yang dikendalikan oleh microcontroller Arduino Uno. Hasil pengukuran akan ditampilkan melalui liquid crystal display (LCD) yang berada pada modul rangkaian. Data yang dapat dilihat pada LCD yaitu menampilkan hasil kinerja pada sistem tabung vorteks. Alat monitoring ini dapat digunakan sebagai bahan ajar sistem refrigerasi tabung vorteks, atau alat praktikum bagi mahasiswa.

Tujuan dari penelitian ini adalah model alat monitoring teknik refrigerasi tabung vorteks. Dengan adanya model alat monitoring ini diharapkan dapat mempermudah dalam pengambilan data hasil praktikum tentang teknik refrigerasi tabung vortex yang lebih akurat.

METODE

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental dengan mendesain dan eksperimen terhadap alat hasil desain untuk kebutuhan monitoring alat praktikum

system refrigerasi tabung vortex. Beberapa tahapan dalam penelitian ini antara lain: tahap persiapan penelitian, pembuatan model monitoring, ujicoba alat, dan pengambilan data penelitian.

Tahap persiapan. Pada tahap ini dimulai dengan menentukan komponen apa saja yang diperlukan mulai dari merancang sensor apa saja yang akan digunakan dan mikrokontroler yang dibuat, pada tahap inilah pemilihan komponen ditentukan serta tidak lupa menentukan pemrograman dan menentukan tampilan atau interface. Selain itu alat dan bahan disiapkan untuk proses pembuatan model monitoring. Alat yang dimaksud disini selain alat untuk melakukan proses pembuatan juga alat yang akan digunakan untuk model alat teknik refrigerasi tabung vorteks yang akan digunakan yaitu kompresor, alat ukur tekanan, alat ukur temperatur dan kecepatan udara. Bahan adalah bahan bahan yang akan digunakan dalam proses pembuatan alat monitoring.

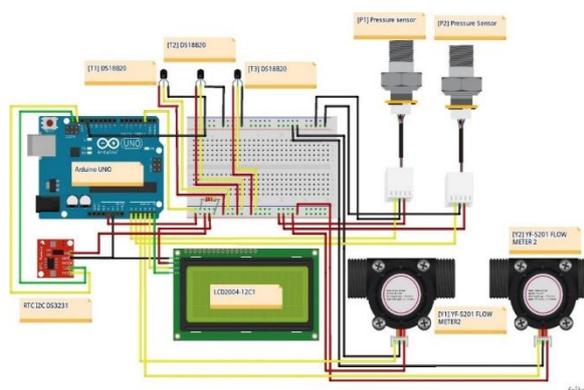
Pembuatan Model Monitoring.

Tahap ini adalah tahap dimana model alat yang akan dibuat dilakukan proses pembuatan dan perakitannya, pemrograman pada interface dan mikrokontoller sesuai dengan desain yang telah dibuat.

Uji Coba Model Alat Monitoring.

Pada tahap ini akan dilakukan uji fungsi, dilihat fungsi dari alat untuk menghasilkan udara bertemperatur rendah apakah berhasil atau tidak. Pengukuran temperatur akan dilakukan pada ujung udara keluaran dari tabung vorteks untuk melihat udara keluarannya. Selain itu juga akan di cek fungsi dari alat alat ukur yang digunakan baik pengukur tekanan, temperatur maupun kecepatan udara. Penyetelan juga akan

dilakukan bervariasi pada katup penyetel untuk melihat apakah terjadi perubahan baik tekanan maupun temperatur udara keluar dari system refrigerasi tabung vorteks ini untuk memastikan model alat berjalan sesuai fungsinya. Akan dilihat juga hasil pembacaan monitoring dibandingkan dengan pembacaan yang konvensional (monometer dsb).



Gambar. 2. Rancangan wiring diagram Monitoring sistem

Data hasil Percobaan Model. Setelah dipastikan model alat berfungsi dengan baik maka akan dilakukan pengumpulan data data yang diperlukan yaitu tekanan masuk dan keluar tabung vorteks, temperatur masuk dan keluar tabung vorteks, kecepatan udara keluar dan masuk tabung vorteks, termasuk kecepatan udara, temperatur keluar dan tekanan keluar pada tabung vorteks sisi temperatur tinggi.

HASIL

Hasil Uji Fungsi. Uji fungsi RTC dapat menampilkan waktu sesuai dengan program yang telah di upload berupa tampilan detik, menit, jam hari, tanggal, bulan dan tahun.



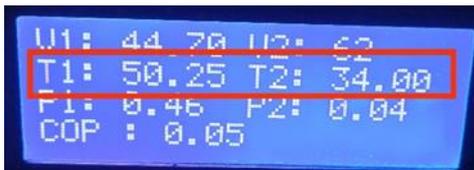
Gambar 3 Hasil uji fungsi RTC

Uji Fungsi Sensor aliran. Uji fungsi sensor aliran meliputi sensor flow meter dan sensor anemometer ditunjukkan dengan hasil V_1 dan V_2 seperti gambar 4.



Gambar 4. Hasil Uji Fungsi Sensor Laju Aliran

Uji Fungsi Sensor Temperatur. Hasil uji fungsi dari sensor temperature berupa penampilan hasil pembacaan temperature dari $T_1 - T_2$ seperti pada gambar 5.



Gambar 5. Hasil Uji Fungsi Sensor temperatur

Hasil Uji Fungsi Sensor Pressure Transmitter. Hasil pembacaan dari sensor tekanan $P_1 - P_2$ seperti ditunjukkan pada gambar

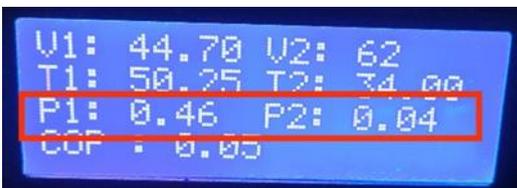


Diagram alir penelitian ditunjukkan Gambar 6. Hasil Uji Fungsi Sensor tekanan.

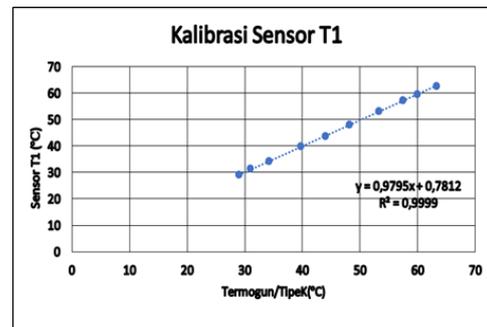
Hasil Uji Fungsi COP. Hasil Uji Fungsi COP seperti ditunjukkan pada gambar



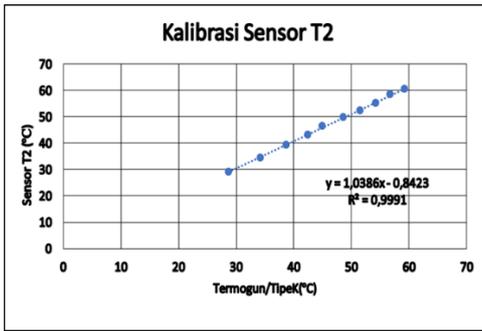
Gambar 7. Hasil Uji Fungsi COP.

Hasil Uji Kalibrasi. Uji kalibrasi dilakukan untuk mendapatkan hasil yang akurat sesuai dengan alat ukur manual. Hasil yang didapat dari setiap sensor, dibandingkan dengan hasil yang didapat pada alat ukur manual seperti Thermokopel, pressure gauge yang menjadi dasar kalibrasi. Tujuan dari kalibrasi untuk melihat garis regresi linier.

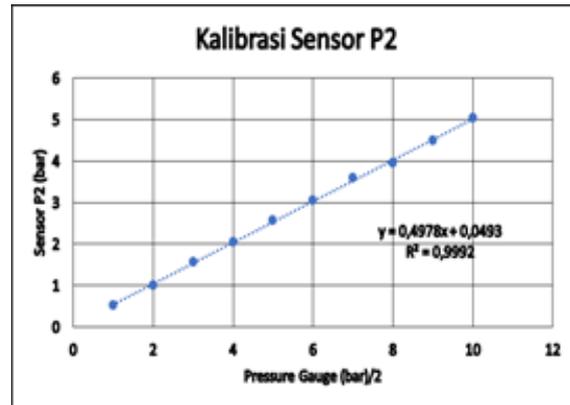
Kalibrasi sensor max6675. Hasil dari kalibrasi sensor max6675 yang dikalibrasi dengan termokopel tipe empat channel



Gambar 8. Hasil kalibrasi T_1

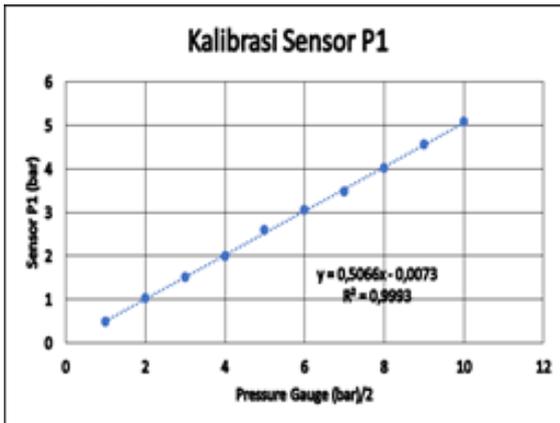


Gambar 9. Hasil kalibrasi T₂



Gambar 11. Hasil Kalibrasi Sensor Tekanan P₂

Kalibrasi sensor Pressure transmitter. Pada tahap ini kalibrasi sensor Pressure transmitter dilakukan perbandingan dengan Pressure Gauge hasil yang didapat pada *thermogun*. Hasil kalibrasi tekanan



Gambar 10. Hasil Kalibrasi Sensor Tekanan P₁

Hasil kalibrasi. Dari kalibrasi yang dilakukan maka dapat dibuat rumus kalibrasi dan dapat menentukan sensor tersebut layak atau tidaknya digunakan dengan melihat koefisien determinasi (R²). Hasil kalibrasi ditunjukkan pada table berikut:

No	Sensor	Hasil Regresi	Rumus Kalibrasi	(R ²)
1.	T ₁	y = 0,9795x + 0,7812	X = (Y - 0,7812) / 0,9795	R ² = 0,9999
2.	T ₂	y = 1,0386x - 0,8423	X = (Y + 0,8423) / 1,0386	R ² = 0,9991
3.	P ₁	y = 0,5066x - 0,0073	X = (Y + 0,0073) / 0,5066	R ² = 0,9993

4	P ₂	y = 0,4978 x + 0,0493	X = (Y - 0,0493) / 0,9956	R ² = 0,9992	Waktu (Menit)	HASIL PENGUJIAN 2 BAR							
						V ₁ [m ³ /s]	V ₂ [m ³ /s]	T ₁ [c]	T ₂ [c]	P ₁ [Bar]	P ₂ [Bar]	COP	
Hasil Pengujian. Data hasil pengujian adalah sebagai berikut: Tabel 1. Hasil pengukuran 1 bar						5	51	42	34.50	29.50	2.55	0.14	0.16
						10	51	42	35.50	29.25	2.65	0.14	0.17
						15	51	43	35.25	28.75	2.69	0.10	0.18
						20	50	42	34.25	28.25	2.75	0.14	0.18
						25	50	43	35.25	29.00	2.93	0.15	0.16

Waktu (Menit)	HASIL PENGUJIAN 1 BAR							P ₃ [Bar]	COP
	V ₁ [m ³ /s]	V ₂ [m ³ /s]	T ₁ [C]	T ₂ [C]	P ₁ [Bar]	P ₂ [Bar]	P ₃ [Bar]		
5	21	16	34.00	32.75	2.99	0.10	0.13	51	0.18
10	22	16	34.75	32.00	3.23	0.10	0.14	52	0.16
15	21	16	34.50	32.00	3.47	0.10	0.14	56	0.16
20	20	15	34.50	32.25	3.71	0.10	0.14	52	0.16
25	22	16	34.75	32.00	3.95	0.09	0.14	52	0.16
30	21	16	34.00	31.75	3.71	0.10	0.14	53	0.18
35	22	16	34.75	31.75	3.23	0.10	0.14	52	0.18
40	20	16	34.50	31.50	3.47	0.10	0.15	52	0.18
45	21	16	34.50	31.25	3.71	0.10	0.15	52	0.18
50	21	16	34.75	31.50	3.95	0.10	0.15	52	0.18
55	22	16	34.75	31.00	3.23	0.10	0.15	52	0.18
60	20	16	34.50	30.75	3.47	0.10	0.15	52	0.18
65	21	16	34.50	30.50	3.71	0.10	0.15	52	0.18
70	21	16	34.75	30.25	3.95	0.10	0.15	52	0.18

Tabel 3. Hasil pengukuran 3 bar

Waktu (Menit)	HASIL PENGUKURAN 3 BAR							V ₁ [m ³ /s]	V ₂ [m ³ /s]	T ₁ [c]	T ₂ [c]	P ₁ [Bar]	P ₂ [Bar]	COP
	V ₁ [m ³ /s]	V ₂ [m ³ /s]	T ₁ [c]	T ₂ [c]	P ₁ [Bar]	P ₂ [Bar]	COP							
10	75	65	35.75	27.00	2.45	0.28	0.26							
15	72	61	35.25	27.25	2.34	0.28	0.26							

Tabel 2. Hasil pengukuran 2 bar

20	72	61	34.75	27.25	2.24	0.27	0.27	0.27
25	73	63	34.75	26.90	2.14	0.30	0.27	0.27
30	73	63	34.50	26.75	2.07	0.28	0.27	0.27
35	73	63	34.00	26.50	2.07	0.27	0.28	0.28
40	71	61	34.50	26.25	1.97	0.27	0.28	0.28
45	71	61	34.50	25.90	1.93	0.28	0.29	0.29
50	71	61	34.50	25.75	1.93	0.28	0.30	0.30
55	72	62	34.25	25.50	1.87	0.28	0.30	0.30
60	79	61	34.50	25.25	1.83	0.28	0.30	0.30
65	73	62	34.50	25.25	1.76	0.28	0.30	0.30
70	72	62	34.75	25.00	1.80	0.28	0.30	0.30

hasilkan semakin dingin hal tersebut dikarenakan tabung vorteks mamampatkan udara.

SIMPULAN

Penelitian dengan judul *Rancang Bangun Model Alat Monitoring Pada Refrigerasi Tabung Vorteks* ini menghasilkan suatu model alat praktikum yang dapat digunakan untuk praktikum system pendingin. Dari percobaan dan pembahasan sebelumnya dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Berdasarkan hasil pengujian sistem secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa Model Alat monitoring pada Refrigerasi Tabung Vorteks telah berhasil dibuat dan dapat bekerja dengan baik.

PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian dengan judul Rancang Bangun Model Alat Monitoring Pada Refrigerasi Tabung Vorteks dan percobaan serta pengujian data yang dilakukan, maka model alat monitoring ini dapat digunakan untuk melakukan beberapa praktikum system pendingin.

Dari hasil pengukuran yang dilakukan terhadap laju aliran udara yang melalui tabung vorteks dan yang masuk kedalam box, terjadi beda laju aliran yang masuk dan saluran yang keluar, hal ini dikarenakan adanya udara panas yang dikeluarkan. Pembacaan temperatur udara yang masuk kedalam tabung vorteks dan temperatur udara yang masuk kedalam box akan berbeda dikarenakan udara vorteks yang terjadi didalam tabung vorteks. Tekanan yang terjadi juga berpengaruh, semakin tinggi tekanan maka udara dingin yang

- Model Alat monitoring pada Refrigerasi Tabung Vorteks ini dapat memonitor secara langsung seperti; Laju aliran, Temperatur, Tekanan Udara serta COP, semua data itu terekam dan tersimpan di SD Card.

- Semakin tinggi tekanan maka udara dingin yang dihasilkan semakin dingin hal tersebut dikarenakan tabung vorteks mamampatkan udara.

- Nilai COP paling tinggi adalah 0,31 terjadi pada setelan standar 3 bar dengan v_1 dan v_2 (72 dan 61 m^3/s), P_1 dan P_2 (1,8 dan 0,28 bar).

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada pimpinan Politeknik Negeri Pontianak dan Struktural Jurusan Teknik Mesin yang telah membantu dalam pendanaan dan proses penelitian yang dilakukan hingga penulisan

dalam Jurnal Vokasi ini. Tak lupa juga ucapan terima kasih kepada rekan sejawat dan mahasiswa Jurusan Teknik Mesin serta pengurus Jurnal Vokasi yang telah membantu dalam proses penulisan hingga diterbitkan penulisan ini

DAFTAR PUSTAKA

1. Suwono “Sistem Pendingin Tabung Vorteks” Jurnal Mesin, ITB, 2017
2. Eiamsa-ard, S., & Promvong, P., "Review of Ranque-Hilsch Effects In Vortex Tubes". Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 12, Issue 7, Pages 1822-1842, 2008
3. Fauzia, A. (2008). Sejarah Tabung Vortex. 4–10.
4. Fraenkel, J. R., & Wallen, N. E. “How To Design And Evaluate Research In Education”, Encyclopedia of Database Systems, 7th ed., 2007
5. Gao, C. M., Bosschaart, K. J., Zeegers, J. C. H., & De Waele, “Experimental Study On A Simple Ranque-Hilsch Vortex Tube”, Cryogenics , Volume 45, Issue 3, 2005
6. Hartono, B., Sugati, D., & Abdulkadir, M., “Rancang Bangun Ranque Hilsch Vortex Tube (Rvht)”, Cendekia Mekanika, 2020.
7. Putra, R. A.. “Perancangan Tabung Vortex Sebagai Sistem Pendinginan Udara Pada Ruang Akomodasi Kapal Penumpang”, Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan ITS, 2018
8. Sarifudin, A., Wijayanto, D. S., & Widiastuti, I. (2019). Parameters optimization of tube type, pressure, and mass fraction on vortex tube performance using the Taguchi method. International Journal of Heat and Technology, 37(2),597-604
<https://doi.org/10.18280/ijht.370230>
9. U.S.Gupta, A. Chaturvedi, N. Patel, N.K. Pandey, “A review on vortex tube refrigeration and Applications” International Journal of Advance Research And Science Engineering Vol. 6 No.9 ,2017