

DESAIN PROTOTIPE MESIN *RECOVERY* DAN *RECYCLE* PORTABLE (JINJING) SEBAGAI PERALATAN PERBAIKAN PADA MESIN PENDINGIN DENGAN REFRIGERAN R22

* Billy Andang Baruna¹, Berkah Fajar T.K.²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: billybaruna@gmail.com

Abstrak

Salah satu isu lingkungan pada abad ini yang sedang menjadi perhatian dunia ialah *global warming* dan perusakan lapisan ozon. Penyebab rusaknya atau menipisnya lapisan ozon yaitu oleh Bahan Perusak Ozon (BPO) yang diemisikan dari berbagai kegiatan, baik dalam menggunakan atau memproduksi barang mengandung BPO. Contoh dari BPO yaitu zat sintetik buatan manusia, zat-zat sintetik yang cukup tinggi pengaruhnya terhadap pencemaran lingkungan, yaitu refrigeran (zat pendingin). Refrigeran R22 merupakan refrigeran yang memiliki nilai Ozone Depletion Potential (ODP) 0,06 dan Global Warming Potential (GWP) 1700. Nilai ODP dan GWP tersebut cukup tinggi dan berpengaruh terhadap perusakan lingkungan. Untuk itu dirancanglah sebuah mesin *recovery* dan *recycle* refrigeran R22. Tujuan penelitian ini adalah mendesain mesin *recovery recycle* (2R) serta menghitung dan menentukan komponen-komponen prototipe mesin *recovery* dan *recycle* yang mudah dibawa dan digunakan. Proses desain mesin 2R ini menggunakan pedoman VDI 2221 dan VDI 2225. Mengidentifikasi masalah, membuat daftar kebutuhan (*requirement list*), membuat prinsip kerja, membangun struktur kerja, tabel morfologi, evaluasi teknis dan ekonomi, serta sketsa dari mesin 2R, merupakan tahap-tahap dari proses desain mesin 2R. Desain mesin 2R ditujukan pada mesin pendingin Air-Conditioner siklus kompresi uap dan jenis refrigeran yang digunakan adalah R22. Mesin *recovery recycle* yang ada saat ini hanya untuk Refrigeran R12 dan R134. Maka dari itu dirancang mesin 2R untuk refrigeran R22 yang memiliki bobot dan ukuran jauh lebih kecil dari mesin 2R yang ada yaitu dengan target bobot 20 kg dan volume 0,036 m³. Dari hasil perhitungan dan pemilihan alat, dihasilkan mesin 2R dengan spesifikasi berat 20 kg, panjang 40 cm, lebar 30 cm, tinggi 30 cm, kompresor hermetik 0,25 HP (186,5 Watt) 1 buah, kondensator 2050 btu/jam 1 buah, 1 Buah pemisah oli ½ Inchi merk EMERSON, pipa tembaga ¼ inci, filter dryer 2 buah merk EMERSON dan pengukur tekanan 2 buah. Dengan pemanfaatan daur ulang R22 yang tadinya terbuang ke atmosfer dan berpotensi merusak lapisan ozon dapat terpakai kembali. Hal ini mendukung komitmen dunia untuk mengurangi dan menghentikan penggunaan bahan perusak ozon (BPO) baik untuk kepentingan rumah tangga ataupun industri dalam jangka panjang.

Kata kunci: Bahan Perusak Ozon, GWP, ODP, VDI 2221

Abstract

One of the environmental issues in this century that becomes the world's concern is global warming and the destruction of the ozone layer. The cause of the damage or depletion of the ozone layer is by the emitted Bahan Perusak Ozon (BPO) from a variety of activities, either in using or producing goods that contain BPO. An example of BPO that is made by human is synthetic substances, the synthetic substances that have a quite high effect in polluting the environment is the refrigerant. Refrigerant R22 is a refrigerant that has Ozone Depletion Potential (ODP) value of 0.06 and Global Warming Potential (GWP) value of 1700. The value of the ODP and GWP is quite high and affects the environmental destruction. Therefore, it is designed a recovery and recycling machine of refrigerant R22. The purpose of this study is to design a recovery/recycle machine (2R) and calculate and determine the components of the recovery and recycling prototype machine that are easy to be carried and to be used. The design process of 2R machine uses VDI 2221 and VDI 2225 guidelines. Identify the problem, make a list of needs (requirements list), make the working principle, build working structures, make morphology tables, make technical and economic evaluation, as well as make sketches of 2R machine, are the steps of 2R machine design process. 2R machine design is aimed at cooling machine Air-Conditioner vapor compression cycle and the type of refrigerant used is R22. The current existing recovery/recycle machine is only for refrigerant R12 and R134. Therefore, 2R machine is designed for refrigerant R22 which has much smaller weight and size than 2R existing machine with a weight target of 20 kg and a volume of 0,036 m³. From the calculation result and tools selection, it is generated 2R

machine with specifications of 20 kg of weight, length of 40 cm, width of 30 cm, height of 30 cm, hermetic compressor of 0.25 HP (186.5 Watts) 1 piece, condenser of 2050 btu/hr 1 piece, a piece of 1 1/2 inch oil separator brand EMERSON, 1/4 inch copper pipe, 2 pieces of filter dryer brand EMERSON and 2 pieces of pressure gauge. With the use of recycled R22 that was wasted to the atmosphere and potentially damage the ozone layer, now it can be reused. This supports the world's commitment to reduce and stop the use of bahan perusak ozon (BPO) for both household and industrial needs in the long run.

Keywords: *Ozone Depleting Substances, ODP, GWP, VDI 2221*

1. Pendahuluan

Teknologi mesin pendingin saat ini sangat mempengaruhi kehidupan dunia modern, tidak hanya terbatas untuk peningkatan kualitas dan kenyamanan hidup, namun juga sudah menyentuh hal-hal esensial penunjang kehidupan manusia (Arora, 2001). Teknologi mesin pendingin diaplikasikan pada berbagai macam sektor seperti penyimpanan dan distribusi makanan, proses kimia yang memerlukan pendinginan, pengkondisian udara untuk kenyamanan ruangan baik pada industri, perkantoran, transportasi maupun rumah tangga. Saat ini teknologi mesin pendingin, yang paling banyak digunakan adalah dari jenis siklus kompresi uap (Haryanto, 2004). Mesin jenis ini kebanyakan menggunakan jenis refrigeran CFC dan HCFC.

Salah satu ancaman yang diketahui mengganggu keseimbangan ozon adalah *hydrofluorochlorocarbon* (HCFC). Refrigeran HCFC merupakan senyawa kimia buatan yang digunakan untuk sistem pendingin atau sering kita sebut refrigerant (zat pendingin). Ada banyak jenis refrigerant yang digunakan untuk sistem pendingin salah satunya ialah refrigerant HCFC (*Hydro-Chloro-Fluoro-Carbon*) contoh refrigerant ini adalah R22 (HCFC-22). Zat kimia perusak lapisan ozon ini sangat stabil, sehingga bisa mencapai stratosfer secara utuh. Lapisan ozon yang terdapat di daerah *stratosphere* berfungsi untuk menghalangi masuknya sinar ultraviolet-B ke permukaan bumi (Calm, 2002). Ketika berada di stratosfer, zat kimia ini diubah oleh radiasi ultraviolet dari sinar matahari dan mengeluarkan atom-atom klorin perusak ozon. Selain dapat merusak ozon HCFC juga berkontribusi terhadap perubahan iklim global, karena senyawa-senyawa tersebut memiliki potensi pemanasan global (*GWP-Global Warming Potential*) yang tinggi. HCFC juga menjadi salah satu penyumbang utama dalam gas efek rumah kaca. Gas efek rumah kaca disebabkan oleh naiknya konsentrasi gas karbondioksida (CO₂) dan gas-gas lainnya di atmosfer. Oleh sebab itu kesadaran akan pentingnya menjaga lapisan ozon harus dilakukan. Kita diharapkan berperan aktif dalam pencegahan terlepasnya R22 ke atmosfer selain itu kita juga harus menghentikan penggunaan bahan pendingin perusak ozon tersebut. Apabila penggunaan R22 itu dihentikan maka ketersediaan dari R22 itu akan semakin langka bahkan hilang dari pasaran, maka dari itu salah satu solusinya ialah mendaur ulang R22. Mengganti refrigeran yang baru memang bukan cara yang salah akan tetapi yang menjadi permasalahan adalah membuang refrigerant ke udara bebas. Dilihat dari segi ekonomi mengganti refrigerant yang baru juga salah satu sikap pemborosan.

Dewasa ini perkembangan teknologi daur ulang berkembang begitu pesat, maka dari itu kita diharapkan mampu menciptakan suatu teknologi untuk mendaur ulang refrigeran R22. Dengan adanya teknologi daur ulang ini R22 yang tadinya berpotensi merusak lapisan ozon dapat dimanfaatkan kembali. Untuk menghindari terlepasnya refrigeran ke lapisan atmosfer maka dibuat suatu mesin yang berfungsi menghisap refrigeran (*recovery*), dan mendaur ulang refrigerant (*recycling*). Mesin *recovery*, *recycle* disebut juga mesin 2R, Mesin 2R ini dipergunakan pada mesin pendingin siklus kompresi uap. Mesin ini mendaur ulang refrigeran dengan cara memisahkannya dari pelumas serta menyaring kotoran padat yang terdapat dalam refrigeran tersebut.

Tujuan penelitian ini adalah mendesain prototipe mesin *recovery* dan *recycle* (2R) serta menghitung dan menentukan komponen-komponen prototipe mesin *recovery* dan *recycle* yang mudah dibawa dan digunakan.

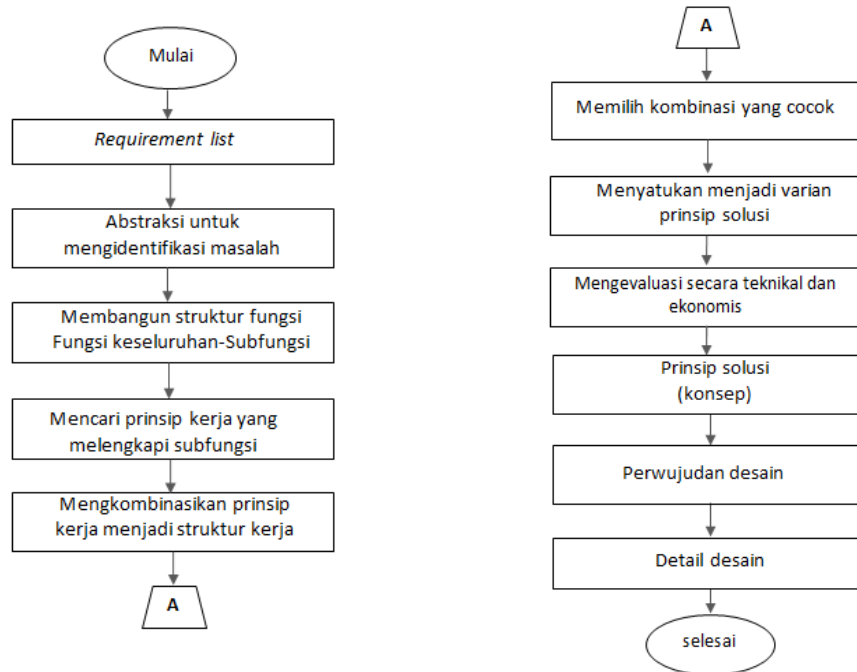
2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dipergunakan adalah metode merancang berdasarkan pedoman VDI 2221 dan VDI 2222 yaitu pedoman pendekatan sistematis untuk pengembangan dan desain sistem teknis dan produk. Dan juga pendekatan analisis fungsional dan struktural. Analisis fungsional yaitu analisis yang menyangkut segi fungsi dan kegunaan dari setiap elemen penyusun mesin tersebut terhadap produk yang akan diproses. Analisis struktural yaitu analisis yang menyangkut bahan dasar, kekuatan bahan, dan konstruksi.

2.2 Diagram alir Penelitian

Untuk memudahkan dalam proses desain ini maka dibuatlah diagram alir penelitian, Diagram alir proses desain mesin *Recovery Recycle* (2R) untuk refrigeran R22 ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian desain mesin *recovery recycle* (2R)

2.3 Proses desain mesin *recovery recycle*

2.3.1 Requirement list

Dari kebutuhan pasar (*market need*) atau ide dapat disusun daftar kebutuhan yang mendukung serta hambatan yang mungkin terjadi pada proses desain mesin 2R. Tabel 1 merupakan *Requirement list* mesin *recovery recycle*.

Tabel 1. *Requirement list* mesin 2R

Universitas Diponegoro		<i>Requirement list</i> Mesin <i>Recovery</i> dan <i>Recycle</i>	halaman 1
	D W	<i>Requirement</i>	Responsible
	D	Waktu untuk memindahkan refrigeran dari sistem (<i>recovery</i>) 10 menit	
	D	Tekanan maximum keluar mesin 2R 236.1 psi	
	D	- <u>Geometri</u>	
	D	Panjang = 40 cm	
	D	Lebar = 30 cm	
	D	Tinggi = 30 cm	
	D	Berat = 20-25 kg	
	D	- <u>Energi</u>	
	D	Energi listrik	
	D	- <u>Material</u>	
	W	Tahan terhadap korosi	
	W	Mampu menahan beban dan mampu mempertahankan bentuk	
	W	- <u>Pengoperasian dan perawatan</u>	
	W	Instalasi oleh non-spesialis atau spesialis	
	W	Simple dan mudah pengoperasiannya	
	W	Koneksi yang mudah antar sistem	
	W	Komponen mesin 2R mudah didapatkan	

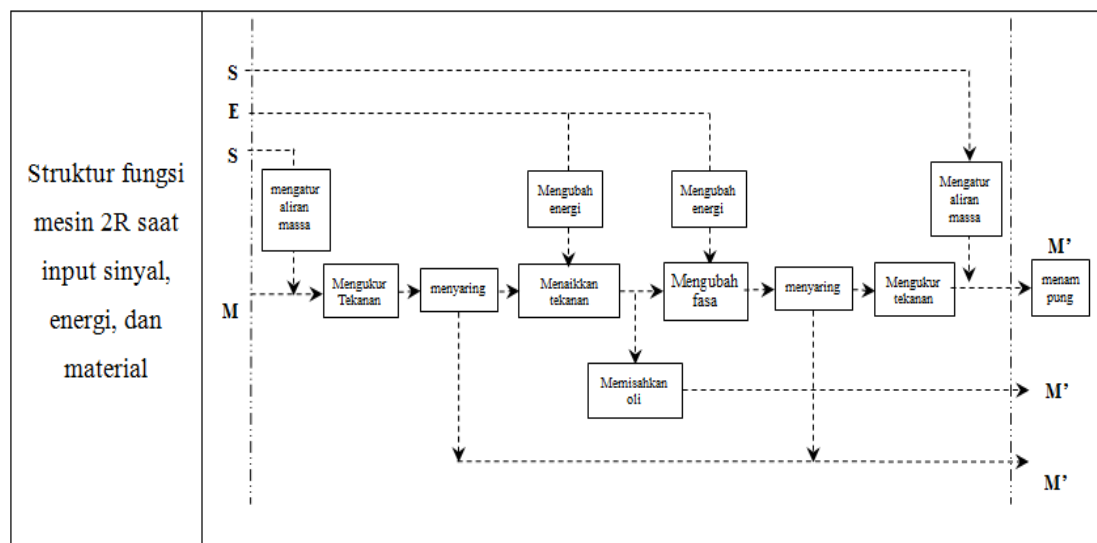
W	Mudah dalam perawatan
	- Safety dan ergonomi
D	Keamanan operator dan keamanan lingkungan
D	Indikator tekanan sistem untuk keamanan
D	Mudah dioperasikan dan mudah di bawa
W	Tidak berisik, sedikit getaran, tidak mudah kotor
W	Memiliki bentuk rancang yang bagus (<i>good looking</i>)
	- Perakitan (<i>assembly</i>)
W	Proses perakitan tidak membutuhkan alat-alat khusus
	- Biaya
W	Biaya pembuatan \leq Rp 4.000.000,

D = Demand (harus ada karena menyangkut performa mesin 2R)

W = Wish (tidak wajib karena tidak berpengaruh pada performa mesin 2R)

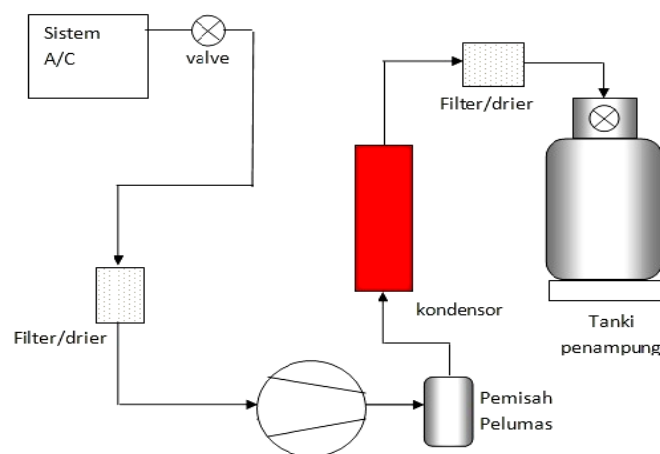
2.3.2 Establish fuction structure mesin Recovery Recycle

Setelah menentukan *requirement list* proses selanjutnya yaitu membuat struktur fungsi mesin 2R. Struktur fungsi mesin 2R ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Struktur fungsi mesin 2R

2.3.3 Prinsip kerja dari mesin recovery recycle mesin 2R laluan tunggal



Gambar 3. Skema mesin recovery recycle

Gambar 3 menunjukkan skema dari mesin 2R laluan tunggal, refrigeran R22 dari sistem AC dipindahkan (*recovery*) oleh kompresor melalui *valve* atau katup kemudian mengalir masuk ke *filter dryer*, didalam *filter dryer* ini


kotoran padat dan uap air yang mengalir bersama refrigeran dipisahkan. Kemudian R22 masuk kedalam kompresor untuk dinaikkan tekanannya menuju ke *oil separator* atau pemisah oli, didalam pemisah oli ini refrigeran dengan minyak pelumas akan dipisahkan untuk mendapatkan refrigeran yang murni, dari pemisah oli R22 menuju ke kondensor, didalam kondensor ini terjadi proses kondensasi atau pembuangan panas ke lingkungan dimaksudkan untuk menurunkan temperatur R22 yang akan masuk ke tabung penampungan, kemudian dilakukan penyaringan kembali oleh *filter dryer* selanjutnya refrigeran hasil recovery ditampung pada tabung penampungan sementara.

2.3.4 Membangun struktur kerja mesin 2R

Untuk membangun struktur kerja mesin 2R kita harus menentukan beberapa macam prinsip solusi (*principal solution*) yang mungkin untuk diterapkan, kemudian kita kombinasikan untuk mendapatkan struktur kerja dari mesin 2R. Tabel 2 adalah tabel *flowchart* (Tabel morfologi) mesin *Recovery dan Recycle*.

Tabel 2. Tabel morfologi mesin 2R

No	Subfungsi	Principal solution			
		1	2	3	4
1	Mengatur aliran refrigerant dari sistem AC	Gate valve	Ball valve	Butterfly valve	Globe valve
2	Mengukur tekanan yang masuk kedalam mesin 2R	Pressure gauge			
3	Media untuk menyalurkan refrigeran	Pipa tembaga (cooper tube)	Pipa baja (steel tube)		
4	Menyaring kotoran dan uap air yg terbawa bersama refrigeran	Cyclone separator	Gravitational separator	Filter dryer	
5	Menaikkan tekanan refrigeran	Kompresor scroll	Recyprocating kompresor	Kompresor centrifugal	Kompresor screw
	Menyalurkan dan memutus aliran listrik	Manual switch	Magnetic switch	automatic	
5	Mengkonversi energi listrik menjadi energi mekanik	Motor 1 fasa	Motor 3 fasa		
	Menghantarkan arus listrik	Kabel listrik			
6	Media untuk menyalurkan refrigeran	Pipa tembaga (cooper tube)	Pipa baja (steel tube)		
7	Memisahkan minyak pelumas dengan refrigeran R22	Cyclone separator	Gravitation separator		
8	Media untuk menyalurkan refrigeran	Pipa tembaga (cooper tube)	Pipa baja (steel tube)		
9	Mengkondensasi refrigeran dari bentuk gas menjadi liquid	Sheel and tube condenser	Kondensor berpendingin air	Kondensor berpendingin udara	evaporative
	Mengkonversi energi listrik menjadi energi mekanik (kipas)	Motor 1 fasa	Motor 3 fasa		
9	Menghantarkan arus listrik	Kabel listrik			
	Menurunkan kadar atau menyaring kotoran dan uap air yg terbawa bersama refrigeran	Cyclone separator	Gravitational separator	Filter dryer	
11	Mengukur tekanan yang keluar dari mesin 2R(masuk kedalam tabung penampungan)	Pressure gauge			
12	Menampung refrigeran hasil recycle	Tabung refrigeran			

-  = Solusi 1
-  = Solusi 2
-  = Solusi 3
-  = Solusi 4

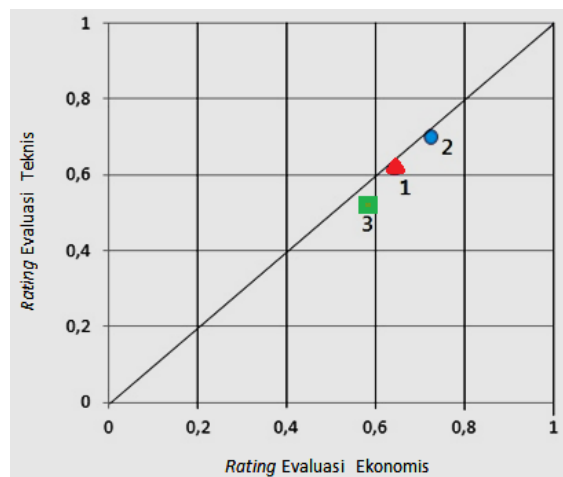
Tabel morfologi mesin 2R merupakan tabel yang digunakan untuk menentukan prinsip solusi dari beberapa subfungsi yang telah diketahui pada proses penentuan komponen mesin 2R yang paling sesuai. Dari beberapa solusi yang mungkin bisa diterapkan dalam proses desain mesin 2R selanjutnya akan dilakukan evaluasi ditunjukkan oleh Tabel 3 dan Tabel 4 untuk mendapatkan satu solusi terbaik.

Tabel 3. Tabel evaluasi teknis mesin *recovery recycle*

No	Kriteria evaluasi	Wi	Parameter	Unit	Varian V ₁			Varian V ₂			Varian V ₃		
					Mag m _{it}	Value V _{it}	Weighted value WV _{it}	Mag m _{it}	Value V _{it}	Weighted value WV _{it}	Mag m _{it}	Value V _{it}	Weighted value WV _{it}
1	Memiliki fungsi yang aman (safety)	0.24	Keamanan (safety) yang diharapkan			6	1.44		7	1.68		6	1.44
2	Kemampuan Memindahkan, merecycle serta menampung R22	0.20				7	1.40		8	1.6		6	1.20
3	Tidak membutuhkan banyak ruang	0.07	Tidak ada ruang yang dipakai			7	0.49		7	0.49		4	0.28
4	Konstruksinya kuat dan simple	0.10	Mampu menahan beban dan tidak rumit			6	0.6		7	0.7		5	0.5
5	Few parts	0.05	Tidak ada part/komponen			5	0.25		6	0.30		3	0.15
6	Manufaktur yang simple	0.04	Kemudahan manufaktur			6	0.24		7	0.28		6	0.24
7	Perakitan mudah	0.04	Mudah perakitan			5	0.20		5	0.20		4	0.16
8	Kemudahan dalam pengoperasian	0.08				6	0.48		7	0.56		5	0.40
9	Mudah dibersihkan	0.03				4	0.12		4	0.12		4	0.12
10	Simple maintenance (tidak membutuhkan peralatan khusus)	0.06	Waktu dan biaya maintenance			7	0.42		8	0.48		6	0.36
11	Kemungkinan kesalahan operator kecil	0.09	Kemungkinan operator salah			6	0.54		7	0.63		4	0.36
		$\sum W_i = 1$				Ov ₁ =65 R ₁ =0.59	OWV ₁ =6.18 WR ₁ =0.618		Ov ₂ =73 R ₂ =0.66	OWV ₂ =7.04 WR ₂ =0.70		Ov ₃ =53 R ₃ =0.48	OWV ₃ =5.21 WR ₃ =0.52

Gambar 4. Tabel evaluasi ekonomis mesin *recovery recycle*

No	Kriteria evaluasi	Wi	Parameter	Unit	Varian V ₁			Varian V ₂			Varian V ₃		
					Mag m _{it}	Value V _{it}	Weighted value WV _{it}	Mag m _{it}	Value V _{it}	Weighted value WV _{it}	Mag m _{it}	Value V _{it}	Weighted value WV _{it}
1	Material murah	0.34				7	2.38		8	2.72		6	2.04
2	Biaya perakitan murah	0.23				6	1.38		7	1.61		5	1.15
3	Dapat diproduksi di bengkel sendiri	0.18				5	0.9		5	0.9		5	0.9
4	Biaya perawatan murah	0.25				7	1.75		8	2		7	1.75
5													
6													
7													
8													
		$\sum W_i = 1$				Ov ₁ =25 R ₁ =0.625	OWV ₁ =6.41 WR ₁ =0.641		Ov ₂ =28 R ₂ =0.7	OWV ₂ =7.23 WR ₂ =0.723		Ov ₃ =23 R ₃ =0.575	OWV ₃ =5.84 WR ₃ =0.584



Gambar 4. Grafik perbandingan evaluasi teknis dan ekonomis

Gambar 4 menunjukkan grafik perbandingan *rating* evaluasi teknis dan ekonomis dari 3 solusi yang dipilih, dari ketiga solusi tersebut solusi kedua memiliki nilai paling tinggi, itu menunjukkan solusi kedua memiliki presentase terbaik dari segi ekonomis maupun ekonomis dibandingkan solusi ke 1 dan ke 3 pada proses desain mesin 2R ini. Untuk itu prinsip solusi yang kedua lah yang menjadi pilihannya untuk diterapkan pada proses desain mesin 2R.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Perhitungan dan Pemilihan Alat

3.1.1 Analisa Termodinamik

Analisis Diagram T-S dimulai dari awal sebelum mesin 2R dioperasikan hingga tercapai kondisi yang diinginkan yaitu refrigeran ter-*recovery* di tangki penampungan.

• Tahap sebelum proses

Mesin pendingin 1 HP yang dalam kondisi tidak aktif sebesar 145 Psi (10 bar) dengan suhu lingkungan 30°C pada kondisi uap jenuh

$$\begin{aligned} P_o &= 10 \text{ bar} = 145 \text{ Psi} \\ v_o &= 0,0236 \text{ (m}^3\text{/kg)} \\ h_o &= 257,28 \text{ (kJ/kg)} \\ s_o &= 0,8952 \text{ (kJ/kg.K)} \end{aligned}$$

• Tahap 1

Pada tahap ini refrigeran dari system akan mengalir dan berpindah sebagian ke mesin 2R dan tabung penampung pada fasa uap jenuh dengan data-data sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_1 &= -10 \text{ psi} \\ v_1 &= 0,61554 \text{ (m}^3\text{/kg)} \\ s_1 &= 1.8850 \text{ kJ/kg . K} \\ h_1 &= 377.36 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

• Tahap 2

Daya kompresor sebesar 186,5 Watt. Maka terjadi kondisi kompresi mengakibatkan berubahnya kondisi tekanan, entalpi dan suhu refrigeran R22.

$$\begin{aligned} s_{2s} = s_1 &= 1,0512 \text{ kJ/kg . K} \\ h_2 &= 323.65 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

$$m_{ref} = \frac{W_{act}}{h_{2s} - h_1} \quad (1)$$

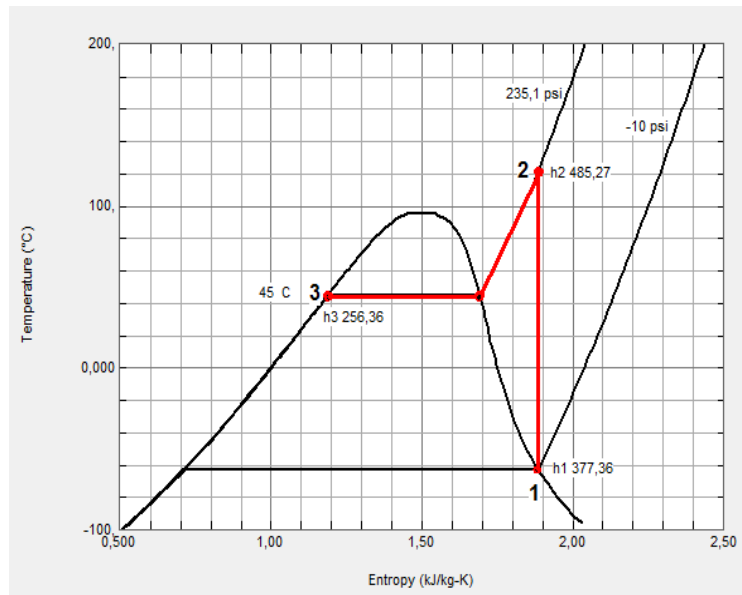
$$h_2 = \frac{W_{komp}}{m_{ref}} + h_1 \quad (2)$$

• Tahap 3

Setelah Kondensor yaitu pada kondisi refrigeran R22 cairan jenuh pada :

$$\begin{aligned} P_3 &= 236.1 \text{ Psi} \\ h_3 &= 256.36 \text{ kJ/kg} \\ T_3 &= 45 \text{ }^\circ\text{C} \\ s_3 &= 1.1872 \text{ kJ/kg . K} \end{aligned}$$

Dari data entropi, entalpi, Temperatur, Tekanan diatas bisa dibuat grafik hubungan Temperatur dan Entropi (Diagram T-s). Diagram T-s ini digunakan untuk mengetahui grafik ideal dari mesin 2R. Gambar 5 merupakan gambar grafik hubungan temperatur dengan entropi (Diagram T-s) mesin *recovery dan recycle*. Garis 1-2 adalah proses kompresi isentropis. Sedangkan proses 2-3 adalah proses kondensasi isobarik pada tekanan konstan, pada proses ini terjadi pembuangan panas ke lingkungan. Proses 3 adalah proses penampungan refrigean ke tabung penampung pada proses ini terjadi penurunan temperatur.



Gambar 5. Diagram T-s mesin *recovery recycle*

3.1.2 Menentukan daya kompresor

$$t = 10 \text{ menit} = 600 \text{ s}$$

$$m = 500 \text{ gram} = 0,5 \text{ kg}$$

$$m_{\text{ref}} = \frac{m}{t} \tag{3}$$

$$W_{\text{komp}} = m_{\text{ref}} (h_{2s} - h_1) \tag{4}$$

Dengan menentukan efisiensi kompresor besarnya daya yang dibutuhkan untuk mengoperasikan sistem mesin 2R adalah :

$$\eta_{\text{komp}} = 0,85$$

Dengan meningkatnya daya kompresor maka otomatis laju aliran massa refrigeran akan meningkat sebagai berikut :

$$W_{\text{komp}} = W_{\text{act}} \cdot \eta_{\text{komp}} \tag{5}$$

$$= 158,525 \text{ Watt}$$

$$m_{\text{ref}} = \frac{W_{\text{act}}}{h_{2s} - h_1} \tag{6}$$

$$h_2 = \frac{W_{\text{komp}}}{m_{\text{ref}}} + h_1 \tag{7}$$

Merk	: Tecumseh
Daya	: 186,5 Watt (0,25 HP)
Model/Type	: AE-162KS706
Refrigeran	: R-22

3.1.3 Kondensor

$$Q_{\text{kond}} = m_{\text{ref}} (h_2 - h_3) \tag{8}$$

-Merk	: Air Cooled Condensers FN2
Pabrik	: Hangzhou Gulun Refrigeration
Equipment	
Luas Penampang	: 2 m ²
P x l x t (mm)	: 320 x 100 x 230
Diameter coil	: 200 mm
Inlet	: 10 mm
Outlet	: 10 mm

3.1.4 Sistem Pemipaan

Pemilihan pipa disesuaikan dengan ukuran pipa kompresor

d _{in}	= 0,25 in = 0,635 cm
d _{out}	= 0,285 in = 0,7239 cm
ketebalan	= 0,035 in = 0,0889 cm
Sumber	: ASHRAE Handbook, 2006

3.1.5 Filter Dyer

Untuk *filter dyer*, menyesuaikan dengan kapasitas dari kompresor, ukuran pipa dan kondensor, yaitu :

Merek	: Emerson
Tipe	: EK-052
Maks Press	: 680 Psig
Ukuran pipa	: ¼ in = 0,635 cm
Jenis refrigeran	: R22, R404a, R134a.

3.1.6 Pemisah Oli (*Oil Separator*)

Setling velocity

$$V_p = 1/18 dp^2 \left[\frac{\rho_{oli} - \rho_{ref}}{\eta_{ref}} \right] g \quad (9)$$

$$m_{ref} = \rho_{ref} V_{ref} A \quad (10)$$

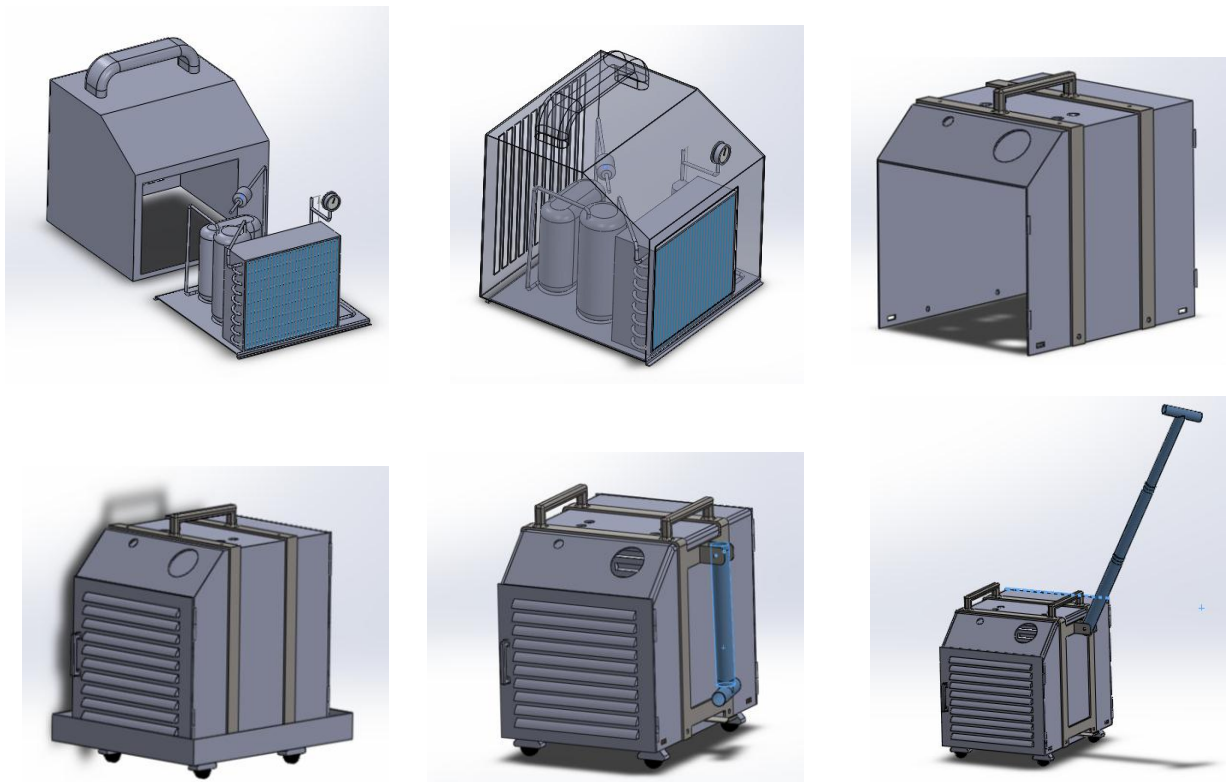
$$A_{t.min} = \frac{m_{ref}}{\rho_{ref} \times V_{ref}} \quad (11)$$

$$d_{min} = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad (12)$$

Merk	: EMERSON
Tipe	: A-W 569011
Diameter	: 6 inchi (15 cm)
Diameter konektor	: 1-3/8 inchi
Jenis refrigeran	: R12, R22, R134a, R404a, R407c

3.2 Perwujudan Desain (*Embodiment design*)

Setelah melakukan perhitungan dan menentukan komponen dari mesin 2R. Tahap selanjutnya ialah tahap perwujudan desain atau pembuatan layout dan gambar dari mesin *recovery dan recycle*. Gambar dari mesin 2R ditunjukkan oleh Gambar 6.



Gambar 6. Gambar desain mesin *Recovery dan Recycle*

3.3 Prosedur Penggunaan Mesin *Recovery* dan *Recycle*

Untuk membantu operator dalam menggunakan mesin *Recovery* dan *Recycle* ini, maka disusunlah prosedur dan tata cara penggunaan mesin 2R yang benar dan aman. Berikut prosedur yang harus dilakukan yaitu :

- a. Siapkan mesin *recovery* dan *recycle*
- b. Pastikan mesin AC dalam kondisi mati (Off)
- c. Siapkan *manifold gauge* dan tabung refrigeran yang kosong
- d. Lakukan instalasi *manifold gauge* ke mesin 2R dan unit mesin pendingin. Katup hisap pada mesin AC dihubungkan dengan katup masuk mesin 2R. Katup keluar mesin 2R dihubungkan dengan tabung penampung kosong
- e. Lakukan pembilasan pada selang (*flusing*) penghubung agar tidak ada udara dan kotoran yang terhisap dan masuk ketabung penampung
- f. Buka katup hisap pada AC, katup keluar mesin 2R dan tabung penampung. Sedangkan katup masuk mesin 2R biarkan tertutup
- g. Hidupkan mesin 2R dengan menekan tombol on
- h. Buka perlahan hingga penuh katup masuk pada mesin 2R
- i. Setelah 10 menit, apabila tekanan *pressure gauge* pada sisi sebelum kompresor mencapai -15 in-hg, tutup semua katup lalu matikan mesin 2R dengan menekan saklar keposisi Off dan putus sambungan listrik pada mesin 2R
- j. Apabila tekanan pada *pressure gauge* pada sisi sebelum kompresor (low) belum mencapai -15 in-Hg, tunggu hingga tekanan tersebut tercapai atau sudah mendekati angka tersebut kemudian tutup semua katup dan matikan unit mesin 2R
- k. Semua katup biarkan pada posisi tertutup, lalu lepas sambungan selang antara mesin 2R dengan mesin AC dan tabung penampung
- l. Proses *recovery* dan *recycle* selesai
- m. Lakukan prosedur ini pada setiap pengerjaan *recovery* dan *recycle* yang dilakukan

4. Kesimpulan

Penarikan kesimpulan berdasarkan analisa terhadap pemodelan, simulasi, realisasi prototipe alat yang dibuat dan tingkat kemurnian refrigeran hasil *recovery* dan *recycle*. Mesin *recovery* dan *recycle* (2R) hasil penelitian memiliki spesifikasi sebagai berikut: Berat 20 kg Dimensi (P x L x T) 40x30x30 (cm), Temperatur Kerja 10 – 40 °C, Daya 221.5 Watt, 220 Volt – 50 Hz Jenis Refrigeran HCFC-R22, 1 Buah Kompresor 186,5 Watt (0,25 HP) merk Tecumseh, 1 Buah pemisah oli ½ Inchi merk EMERSON, 1 Buah Kondensor 2050 btu/h seri FN2, 1 Set Fan dan Motor Kondensor 35 Watt 1300 rpm Merek EBM, Ukuran Pipa ¼ Inchi, 2 Buah Filter Dyer ¼ Inchi merk EMERSON, 2 Buah Katup Keluar Masuk, 2 Buah *pressure gauge*. Rangka terbuat dari besi baja dan cover terbuat dari komposit.

5. Daftar Pustaka

- [1] ASHRAE, 1994, "Handbook Refrigeration System and Application," American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, GA.
- [2] Althouse, A.D., Turnquist, C.H., Bracciano A.F., 2004. "Modern Refrigeration and Air Conditioning." 18th Edition. The Goodheart-Willcox Company, Inc., USA.
- [3] G.pahl, W.Beitz., J.Feldhusen., K.H. Grote., 2007, "Engineering Design 3th ed," Springer, New York.
- [4] Moran, Michael J., Howard N., 2006, "Fundamentals of engineering thermodynamics 5th ed," John Wiley & Sons Ltd, England.
- [5] Stoecker, W.F., Jerold W. J., 1987, "Refrigerasi dan Pengkondisian Udara Edisi II," Terjemahan Supratman Hara, Erlangga, Jakarta.