

Rancang Ulang Refrigerator Satu Pintu Untuk Optimasi Kinerja Dan Efisiensi Harga

Haryadi^a, Ali Mahmudi^a, Jaka Permana Binangkit^a

^aJurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : haryadi.mesin@polban.ac.id

ABSTRAK

Terdapat sebuah tipe refrigerator yang tidak mampu bekerja secara optimal di konsumen. Unit tersebut tidak dapat beroperasi ketika terjadi penurunan tegangan sumber selain itu kapasitas pendinginan refrigerator dirasa masih kurang. Atas kondisi tersebut dilakukan rancang ulang pada sistem pendingin sehingga memiliki kinerja yang lebih baik namun dengan batasan harga yang lebih efisien.

Perancangan dilakukan dengan mengevaluasi berbagai alternatif komponen yang tersedia, menggunakan metodayang dikembangkan Pahl & Beitz. Dari hasil rancang ulang sistem refrigerasi diperoleh rancangan baru melalui perubahan Ct-SI Hx dari lateral menjadi concentric disertai dengan pengecilan diameter suction line, memperbesar diameter helical coiled kapiler, dan memperpanjang condenser. Total harga komponen penyusun sistem pendinginan menjadi lebih rendah Rp6,687.03 dari rancangan awal. Untuk tahap selanjutnya, rancangan tersebut direkomendasikan untuk dibuat prototipenya dan dilakukan pengujian.

Kata Kunci Refrigerator, Ct-SI Hx, concentric, lateral, condenser, tegangan, kapasitas

1. PENDAHULUAN

Inovasi sudah menjadi kewajiban bagi produsen agar sebuah produk seperti refrigerator dapat diterima konsumen baik dari segi kinerja, tampilan artistik ataupun harga. Banyak produsen baik merek lokal maupun merek luar yang terus mengembangkan serta memperbaiki rancangan produk refrigeratormya agar dapat diterima konsumen Indonesia. Untuk itu setiap produsen harus mengerti benar apa yang dibutuhkan oleh konsumen dan juga aplikasinya di lapangan sebagai benda elektronik yang sangat tergantung pada kondisi lingkungan terutama suhu serta tegangan sumber listriknya.

Indonesia merupakan negara dengan iklim tropis yang secara kategori aplikasi peralatan pendingin rumah tangga memiliki standar temperatur lingkungan kerja antara 16 °C sampai 43 °C dengan standar tegangan pengenalan rumah tangga sebesar 220 Volt. Untuk itu para produsen refrigerator telah merancang produknya sesuai standar tersebut.

Pada beberapa kasus untuk daerah pedalaman ataupun perkotaan yang padat penduduk di Indonesia, tegangan sumber di rumah tangga mengalami penurunan yang signifikan hingga

mencapai 170 Volt dengan rata rata 180 Volt. Kondisi tersebut sangat mengganggu kepuasan konsumen karena refrigerator yang digunakan tidak dapat bekerja secara normal akibat terjadinya mati mendadak saat pertama kali menyala. Hal itu menyebabkan sistem tidak dapat membekukan es sesuai keinginan konsumen.

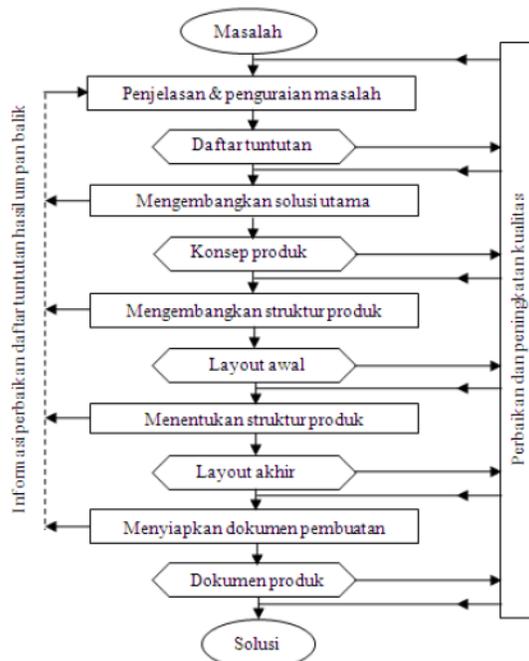
.Atas dasar kondisi di atas dilakukan perancangan ulang pada sebuah tipe refrigerator yang telah diproduksi sebelumnya agar dapat lebih diterima konsumen dari segi kinerja dan harga serta mampu menyesuaikan dengan kondisi tegangan sumber di rumah tangga. Selain itu rancang ulang ini juga dipersiapkan untuk menghadapi aktualisasi penghematan energi yang mulai gencar dilakukan di berbagai Negara yang terwujud dalam berbagai standar seperti TIS (Thai Industrial Standard) 2186-2547, IS (Indian Standards) 1476, IEC (International Electrotechnical Commission) 62552-2007.

Atas dasar latar belakang tersebut maka perlu dilakukan rancang ulang terhadap sistem pendingin yang sudah berjalan di produksi dengan tujuan: memperbaiki kemampuan sistem dalam mengatasi beban berlebih pada tegangan sumber yang rendah (180 Volt), meningkatkan kapasitas pendinginan, dan menurunkan harga produk melalui harga komponen penyusun sistem pendinginan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Merancang adalah serangkaian proses yang saling terkait untuk memecahkan masalah yang dihadapi, dengan cara mengembangkan sesuatu produk lama menjadi lebih baik atau bahkan membuat produk baru.

Banyak metode yang dikembangkan dalam perancangan, salah satunya adalah metode yang dikembangkan Pahl & Beitz (2004) [4] yang dengan pengalamannya selama 20 tahun di industri bersama insinyur – insinyur Jerman dirumuskan metode sendiri yang lebih sistematis seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram tahapan proses perancangan.

Secara garis besar tahapan perancangan pada diagram di atas terdiri dari beberapa bagian yaitu menetapkan kebutuhan, perancangan konsep, perancangan detail, dan dokumen pembuatan produk.

Tahap menetapkan kebutuhan (*Clarifying the task/ Planning*) adalah proses menggali informasi yang diperlukan sebagai acuan dalam perancangan, bersumber dari spesifikasi produk, permintaan konsumen ataupun analisa pasar, maupun standar aturan yang berlaku.

Kemudian dilanjutkan dengan perancangan konsep (*Conceptual design*) yaitu mencari berbagai alternatif fungsi dan sub fungsi dari produk yang akan dirancang, kemudian dikombinasikan menjadi beberapa variasi konsep dari produk tersebut.

Setelah terbentuk konsep kemudian dilanjutkan dengan perancangan detail (*Embodiment design*) yakni membuat dokumentasi gambar detail dari konsep dengan sebelumnya mempertimbangkan nilai – nilai yang didapat dari perhitungan teknik, analisis, dan konsultasi.

Semua proses sebelumnya akan bermuara pada langkah yang sifatnya administratif yaitu dokumentasi pembuatan produk. Dokumentasi meliputi arsip dan gambar fabrikasi seperti gambar susunan produk, panduan assembly, detail komponen dan lain – lain.

2.1. Refrigerator

Secara umum refrigerasi didefinisikan sebagai proses pemindahan panas, dan secara spesifik refrigerasi adalah sebuah cabang ilmu yang berhubungan dengan proses menurunkan dan mempertahankan temperatur ruangan atau benda sehingga berada di bawah temperatur lingkungan. Untuk mewujudkan hal tersebut maka panas harus dibuang dari ruangan atau benda yang akan didinginkan ke benda lain yang mempunyai temperatur lebih rendah.

Terdapat banyak sistem yang dapat melakukan proses tersebut di dunia, dan salah satu yang paling banyak digunakan karena efisiensinya adalah sistem pendingin kompresi uap. Sistem ini banyak digunakan pada *home refrigerating-appliance* (peralatan pendingin rumah tangga) seperti refrigerator dan *freezer*.

Di pasaran peralatan pendingin rumah tangga banyak yang merupakan kombinasi antara fungsi refrigerator dan *freezer (refrigerator-freezer)* dimana refrigerator berfungsi untuk menyimpan dan mengawetkan makanan segar sementara *freezer* berfungsi untuk membekukan makanan serta menyimpan makanan yang sudah dibekukan. Berdasarkan IEC 62552-2007 refrigerator adalah peralatan pendingin yang dimaksudkan untuk pengawetan makanan, di mana salah satu kompartemennya sesuai untuk penyimpanan makanan segar. Di Indonesia peralatan pendingin tersebut lebih dikenal dengan istilah kulkas.

2.2 Klasifikasi Refrigerator

Terdapat beberapa pengelompokan dan klasifikasi refrigerator di Indonesia baik yang mengacu kepada standar internasional ataupun konvensi marketing di pasaran. Berdasarkan jumlah pintunya dipasaran dikenal istilah refrigerator satu pintu (*single door*), dua pintu (*double door*), dan dua pintu bukaan samping (*side by side*). Ukuran *single door* biasanya lebih kecil dari *double door* begitu pula dengan kapasitas penyimpanan makanannya yang biasa dinyatakan dalam gross volume (volume kotor) dan net volume (volume bersih).

Berdasarkan temperatur penyimpanannya, standar IEC 62552-2007 membagi refrigerator ke dalam 3 kelas bintang, dan berdasarkan kondisi iklimnya refrigerator dibagi ke dalam 4 kelas.

Sistem pendinginan pada refrigerator menggunakan sistem kompresi uap. Bekerja berdasarkan prinsip di mana fluida pendingin diturunkan tekanannya sehingga memiliki temperatur penguapan yang jauh lebih rendah, dengan demikian fluida tersebut akan menguap dan karena penguapan membutuhkan energi yang besar maka diambil energi panas tersebut dari benda atau ruangan (beban pendinginan) yang akan didinginkan secara konveksi dan konduksi.

Siklus sistem kompresi uap yang menjadi lebih baik karena adanya *subcool* dan *superheating* dari pertukaran panas di *heat exchanger*. *Super heat* dan *subcool* di sistem pendingin refrigerator selain dimanfaatkan untuk meningkatkan kapasitas pendinginan dan COP (*Coefficient of Performance*) dimanfaatkan juga untuk mempertahankan temperatur pipa terutama di bagian jalur hisap (*suction line*) yang berhubungan langsung dengan udara luar atau terbuka tanpa insulasi penutup agar tetap menyesuaikan sama dengan temperatur lingkungan dengan toleransi tertentu. Penyesuaian temperatur tersebut dimaksudkan untuk menghindari pengembunan uap air dari udara sekitar pada permukaan luar pipa *suction* yang dapat mengakibatkan masalah di konsumen seperti arus pendek dan karat. Kondensasi uap air dari udara di permukaan pipa *suction* dapat terjadi jika suhu pipa berada di bawah temperatur *dew point* udara tersebut.

Untuk mendapatkan kinerja yang baik dari sebuah sistem pendingin refrigerator sangat tergantung

kepada komposisi rancangan dan juga kualitas komponen.

2.3. Kompresor

Umumnya pada refrigerator digunakan kompresor hermetik jenis LBP (*Low Back Pressure*) yang bekerja untuk aplikasi temperatur evaporasi -30°C sampai -10°C . Dari cara kerjanya, kompresor untuk refrigerator tersebut banyak yang menggunakan jenis torak dengan menggunakan mekanisme *Scotch yoke* untuk mengubah gerak linear *slider* menjadi gerak rotasi atau sebaliknya.

Dilihat dari kategori torsi awalnya refrigerator satu pintu menggunakan jenis kompresor *Low Starting Torque* (LST). Untuk jenis tersebut dilengkapi dengan komponen elektrik PTC (*Positive Temperature Coefficient*) dan OLP (*Overload Protector*) tanpa *run capacitor* atau biasa dikenal dengan istilah RSIR (*Resistance Start-Inductive Run*). RSIR dipilih karena pertimbangan bahwa sistem yang digunakan adalah sistem *static cooling* dengan power yang rendah. Dan hanya bisa diaplikasikan untuk sistem dengan kapiler sebagai alat ekspansi dimana tekanannya dapat menyamakan diri.

PTC adalah semi konduktor dengan koefisien temperatur positif, ketika PTC dingin itu memungkinkan arus melewati semi konduktor dan akan memutuskan aliran ketika temperaturnya melewati batas arus karena resistansinya yang meningkat. Penggunaan PTC ini dapat mengamankan kompresor dari temperatur berlebih. Sistem keamanan lainnya yaitu OLP yang bekerja dengan jalan membatasi arus kerjanya. Jika terdapat arus berlebih selama waktu tertentu maka OLP akan memutuskan arus listrik.

Batasan dalam desain sistem kompresi uap untuk refrigerator menggunakan kompresor RSIR selain dari kesesuaian kapasitas, jenis refrigeran, dan tekanan kerja adalah sebisa mungkin agar temperatur kompresor tidak melewati batas temperatur cut-off PTC dan arus *cut-off* dari OLP. Beban puncak dari unit refrigerator biasanya terjadi pada rentan waktu 1 sampai dengan 2 jam pertama.

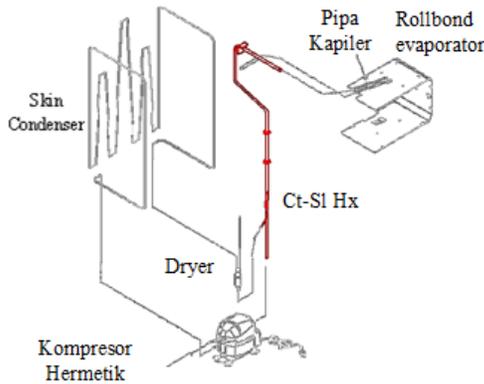
Untuk aplikasi di negara berkembang selain suhu lingkungan yang panas, penurunan tegangan sumber menjadi kendala sendiri yang mampu

mengurangi keandalan kompresor akibat sering terjadinya kelebihan temperatur dan arus pada beban puncak.

3. PROSES RANCANG ULANG SISTEM

3.1. Evaluasi Rancangan Awal Sistem

Seperti yang ditunjukkan Gambar 2, unit dengan rancangan awal menggunakan skin condenser di bagian belakang, kemudian menggunakan concentric Ct-Sl Hx dan kompresor dengan displacement sebesar 2.8 cc/rev.



Gambar 2 Rancangan awal sistem pendingin.

Dari Tabel 1 diketahui bahwa total harga komponen-komponen penyusun dari rancangan sistem pendingin tersebut sebesar Rp 306,961.44. Harga tersebut hanya mencakup harga material penyusun dan belum termasuk harga proses pembuatan komponen.

3.2. Merencanakan Perubahan Sistem

Perencanaan perubahan sistem pendingin mempertimbangkan berbagai aspek yang dapat mempengaruhi performa produk sehingga dapat dikendalikan dengan tepat. Rancangan baru ini mempertimbangkan berbagai aspek teknis, proses hingga harga, kemudian dikerucutkan melalui kondisi batas serta target yang spesifik pada daftar tuntutan.

Tabel 1 Harga komponen rancangan awal

Komponen	Material	Unit	Jml.	Harga (Rp)
Concentric CT SL Hx	Spacer	ea	2	81,2
	Copper Tube 6,35mr	kg	0,03	3.354,37
	Copper Tube 7,93mr	kg	0,15	16.771,87
	Cutted Capillary	ea	1	7.611,78
	Heat Shrink ID 8mm	m	0.1	95
Kondenser	Brazing Filler	kg	0,002	666,03
	Steel Tube	m	9,532	14.170,16
Kondenser	Aluminium Tape	m	9,5	4.591,67
	Kompresor	Gvm28aa Cu	ea	1
Refrigeran	R134a	kg	0,07	5.893,36
Total				306.961,44

Dari latar belakang, tujuan, serta pertimbangan teknis lainnya dibuatlah daftar tuntutan untuk rancangan baru sebagai berikut:

1. Rancangan baru mampu bekerja pada tegangan rendah. Secara teknis hal tersebut berarti bahwa saat beban puncak (simulasi) pada tegangan rendah arus kompresor tidak boleh melebihi batas dari OLP (UTC < 1.2 A) dan temperatur nya tidak boleh melebihi batas temperatur *cut-off* PTC (Discharge < 120 °C).
2. Kapasitas pendinginan harus lebih besar dari desain awal (mampu membuat es lebih dari 79.5%, COP harus >2.59, Qe > 74.775Watt)
3. Total harga material harus lebih rendah dari desain awal
4. Harga harus kurang dari Rp 306,792.99
5. Sistem baru mampu menerima variasi kompresor
6. Tidak mengganggu artistik kabinet.
7. Rancangan baru tidak mengakibatkan penambahan mesin produksi
8. Menggunakan komponen yang sudah ada dan tidak menambah komponen baru.
9. Proses pembuatan lebih sederhana.
10. Menggunakan evaporator yang sama, karena terkait desain interior.
11. Jenis refrigeran atau fluida yang digunakan adalah R134a.
12. Menggunakan sistem kompresi uap.

3.3. Membuat Konsep Perubahan Sistem

Fungsi bagian dari sistem pendingin adalah sebagai berikut :

1. Menyerap kalor (Evaporator).
2. Menaikan tekanan fluida (Kompresor)
3. Membuang panas (Kondeser)
4. Menurunkan tekanan (Pipa kapiler).
5. Menyaring kotoran dan uap air (Filter).

6. Menukarkan panas antara sisi tekanan rendah dan tinggi (Hx).
7. Mengatur suhu.
8. Mengisi/mengeluarkan refrigeran (*Access Port*)
9. Menghambat perpindahan panas antara ruangan penyimpanan dengan lingkungan (Isolator).

3.4. Alternatif Rancangan Fungsi Bagian.

Alternatif bentuk rancangan fungsi bagian harus dapat menyelesaikan masalah kinerja sistem pendingin (yang tercantum pada daftar tuntutan). Untuk itu disusun beberapa arahan sebagai referensi rancangan bentuk dari fungsi bagian sebagai berikut.

Tabel 2 Alternatif pemecahan masalah teknis.

Masalah	Alternatif penyelesaian
Bekerja pada tegangan rendah (180 Volt)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memperbesar volume sistem 2. Menurunkan tekanan kerja suction 3. Memperbesar laju pembuangan kalor di kondenser
Meningkatkan kapasitas pendinginan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memperbesar luas permukaan kontak penukar kalor (evaporator atau kondenser) 2. Menambah kecepatan aliran atau laju perpindahan masa refrigeran 3. Menambah volume langkah piston kompresor 4. Menambah derajat subcool dan superheat 5. Menambah masa refrigerant
Melebarkan kemampuan menerima variasi kompresor	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memperbesar toleransi desain (meningkatkan kinerja sehingga menjauhi batas bawah kinerja)
Mengurangi harga	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengurangi penggunaan material 2. Mengganti jenis material

Berdasarkan pertimbangan di atas disusunlah alternatif-alternatif bentuk rancangan fungsi bagian (Tabel 3) pada sebuah diagram morfologi.

Pada diagram morfologi tersebut solusi-solusi dikembangkan menjadi bentuk-bentuk dasar konsep untuk masing-masing fungsi bagian yang mungkin digunakan berdasarkan alternatif-alternatif pemecahan masalah. Konsep-konsep fungsi bagian kemudian dipilih secara cermat berdasarkan pengalaman dan pertimbangan teknis lainnya agar semua hal yang tercantum di dalam daftar tuntutan terpenuhi. Konsep-konsep

rancangan bentuk baru dari masing-masing fungsi bagian kemudian dikombinasikan dan dipilih sehingga menjadi suatu konsep rancangan baru, sebagaimana terlihat pada Tabel 4.

3.5. Penilaian Konsep

Alternatif-alternatif konsep terbentuk dibandingkan dengan konsep desain awal dan dinilai berdasarkan kriteria-kriteria tertentu. Masing-masing kriteria diterjemahkan ke dalam penilaian kuantitatif sebagai acuan pemilihan konsep rancangan baru.

Untuk menghindari subjektifitas maka kriteria diberikan penilaian prioritas dengan menggunakan metode matrik dominasi binner (Tabel 5). Penilaian kuantitatif terhadap tingkat prioritas kriteria dinyatakan dengan nilai atau skor dari 1 sampai 3. Masing-masing kriteria disusun lagi berdasarkan prioritas dengan diberikan bobot sebagai konversi penilaian kualitatif menjadi kuantitatif, mulai dari 40 sampai 1. Penilaian akhir dari masing masing konsep adalah penjumlahan hasil kali nilai dengan bobotnya masing-masing.

Dari konsep terpilih kemudian rancangan dikembangkan dengan menambahkan detail detail rancangan yang berkaitan dengan dimensi, performa ataupun artistik dan tetap berpedoman pada daftar tuntutan sebagai tujuan akhir rancangan. Untuk itu perubahan pada konsep baru dikembangkan secara terperinci

Pada evaporator tidak terjadi perubahan dari desain awal karena secara artistik bagian ini tidak boleh berubah sebagaimana yang tercantum pada daftar tuntutan. Evaporator merupakan salah satu komponen yang mempunyai pengaruh terhadap daya jual karena memiliki akses langsung terhadap konsumen. Namun secara dimensi bagian pipa keluaran evaporator harus memiliki diameter dalam lebih besar agar pipa suction dengan diameter luar 4,76 mm dapat masuk

Tabel 3 Diagram morfologi alternatif-alternatif rancangan baru.

Bagian	W	X	Y	Z
1 Evaporator	C-Rollbond	O-Rollbond	Al-Tube evap	
2 Kompresor	2.88cc/rev RSIR	2.88cc/rev + CSIR	3.0 cc/rev RSIR	
3 Kondenser	N-shape	Side panel	3D	Rear panel
4 Pipa Kapiler	0.65x1.8x2400	0.65x1.8x2400	0.50x1.8x2000	
5 Filter	Single input	Double input	Sambungan samping	
6 Hx	C Ct-Sl Hx	7.93 L Ct-Sl Hx	H-L Hx	4.76 L Ct-Sl Hx
7 Pengatur suhu	Sensor udara refrig	Rollbond clip	sensor udara frame	
8 Tubing	Steel tube	Copper tube	Alluminium Tube	
9 Isolator	Menambah tebal	Menambah density	Kombinasi VIP	Tetap

Tabel 4 Kombinasi morfologi alternatif-alternatif rancangan fungsi bagian

No.	Komponen	A	B	C	D	E
1	Evaporator	C-Rollbond	C-Rollbond	O-Rollbond	C-Rollbond	Al-Tube
2	Kompresor	2.88 RSIR	2.88 RSIR	3.0 RSIR	2.88 RSIR	3.0 RSIR
3	Kondenser	3D condenser	Rear condenser	N-shape cond	Rear condenser	Side condenser
4	Pipa Kapiler	0.65x1.8x2400	0.65x1.8x2400	0.5x1.8x2000	0.65x1.8x2400	0.65x1.8x2400
5	Filter	Double input	Double input	Double input	Double input	Samb. samping
6	Hx	4.76 L Ct-Sl Hx	7.93 L Ct-Sl Hx	7.93 L Ct-Sl Hx	4.76 L Ct-Sl Hx	4.76 L Ct-Sl Hx
7	Pengatur suhu	sensor udara frame	sensor udara	Sensor udara refrig	sensor udara	Sensor udara refrig
8	Tubing	Copper	frame	Copper	frame	Copper
9	Isolator	PU tetap	Copper	PU Tetap	Copper	Kombinasi VIP
			Menambah density		PU tetap	

Tabel 5 Matrik penilaian konsep

Kriteria	Bobot	A		B		C		D		E	
		B	N	NxB	N	NxB	N	NxB	N	NxB	N
Artistik	40	0	40	1	40	0	40	1	40	0	40
Harga	30	3	30	3	30	1	30	3	30	3	30
Kapasitas	20	3	20	3	20	3	20	3	20	3	20
Proses pembuatan	10	0	10	0	10	0	10	1	10	0	10
Proses pemasangan	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1
Jumlah Nilai			151		190		90		202		150
Keputusan			Tidak		Tidak		Tidak		Ya		Tidak

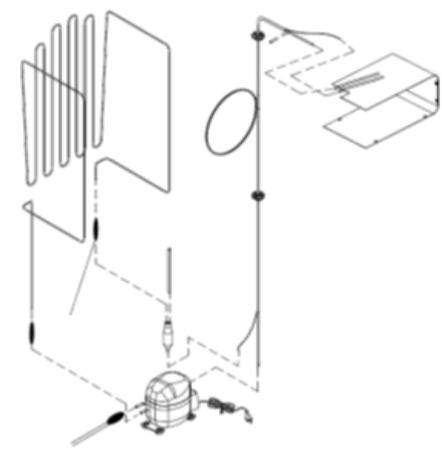
Tabel 6 Perbandingan perubahan harga komponen sistem

Komponen	Unit awal			Unit Hasil Rancang Ulang		
	Material	Total (Rp)		Material	Total (Rp)	
CT SL Hx	Spacer	81.20	28,580.25	Spacer	81.20	18,872.86
	Copper Tube 6.35mm	3,354.37		Copper Tube 4.76mm	10,889.00	
	Copper Tube 7.93mm	16,771.87		Cuttet Capillary	7,611.78	
	Cuttet Capillary	7,611.78		Heat Shrinkable ID 6 mm	280.00	
	Heat Shrinkable ID 8mm	95.00		Pvc Heat Shrinkage	10.88	
	Brazing Filler	666.03		-	-	
Kondenser	Steel Tube	14,170.16	18,761.83	Steel Tube	16,893.76	21,782.20
	Aluminium Tape	4,591.67		Aluminium Tape	4,888.43	

Bagian kondenser dibuat lebih panjang dari desain awal untuk meningkatkan jumlah kalor yang dapat dilepas ke lingkungan. Pada kondenser belakang dilengkapi dua buah *stopper* untuk mempermudah pemasangan dan pada gunungan samping dibuat *step* lebih rendah untuk menghindari *screw*.

Pada bagian panel samping *hot pipe* di tarik mundur untuk meningkatkan pembuangan panas. Pada desain sebelumnya hot pipe ini menjadi tidak berfungsi maksimal karena terhalang PU atau melayang di tengah PU kabinet samping.

CT SI Hx dirubah dari konsentrik menjadi lateral sebagai kompensasi pengecilan pipa suction (diameter luar menjadi 4.76 mm) dan untuk mempertahankan laju aliran masa refrigeran. Perubahan geometri pipa kapiler pada CT SI Hx adalah dengan memperbesar diameter helical coil (d). Secara keseluruhan konsep dikembangkan sehingga memiliki layout dan spesifikasi sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 7



Gambar 3 Rancangan sistem pendingin baru

4. KESIMPULAN

Dari hasil rancang ulang sistem refrigerasi diperoleh rancangan baru melalui perubahan Ct-SI Hx dari lateral menjadi concentric disertai dengan pengecilan diameter suction line, memperbesar diameter helical coiled kapiler, dan memperpanjang condenser. Total harga komponen penyusun sistem pendinginan menjadi lebih rendah Rp6,687.03 dari rancangan awal.

Untuk tahap selanjutnya, rancangan tersebut direkomendasikan untuk dibuat prototipenya dan dilakukan pengujian.

Tabel 7 Spesifikasi rancangan baru

Spesifikasi			
Kompresor	:		
Model	GVM28AA Cu	PTC	: 350 V
Aplication	: LBP	V max	: 8 A
Displacement	: 2.8 cc/rev	I max	: 135 °C
Cooling capacity	: 68 Watt	Temp	
Input power	: 68 Watt		
COP	: 1.0	OLP	: 1.2 A
Rated current	: 0.64	UTC	
Motor type	: RSIR		
Insulation Class	: Class B		
Ct-SI Hx			
Jenis	Lateral		
Pipa kapiler			
OD x ID x L	1.8 x 0.65 x 2400 mm		
Material	Soft annealed Cu 99.9%		
Pipa suction			
OD x ID x L	4.76 x 3.36 x 1370 mm		
Material	Soft annealed Cu 99.9%		
Evaporator			
Jenis	C-Rollbond Evaporator		
Material	Alluminium		
Condenser			
Jenis	Rear panel skin condenser		
OD x ID x L	4.76 x 3.36 x 11385 mm		
Material	Soft steel		
Refrigeran			
Jenis	R134A		
Jumlah	70 gram		

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Akintunde, M. A. (2007, July). Effect of Coiled Capillary Tube Pitch on Vapor Compression Refrigeration System Performance.
- [2] ANSI/ASHRAE standard Committee. (2005). Methods of Testing for Rating Positive Displacement Refrigerant Compressors and Condensing Units.
- [3] Dossat, R. J. (1981). Principle of Refrigeration (2 ed.). John Wiley & Son.
- [4] Harsokusoemo, H. (2000). Pengantar Perancangan Teknik. Jakarta, Jakarta: Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional.
- [5] Pahl, G., & Beitz, W. (2004). Engineering Design, Asystematic Approach 3th Edirion. New York: Springer.
- [6] R.A.Peixoto, & C.W.Bullard. (1994). A Design Model for Capillary Tube-Sction Line Heat Exchanger.