

BAB III

PERANCANGAN *GREEN MEDICAL BOX PORTABLE*

Green Medical Box Portable dirancang dengan menggunakan sistem refrigerasi yang terintegrasi dengan *box*. *Box* terdiri dari dua tingkat, tingkat pertama/bawah digunakan untuk menempatkan semua komponen sistem refrigerasi dan baterai. Tingkat kedua/atas digunakan untuk penyimpanan vaksin. Tingkat kedua/atas mempunyai dua tempat penyimpanan vaksin, yang pertama untuk vaksin dengan temperatur penyimpanan 5 °C dan yang kedua untuk vaksin dengan temperatur penyimpanan -15 °C.

Ada beberapa pertimbangan dalam merancang *Green Medical Box Portable* ini dengan tujuan *Green Medical Box Portable* yang dibuat mempunyai daya saing dengan *Vaccine Box* yang sudah beredar di pasar. Pertimbangan-pertimbangan itu antara lain :

1. Material yang digunakan kuat dan aman untuk lingkungan dan tidak mempengaruhi kualitas vaksin.
2. Setelah melakukan observasi dan perbandingan melalui internet, ternyata *Vaccine Box* yang sudah beredar di pasar hanya mempunyai pendinginan vaksin saja atau hanya mempunyai pembekuan vaksin saja. Maka, *Green Medical Box Portable* yang akan dibuat mempunyai tempat pendinginan dan pembekuan.
3. *Green Medical Box Portable* yang dibuat menggunakan sumber listrik dari tiga sumber, yakni listrik PLN, baterai dan solar cell. Hal ini dibuat demikian karena pada waktu *Vaccine Box* tidak dalam perjalanan maka pada siang hari sumber listrik menggunakan solar cell dan ketika malam hari menggunakan listrik PLN. Ketika *Green Medical Box Portable* dalam perjalanan maka sumber listrik menggunakan baterai.

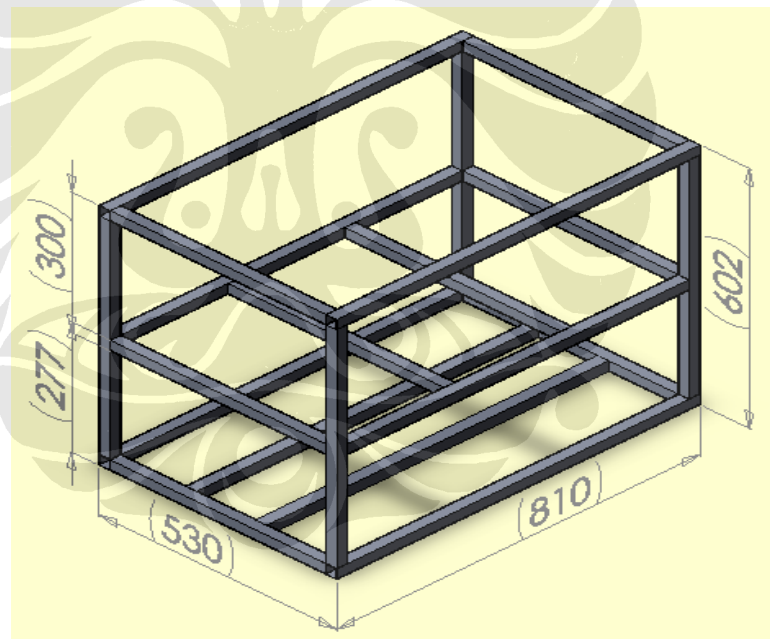
4. Refrigeran yang digunakan R 600a, refrigeran ini termasuk refrigeran hidrokarbon yang tidak merusak ozon dan tidak mempunyai potensi pemanasan global.

3.1 PERANCANGAN KOTAK/BOX VAKSIN

Box vaksin ini terdiri dari beberapa bagian yang saling menunjang. Bagian-bagian itu antara lain rangka, kotak isi/tempat penyimpanan vaksin, dinding kotak dan penutup. Untuk semua satuan yang ada di dalam gambar dinyatakan dalam milimeter.

3.1.1 Perancangan Rangka

Rangka harus tahan karat, kokoh dan kuat karena menopang semua beban berat yang ada.

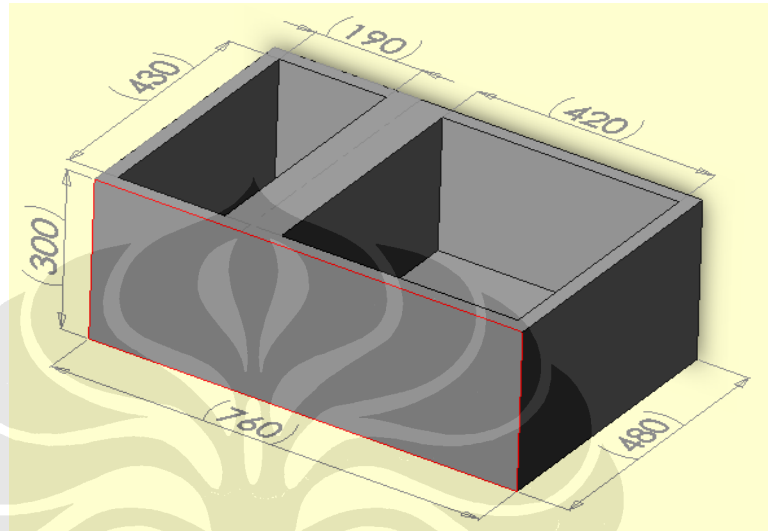


Gambar 3.1. Rancangan rangka

Rangka terbuat dari *stainless steel* hollow 2,5 x 2,5 cm dengan dimensi ukuran rangka seperti pada gambar 3.1 yakni panjang 810 mm, lebar 530 mm dan tinggi 602 mm. Rangka dibagi menjadi dua tingkat, tingkat bawah tingginya 277 mm dan tingkat atas tingginya 300 mm.

3.1.2 Perancangan Kotak Isi/Tempat Penyimpanan Vaksin

Kotak isi harus aman dan tidak mempengaruhi vaksin dalam berbagai kondisi. Selain itu juga harus tahan karat dan kuat karena apabila bahan yang dipakai terlalu lunak maka tidak menutup kemungkinan akan terjadi kebocoran.



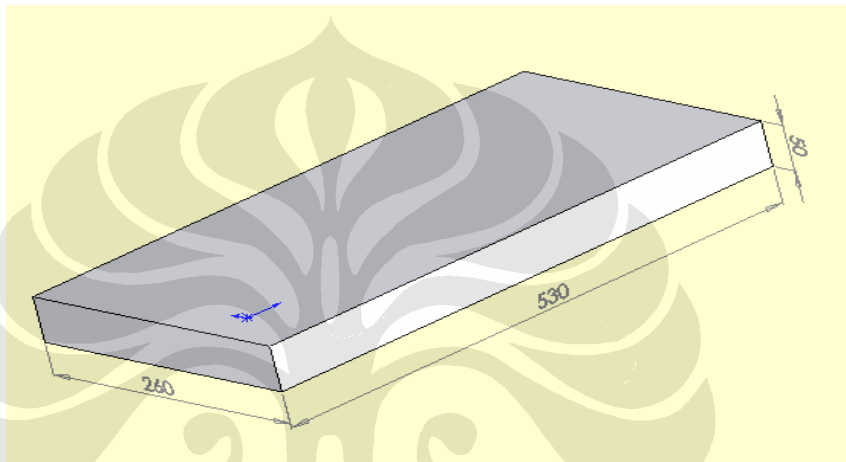
Gambar 3.2. Rancangan kotak isi

Kotak isi terdiri dari dua bagian yaitu kotak kecil untuk penyimpanan vaksin dengan temperatur penyimpanan -15°C atau disebut *freezer*, sedangkan kotak yang lebih besar untuk penyimpanan vaksin dengan temperatur penyimpanan 5°C atau disebut *cooler*. Gambar 3.2 merupakan bentuk dari kotak isi.

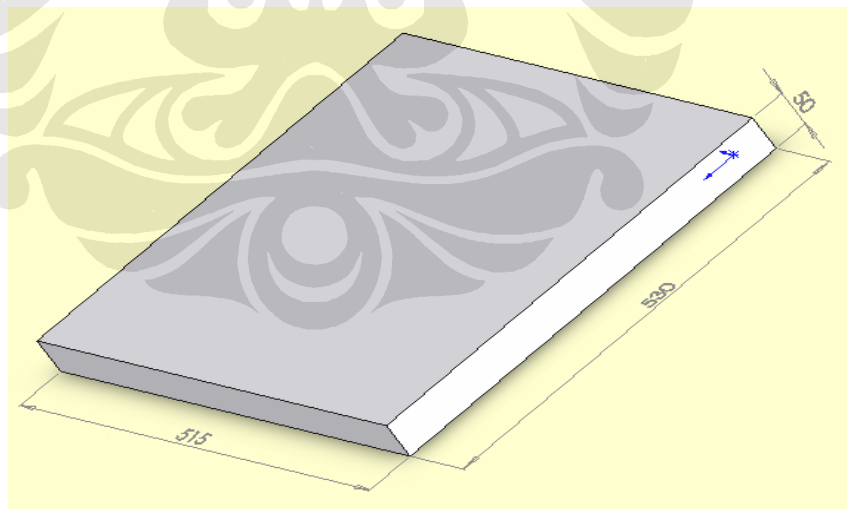
Bahan yang dipakai untuk membuat kotak isi ialah dari plat *stainless steel* 0,6 mm. Ukuran dimensi dari kotak bagian luar ialah panjang 760 mm, lebar 480 mm dan tinggi 300 mm. Untuk kotak bagian dalam ; *freezer* dimensinya ialah panjang 190 mm, lebar 430 mm dan tinggi 250 mm, sedangkan untuk *cooler* panjangnya 420 mm, lebar 430 mm dan tinggi 250 mm. Diantara kotak bagian luar dan kotak bagian dalam terdapat *polyurethan* sebagai insulasi dengan ketebalan 25 mm dan diantara *freezer* dan *cooler* diinsulasi *polyurethan* dengan ketebalan 100 mm.

3.1.3 Perancangan Penutup

Karena ada dua tempat penyimpanan dengan temperatur yang berbeda maka penutup juga harus dibuat dua, masing-masing untuk penutup *frezer* dan penutup *cooler*. Untuk penutup freezer panjangnya 260 mm, lebar 530 mm dan tebal 50 mm. Sedangkan penutup cooler panjangnya 515 mm, lebar 530 mm dan tebal 50 mm. Sama seperti kotak isi, penutup terdapat *polyurethan* di dalamnya sebagai insulasi.



Gambar 3.3. Rancangan penutup *freezer*



Gambar 3.4. Rancangan penutup *cooler*

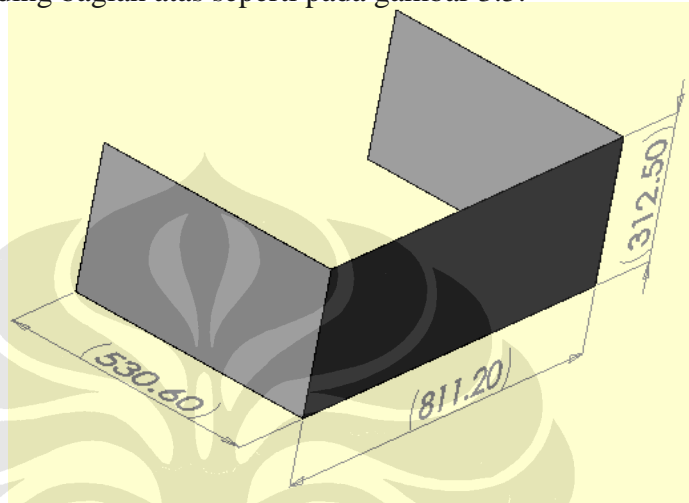
3.1.4 Perancangan Dinding

Dinding berfungsi salah satunya sebagai penguat, selain itu juga pelindung dari material-material yang tidak diinginkan yang dapat masuk ke dalam sistem

atau tempat penyimpanan vaksin. Dinding terbagi menjadi beberapa bagian yaitu dinding bagian atas, dinding bagian belakang dan dinding bagian bawah.

- Dinding bagian atas

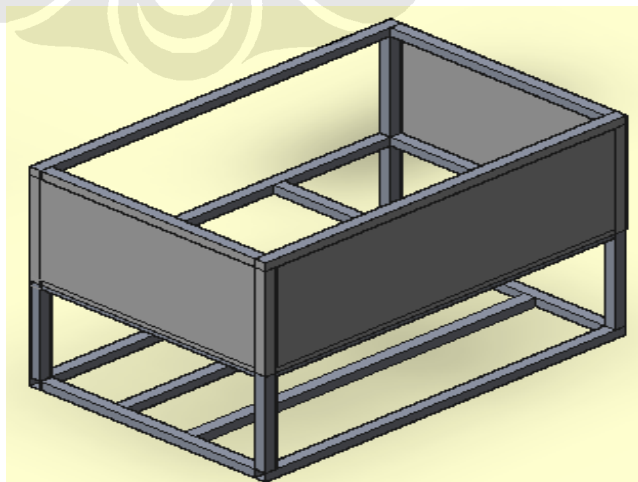
Dinding bagian atas terbuat dari plat *stainless steel* 0,6 mm. Bentuk dan ukuran dari dinding bagian atas seperti pada gambar 3.5.



Gambar 3.5. Rancangan dinding atas

Bentuk dari dinding atas menyerupai profil U atau profil C dengan panjang 811,2 mm, lebar 530,6 mm dan tinggi 312,5 mm.

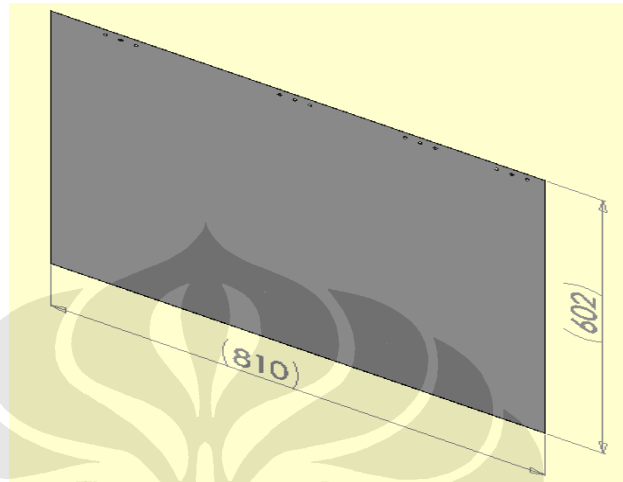
Jika dinding atas dipasang pada rangka maka hasilnya akan seperti pada gambar 3.6.



Gambar 3.6. Pemasangan dinding bagian atas pada rangka

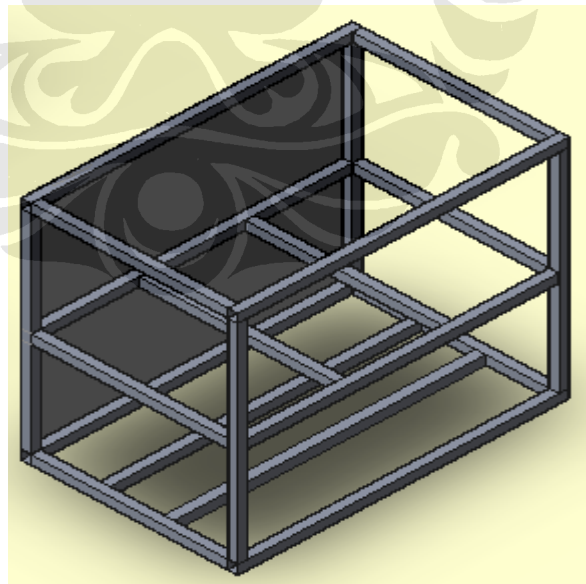
- Dinding bagian belakang

Dinding bagian belakang terbuat dari plat *stainless steel* 0,6 mm. Bentuknya persegi panjang serta menutupi seluruh bagian belakang dari *Green Medical Box Portable*.



Gambar 3.7. Rancangan dinding bagian belakang

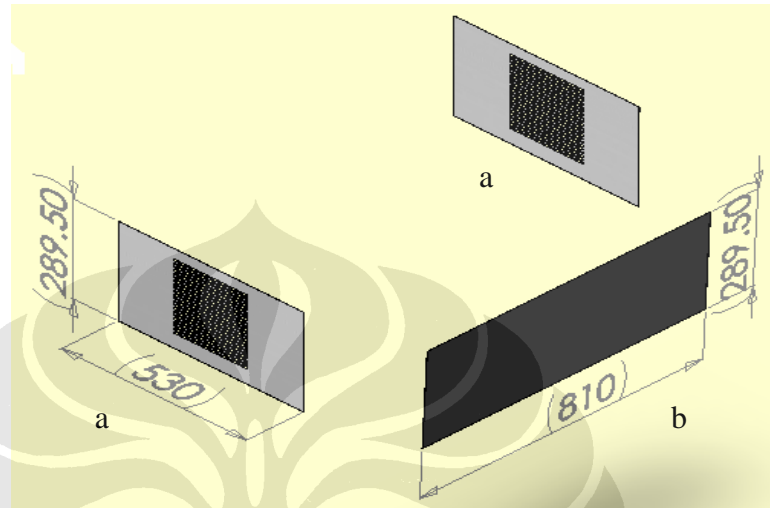
Ukuran dari dinding bagian belakang seperti terlihat pada gambar 3.7 yaitu panjang 810 mm dan tinggi 602.



Gambar 3.8. Pemasangan dinding bagian belakang pada rangka

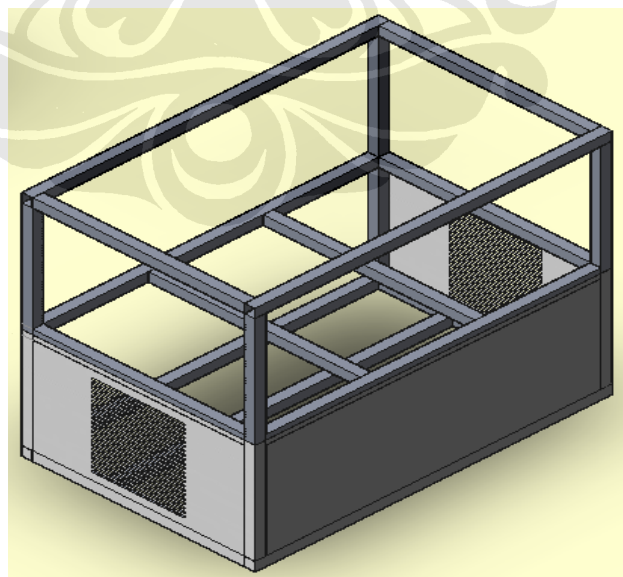
- Dinding bagian bawah

Dinding bagian bawah terbuat dari bahan plat *stainless steel* 0,6 mm. Dinding bagian bawah ini terdiri dari tiga bagian : satu dinding bawah depan dan dua dinding bawah pinggir.



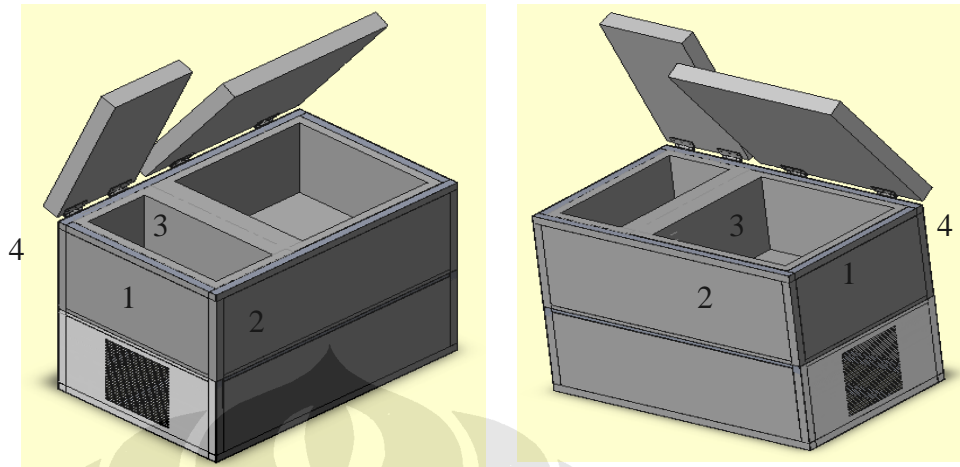
Gambar 3.9. a. dinding bawah pinggir, b. dinding bawah depan

Untuk dinding bawah pinggir mempunyai panjang 530 mm dan tinggi 289,5 mm, sedangkan untuk dinding bawah depan mempunyai panjang 810 mm dan tinggi 289,5 mm.



Gambar 3.10. Pemasangan dinding bagian bawah

Jika semua bagian-bagian di atas dipasangkan pada rangka hollow maka hasilnya seperti pada gambar 3.11.



Gambar 3.11. Model rancangan *Green Medical Box Portable*

3.2 PERHITUNGAN BEBAN REFRIGERASI

Untuk memilih komponen-komponen refrigerasi yang tidak melebihi dari kapasitas yang dibutuhkan, atau bahkan kurang dari kapasitas yang dibutuhkan maka perlu menghitung besar beban pendinginan. Besarnya beban pendinginan pada *Green Medical Box Portable* berasal dari penjumlahan beban melalui dinding, beban produk (beban dari vaksin) dan beban pertukaran udara.

Sistem refrigerasi pada *Green Medical Box Portable* mempunyai dua evaporator dengan temperatur kerja yang berbeda. Oleh karena itu harus dihitung beban pendinginan yang terjadi pada *frezeer* dan *cooler*.

Sebelum melakukan perhitungan beban, langkah pertama ialah menentukan beberapa data awal dan data rancangan. Data ini sangat penting untuk menghitung besarnya beban pendinginan.

Tabel 3-1A Data perancangan

Dinding	Panjang (m)	Tinggi/lebar (m)
<u>Kotak Freezer</u>		
dinding 1	0,53	0,3
dinding 2	0,26	0,3
dinding 3	0,43	0,25
dinding 4	0,26	0,3
tutup	0,26	0,53
dinding bawah	0,26	0,53
<u>Kotak cooler</u>		
dinding 1	0,53	0,3
dinding 2	0,515	0,3
dinding 3	0,43	0,25
dinding 4	0,515	0,3
tutup	0,515	0,53
dinding bawah	0,515	0,53

(Sistem penomoran dinding lihat pada gambar 3.11)

Tabel 3-1B Data perancangan

Material	Temp. awal (C)	Temp. design (C)	Cp (kJ/kgK)	qL (kJ/kg)	massa (kg)	k (W/mC)
vaksin yang dibekukan	-17	-15	4,19	335	1	
vaksin yang didinginkan	8	5	4,19		3	
insulasi :						
Polyurethan						0,025
plat stainless 0,6mm						19

3.2.1 Beban Pendinginan pada Freezer

3.2.1.1 Beban Kalor Melalui Dinding Freezer

a) Kalor melalui dinding 1

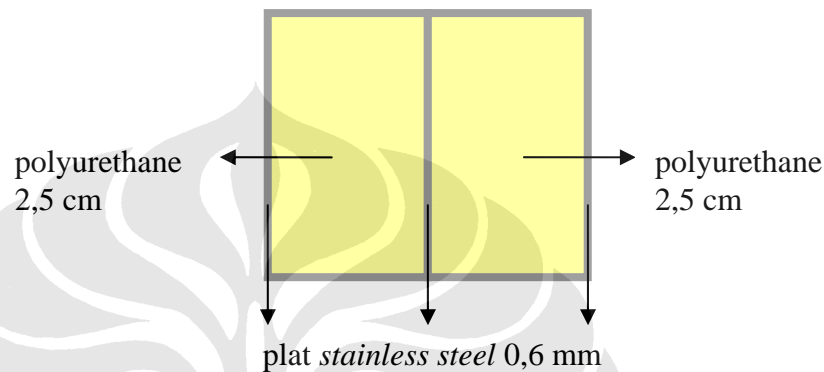
Temperatur udara luar diasumsikan 35 °C

$$Q_d = A \times U \times TD$$

Untuk mencari nilai U menggunakan persamaan (2-2) pada bab 2.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{f_i} + \frac{x}{k_1} + \frac{x}{k_2} + \frac{x}{k_n} + \frac{1}{f_o}} \quad \begin{array}{l} f_o = 9.37W/(m^2K) \\ f_i = 22.7W/(m^2K) \end{array}$$

Dinding 1 terdiri dari plat stainless steel 0,6 mm dan polyurethane 5 cm.



$$U = \frac{1}{\frac{1}{22,7} + \frac{0,0006}{19} + \frac{0,0006}{19} + \frac{0,0006}{19} + \frac{0,05}{0,025} + \frac{1}{9,37}}$$

$$U = 0,465W/(m^2K)$$

$$Q_{d1} = (0,53 \times 0,3)(0,465)(35 - (-15))$$

$$Q_{d1} = 3,697W$$

b) Kalor melalui dinding 2

$$Q_{d2} = (0,26 \times 0,3)(0,465)(35 - (-15))$$

$$Q_{d2} = 1,813W$$

c) Kalor melalui dinding 3

$$Q_{d3} = (0,43 \times 0,25)(0,465)(5 - (-15))$$

$$Q_{d3} = 0,1W$$

d) Kalor melalui dinding 4

$$Q_{d4} = (0,26 \times 0,3)(0,465)(35 - (-15))$$

$$Q_{d4} = 1,813W$$

e) Kalor melalui tutup freezer

$$Q_{tutup} = (0,26 \times 0,53)(0,465)(35 - (-15))$$

$$Q_{tutup} = 3,204W$$

f) Kalor melalui dinding bawah

$$Q_{bwh} = (0,26 \times 0,53)(0,465)(40 - (-15))$$

$$Q_{bwh} = 3,204W$$

g) Beban kalor total melalui dinding freezer

$$Q_{dtot} = Q_{d1} + Q_{d2} + Q_{d3} + Q_{d4} + Q_t + Q_{bwh}$$

$$Q_{dtot} = 3,697 + 1,813 + 0,1 + 1,813 + 3,204 + 3,204$$

$$Q_{dtot} = 13,831W$$

3.2.1.2 Beban Kalor dari Vaksin

Untuk menghitung beban panas dari vaksin, parameter yang perlu diketahui antara lain kalor spesifik (*spesifik heat*) dari vaksin. Oleh karena itu, kalor spesifik vaksin diasumsikan sama dengan kalor spesifik air yaitu 4,19 kJ/kgK. Dengan menggunakan persamaan 2-4 dan data pada tabel 3-1B dapat dihitung beban panas dari vaksin :

$$Q_p = m \times c_p \times \Delta T$$

Setiap produk yang dibekukan maka beban kalor dari produk merupakan penjumlahan dari kalor sensibel dan kalor laten. Dalam kasus ini, kalor laten tidak dihitung karena *Green Medical Box Portable* merupakan tempat penyimpanan sekunder. Artinya, vaksin yang dimasukkan ke *freezer Green Medical Box Portable* sudah dalam keadaan beku. Pembekuan vaksin dilakukan di tempat penyimpanan utama. Jadi diasumsikan temperatur awal vaksin sebesar -14 °C.

Jadi beban kalor vaksin yang dapat dihitung sebesar :

$$Q_p = 1 \times 4,19 \times (-14 - (-15))$$

$$Q_p = 4,19kJ$$

Vaksin yang beku dijaga temperaturnya selama 16 jam, maka :

$$Q_p = \frac{4,19}{(16 \times 3600)} = 7,274 \cdot 10^{-5} kW$$

$$Q_p = 0,073W$$

3.2.1.3 Beban Kalor Melalui Pertukaran Udara

Beban kalor melalui pertukaran udara terjadi akibat adanya kebocoran-kebocoran ruang penyimpanan vaksin dan frekuensi buka-tutup penutup kotak. Parameter-parameter yang menentukan besaran beban kalor pertukaran udara ialah volume ruangan, temperatur penyimpanan, temperatur udara lingkungan sekitar dan RH udara lingkungan sekitar.

Sebelumnya sudah diketahui ukuran kotak bagian dalam dari *freezer* yaitu panjang 190 mm, lebar 430 mm dan tinggi 250 mm, maka volumenya adalah $0,020 \text{ m}^3$. Temperatur penyimpanan $-15 \text{ }^\circ\text{C}$, temperatur lingkungan $35 \text{ }^\circ\text{C}$ dan RH 60%. Dengan data volume ruangan $0,020 \text{ m}^3$ dan temperatur penyimpanan $-15 \text{ }^\circ\text{C}$ (below $0 \text{ }^\circ\text{C}$), maka akan didapat laju infiltrasi pada tabel (2-4).

Room Volume(m^3)	Infiltration Rate (L/s) [5]	
	Rooms Above 0°C	Rooms Below 0°C
7	3.1	2.3
8.5	3.4	2.6
10.	3.7	2.8
15	4.4	3.3

Tabel di atas merupakan sebagian data dari tabel 2-4. Dari tabel tersebut tidak terdapat data untuk volume $0,020 \text{ m}^3$ (minimal 7 m^3), maka dicari jalan lain dengan cara ekstrapolasi.

<u>Volume (m^3)</u>	<u>Laju infiltrasi (below $0 \text{ }^\circ\text{C}$)</u>
0,02	x
7	2,3
8,5	2,6

Besarnya nilai x :

$$\frac{7 - 0,020}{8,5 - 0,020} = \frac{2,3 - x}{2,6 - x}$$

$$2,3 = x + \left[\left(\frac{7 - 0,020}{8,5 - 0,020} \right) (2,6 - x) \right]$$

$$2,3 = x + [(0,823)(2,6 - x)]$$

$$2,3 = x + [2,14 - 0,823x]$$

$$2,3 - 2,14 = x - 0,823x$$

$$x = 0,904$$

Jadi besarnya laju infiltrasi 0,904 L/s.

Selanjutnya mencari laju pertukaran udara dengan menggunakan tabel 2-3B [5]

Storage Room Temp. °C	Inlet Air Temperature. °C									
	5°		10°		25°		30°		35°	
	Inlet Air RH, %		Inlet Air RH, %		Inlet Air RH, %		Inlet Air RH, %		Inlet Air RH, %	
	70	80	70	80	50	60	50	60	50	60
0°	0.0092	0.0111	0.0142	0.0154	0.0505	0.0562	0.0650	0.0724	0.0820	0.0921
- 5°	0.0193	0.0210	0.0235	0.0247	0.0592	0.0649	0.0736	0.0809	0.0903	0.1004
+ 10°	0.0271	0.0288	0.0309	0.0321	0.0662	0.0719	0.0805	0.0877	0.0970	0.1071
- 15°	0.0350	0.0367	0.0383	0.0395	0.0732	0.0788	0.0873	0.0945	0.1037	0.1137
- 20°	0.0427	0.0444	0.0456	0.0468	0.0801	0.0857	0.0941	0.1013	0.1102	0.1203

Tabel di atas merupakan sebagian data dari tabel 2-3. Dengan data temperatur -15 °C, temperatur lingkungan 35 °C dan RH 60%, maka didapat laju pertukaran udara 0,1137 kJ/s.

Setelah laju infiltrasi dan laju pertukaran udara didapat maka dengan perkalian laju infiltrasi dengan laju pertukaran udara dihasilkan besarnya beban kalor dari pertukaran udara :

$$Q_{ac} = \text{Laju infiltrasi} \times \text{Laju pertukaran udara}$$

$$= 0,904 \text{ L/s} \times 0,1137 \text{ kJ/s}$$

$$= 0,103 \text{ kW}$$

$$= 103 \text{ W}$$

3.2.1.4 Beban Total Kalor Freezer

Beban total kalor *freezer* penjumlahan dari beban kalor melalui dinding *freezer*, beban kalor dari vaksin dan beban kalor dari pertukaran udara.

$$\begin{aligned}Q_{freezer} &= Q_{dtot} + Q_p + Q_{ac} \\Q_{freezer} &= 13,831 + 0,073 + 103 \\Q_{freezer} &= 116,904W\end{aligned}$$

3.2.2 Beban Pendinginan pada Cooler

3.2.2.1 Beban Kalor Melalui Dinding Cooler

a) Kalor melalui dinding 1

Dari tabel data 3-1A :

$$\begin{aligned}Q_{d1} &= (0,53 \times 0,3)(0,465)(35 - 5) \\Q_{d1} &= 2,218W\end{aligned}$$

b) Kalor melalui dinding 2

$$\begin{aligned}Q_{d2} &= (0,515 \times 0,3)(0,465)(35 - 5) \\Q_{d2} &= 2,155W\end{aligned}$$

c) Kalor melalui dinding 3

Karena dinding 3 bersebelahan dengan *freezer* dengan temperatur $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ sedangkan temperatur *cooler* $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ maka tidak ada perpindahan kalor dari *freezer* ke *cooler*.

d) Kalor melalui dinding 4

$$\begin{aligned}Q_{d4} &= (0,515 \times 0,3)(0,465)(35 - 5) \\Q_{d4} &= 2,155W\end{aligned}$$

e) Kalor melalui tutup cooler

$$\begin{aligned}Q_{tutup} &= (0,515 \times 0,53)(0,465)(35 - 5) \\Q_{tutup} &= 3,807W\end{aligned}$$

f) Kalor melalui dinding bawah

$$\begin{aligned}Q_{bwh} &= (0,515 \times 0,53)(0,465)(40 - 5) \\Q_{bwh} &= 4,442W\end{aligned}$$

g) Beban kalor total melalui dinding cooler

$$Q_{dtot} = Q_{d1} + Q_{d2} + Q_{d4} + Q_{tutup} + Q_{bwh}$$

$$Q_{dtot} = 2,218 + 2,155 + 2,155 + 3,807 + 4,442$$

$$Q_{dtot} = 14,777W$$

3.2.2.2 *Beban Kalor dari Vaksin*

Dari data pada tabel 3-1B :

$$Q_p = 3 \times 4,19 \times (8 - 5)$$

$$Q_p = 37,71kJ$$

Vaksin didinginkan selama 16 jam, maka:

$$Q_p = \frac{37,71}{(16 \times 3600)} = 76,547 \cdot 10^{-4} kW$$

$$Q_p = 0,655W$$

3.2.2.3 *Beban Kalor Melalui Pertukaran Udara*

Besar volume cooler adalah $0,42 \times 0,43 \times 0,25 = 0,045 m^3$.

Pada tabel 2-4 :

<u>Volume (m³)</u>	<u>Laju infiltrasi (above 0 °C)</u>
0,045	x
7	3,1
8,5	3,4

Besarnya nilai x :

$$\frac{7 - 0,045}{8,5 - 0,045} = \frac{3,1 - x}{3,4 - x}$$

$$3,1 = x + \left[\left(\frac{7 - 0,045}{8,5 - 0,045} \right) (3,4 - x) \right]$$

$$3,1 = x + [(0,823)(3,4 - x)]$$

$$3,1 = x + [2,798 - 0,823x]$$

$$3,1 - 2,798 = x - 0,823x$$

$$x = 1,706$$

Jadi besarnya laju infiltrasi 1,706 L/s.

Selanjutnya mencari laju pertukaran udara :

Temperatur penyimpanan 5 °C, temperatur udara lingkungan sekitar 35 °C dan RH 60%, pada tabel 2-3 didapat laju pertukaran udara 0,081 kJ/s.

Besarnya beban kalor pertukaran udara :

$$\begin{aligned} Q_{ac} &= \text{Laju infiltrasi} \times \text{Laju pertukaran udara} \\ &= 1,706 \text{ L/s} \times 0,081 \text{ kJ/s} \\ &= 0,138 \text{ kW} \\ &= 138 \text{ W} \end{aligned}$$

3.2.2.4 Beban Total Kalor Cooler

Beban kalor total *cooler* penjumlahan dari beban kalor melalui dinding *cooler*, beban kalor dari vaksin dan beban kalor dari pertukaran udara.

$$\begin{aligned} Q_{cooler} &= Q_{dtot} + Q_p + Q_{ac} \\ Q_{cooler} &= 14,777 + 0,655 + 138 \\ Q_{cooler} &= 153,432 \text{ W} \end{aligned}$$

3.2.3 Beban Total Pendinginan (beban refrigerasi) *Green Medical Box Portable*

$$\begin{aligned} Q_{tot1} &= Q_{freezer} + Q_{cooler} \\ Q_{tot1} &= 116,904 + 153,432 \\ Q_{tot1} &= 270,336 \text{ W} \end{aligned}$$

Selanjutnya Q_{tot1} ditambah dengan *safety factor* sebesar 10% maka :
safety factor 10% dari 270,336 W adalah 27,034 W sehingga :

$$\begin{aligned} Q_{tot2} &= Q_{tot1} + \text{safety factor} \\ &= 270,336 + 27,034 \\ &= 297,37 \text{ W} \end{aligned}$$

Sangat tidak praktis untuk merancang sistem refrigerasi dengan beroperasi secara terus menerus hanya untuk menangani beban pendinginan yang ada. Banyak kasus dimana udara berubah menjadi lapisan es (bunga es) ketika mengenai permukaan evaporator, jika terus menerus akibatnya lapisan es ini akan menutupi semua permukaan evaporator sehingga akan mengurangi kapasitas dari evaporator itu sendiri. Lapisan es ini harus dicairkan secara periodik dengan cara menaikkan temperatur permukaan evaporator. Proses ini disebut *defrosting*. Salah

satu metode *defrosting* adalah menghentikan kerja kompresor sampai waktu tertentu sehingga temperatur evaporator naik dan menyamai temperatur udara lingkungan sekitar. Akibat dari naiknya temperatur evaporator maka lapisan es akan mencair dan pada akhirnya permukaan evaporator bebas dari lapisan es. Metode ini dikenal dengan *off-cycle defrosting*.

Metode ini sangat membutuhkan waktu yang lama karena untuk mencairkan lapisan es dari permukaan evaporator dengan mengandalkan temperatur udara lingkungan sekitar saja sangat lambat. Dari pengalaman ketika menggunakan metode *off-cycle defrosting*, maksimum waktu untuk sistem refrigerasi beroperasi adalah 16 jam dalam sehari (24 jam). Sisa waktu yang 8 jam digunakan untuk *defrosting*. Ketika waktu yang dibutuhkan untuk mengoperasikan sistem refrigerasi selama 16 jam dalam sehari, maka beban total pendinginan (beban refrigerasi) harus dikalikan dengan 24jam/16jam.

$$Q_{\text{refrigerasi}} = \frac{24 \text{ jam}}{16 \text{ jam}} (Q_{\text{tot2}})$$

$$Q_{\text{refrigerasi}} = \frac{24 \text{ jam}}{16 \text{ jam}} (297,37W)$$

$$Q_{\text{refrigerasi}} = 446,055W$$

Jadi, beban total refrigerasi *Green Medical Box* sebesar 446,055 watt.

3.3 PERANCANGAN SISTEM REFRIGERASI

Setelah menghitung beban refrigerasi pada *Green Medical Box Portable*, maka langkah selanjutnya merancang sistem pemipaan refrigerasi dan sistem kelistrikannya.

3.3.1 Pemipaan Sistem Refrigersi *Green Medical Box Portable*

Pemipaan sistem refrigerasi pada *Green Medical Box Portable* tidak jauh beda dengan sistem pemipaan pada lemari es atau pendingin lainnya. Komponen-komponen sistem refrigerasi yang digunakan ialah kompresor, kondenser, evaporator *freezer*, evaporator *cooler*, pipa kapiler untuk *freezer*, pipa kapiler untuk *cooler*, solenoid valve untuk *freezer*, solenoid untuk *cooler*, Low Pressure (LP), check valve dan strainer.

Komponen-komponen diatas dihubungkan satu sama lainnya dengan menggunakan pipa tembaga (lihat gambar 3.12).

Dari gambar 3.12 terlihat bahwa setelah strainer ada percabangan pipa yang membagi laju aliran refrigeran yang mengalir ke evaporator *freezer* dan evaporator *cooler*. Fungsi strainer untuk menyaring kotoran-kotoran yang ikut mengalir bersama refrigeran. Kotoran-kotoran ini harus disaring supaya tidak menyumbat di dalam pipa kapiler.

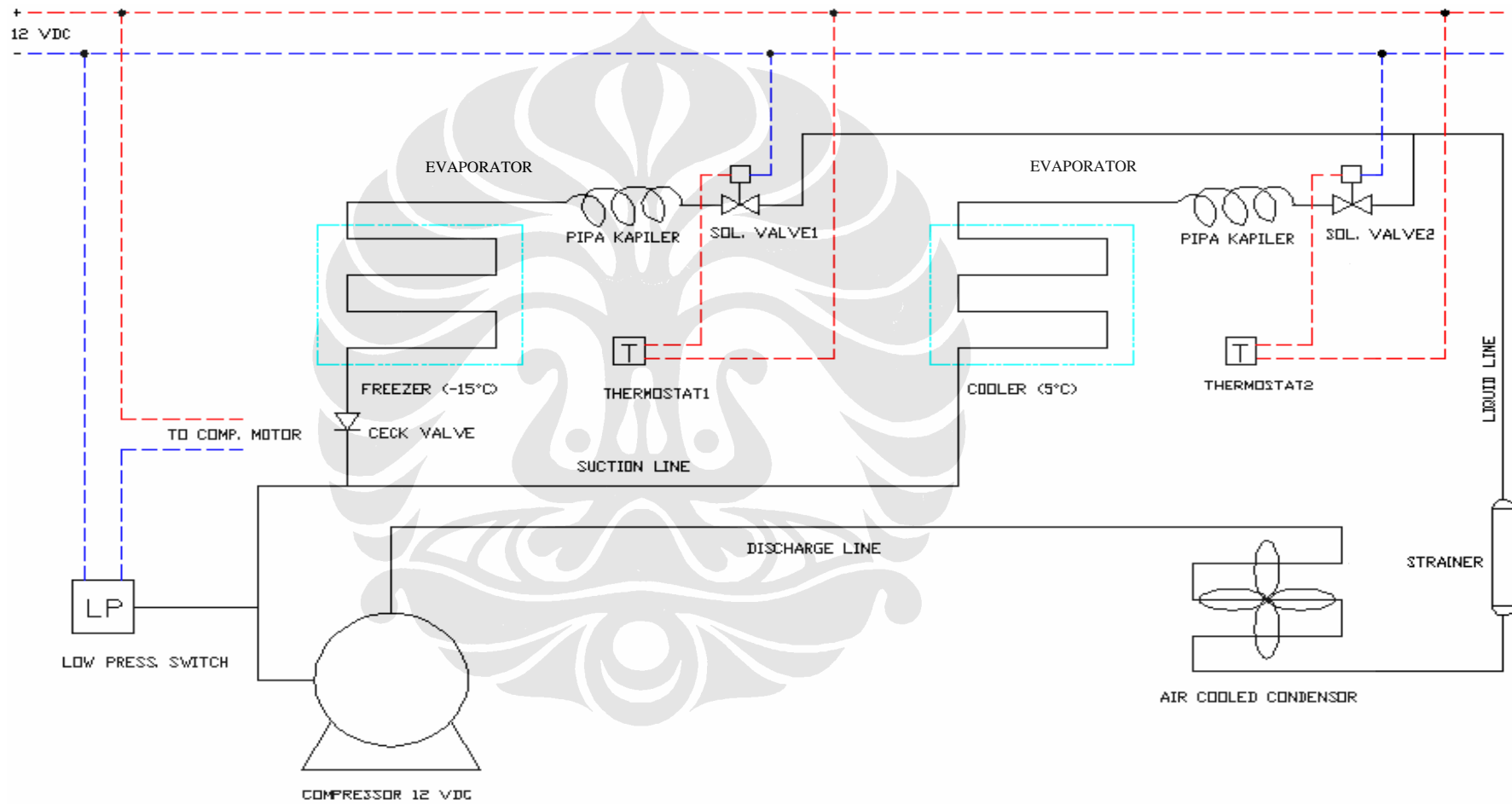
Solenoid valve 1 dan solenoid valve 2 dipasang sebelum evaporator *freezer* dan evaporator *cooler*. Masing-masing solenoid valve dikontrol oleh thermostat dimana sensor-sensor temperatur thermostat dipasang di kabin *freezer* dan kabin *cooler*.

Apabila sensor temperatur thermostat 2 mendeteksi temperatur kabin *cooler* 5 °C maka switch NC thermostat terbuka menyebabkan coil solenoid valve 2 tidak teraliri arus listrik DC sehingga katup solenoid valve tertutup. Menutupnya katup solenoid valve 2 mengakibatkan refrigeran tidak mengalir ke evaporator *cooler*. Dalam waktu tertentu, temperatur kabin *cooler* akan naik mencapai setingan di thermostat 2 sehingga switch NC thermostat 2 menutup dan coil solenoid valve kembali aktif dan katup solenoid valve terbuka sehingga refrigeran kembali mengalir ke evaporator *cooler*.

Prinsip kerja thermostat 1 sama dengan thermostat 2, yang membedakannya ialah setingan temperatur di kabin *freezer* -15 °C. Jadi thermostat 1 akan memutuskan arus listrik ke coil solenoid valve 1 apabila sensor temperatur thermostat 1 mendeteksi temperatur kabin *freezer* -15 °C.

Check valve dipasang setelah evaporator *freezer*, fungsinya adalah untuk mencegah aliran refrigeran yang keluar dai evaporator *cooler* masuk ke evaporator *freezer*. Hal ini bisa terjadi karena adanya perbedaan temperatur di evaporator *freezer* dan evaporator *cooler*.

Perbedaan temperatur ini mengakibatkan perbedaan tekanan. Karena temperatur evaporator *cooler* (-2 °C) lebih tinggi daripada temperatur evaporator *freezer* (-20 °C) maka tekananan di evaporator *cooler* lebih tinggi dari evaporator *freezer*.



Gambar 3.12 Skema pemipaan sistem refrigrasi *Green Medical Box Portable*

3.3.2 Kelistrikan dan Kontrol *Green Medical Box Portable*

Sistem kelistrikan/kontrol *Green Medical Box Portable* dapat dilihat pada gambar 3.13.

Ada beberapa alat kontrol yang dipakai yaitu thermostat (2 buah), relay, solenoid valve, low pressure switch dan saklar on/off (3 buah).

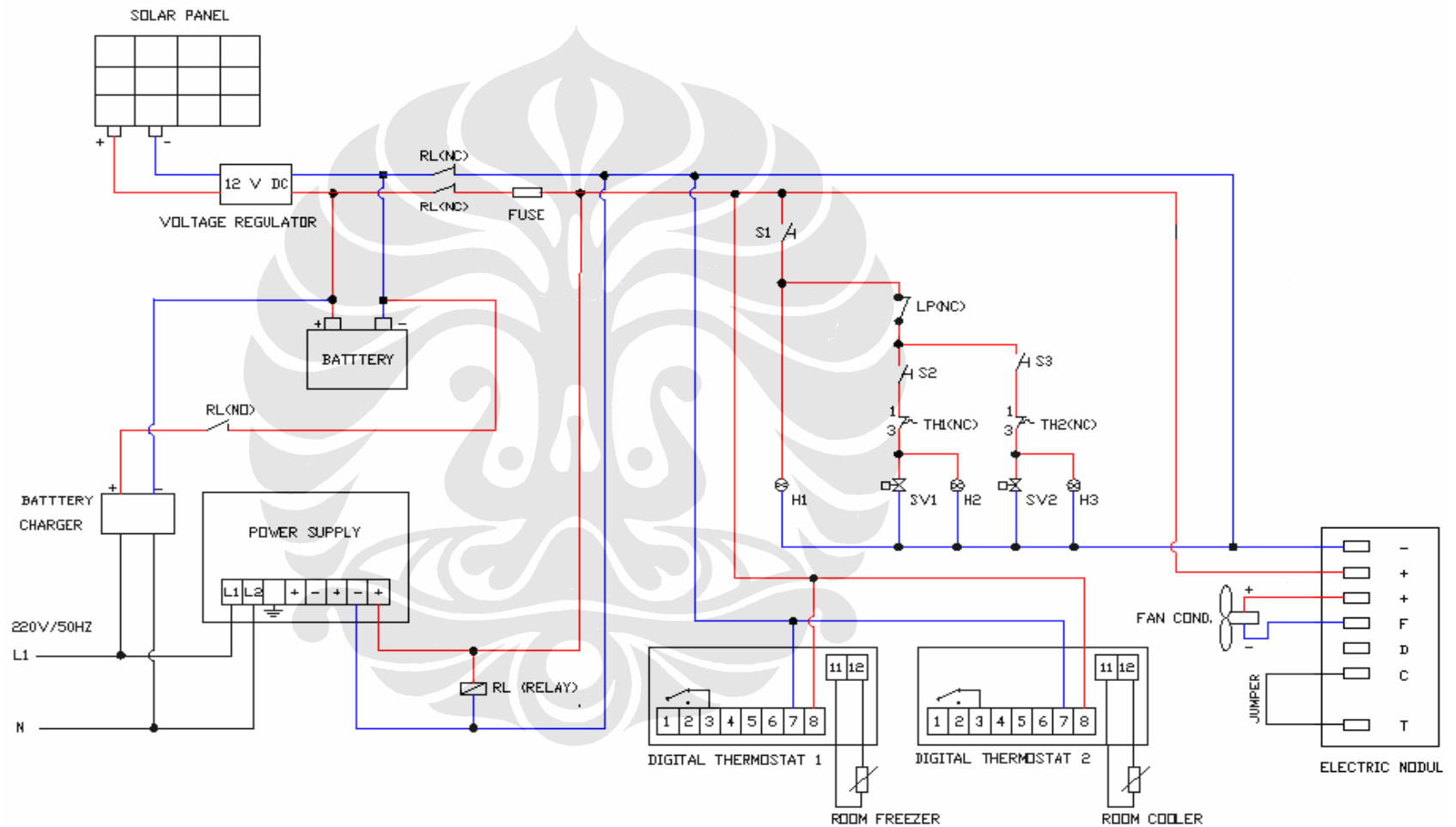
Sumber listrik yang dipakai berasal dari listrik PLN (terlebih dahulu diubah dari listrik AC menjadi DC dengan power supply), batere dan solar cell.

Dari gambar 3.13 dapat dilihat ketika sumber listrik berasal dari PLN maka coil relay (RL) akan bekerja/aktif, sehingga RL contact NO (normally open) menutup sehingga battery charger akan mengisi arus ke batere. Selain itu RL contact NC (normally close) terbuka sehingga listrik dari solar cell dan batere terputus. Sebaliknya, jika listrik PLN padam maka coil relay off/tidak aktif maka RL contact NO terbuka maka pengisian arus listrik ke batere berhenti. Selain itu RL contact NC menutup sehingga sistem beroperasi dengan sumber listrik yang berasal dari solar cell dan batere.

Low pressure switch NC berfungsi sebagai pengaman kompresor apabila tekanan di suction line terlalu rendah. Sensor tekanan low pressure (LP) diletakan di suction line, apabila sensor ini mendeteksi tekanan di suction line terlalu rendah (mencapai setingan) maka low pressure switch NC terbuka sehingga arus listrik yang mengalir ke kompresor terputus dan mengakibatkan kompresor off.

S1 merupakan saklar on/off utama yang mengoperasikan kompresor beserta komponen kontrol dan komponen pengamannya. S2 merupakan saklar on/off untuk mengaktifkan atau memutuskan arus ke solenoid valve 1. S3 merupakan saklar on/off untuk mengaktifkan atau memutuskan arus ke solenoid valve 2.

TH1 merupakan thermostat yang mengontrol solenoid valve 1, thermostat ini mempunyai sensor temperatur yang mendeteksi temperatur kabin *freezer*. Sedangkan TH 2 merupakan thermostat yang mengontrol solenoid valve 2, sensor temperatur thermostat ini mendeteksi temperatur di kabin *cooler*.



Gambar 3.13 Diagram kelistrikan/kontrol *Green Medical Box Portable*

