

BAB III

SISTEM PERANCANGAN

3.1 PENDAHULUAN

Sesuai dengan latar belakang yang ada, yaitu banyak daerah-daerah terpencil yang kesulitan mendapatkan es balok, dan juga musim panen tempat menangkap ikan yang berubah-ubah, maka dibutuhkan alat pembuat es balok yang portable. Supaya alat tersebut dapat portable, maka dibutuhkan suatu wadah yang mudah untuk dipindahkan. Berdasarkan dari pertimbangan tersebut, maka wadah yang memungkinkan adalah dengan menggunakan kontener.

Secara garis besar ada, system desain pada *containerized block ice plant* terbagi menjadi 2, yaitu:

1. Ruang produksi es, berfungsi untuk memproduksi es dan juga untuk mengeluarkan es balok dari cetakannya.
2. ruang mesin, yang berfungsi untuk menghasilkan dingin yang digunakan pada ruang produksi es balok.

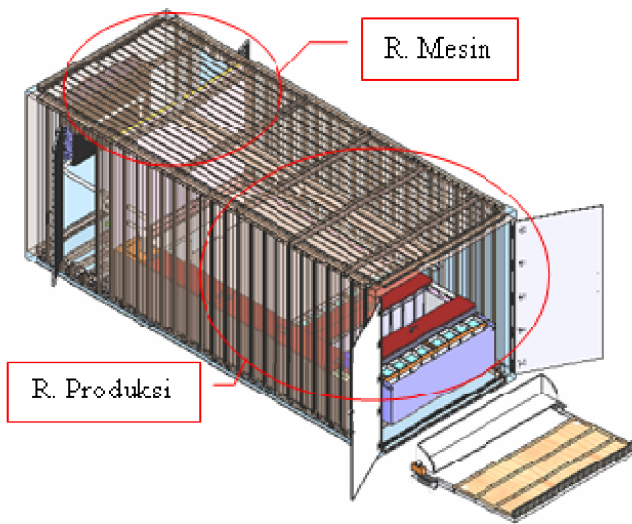
Mengingat produksi ini mempunyai keterbatasan pada volume ruangan, yaitu hanya sebuah kontainer 20 ft, maka posisi dari penempatan pembuat es harus dibuat seefisien mungkin. Dalam kontainer 20 ft tersebut berada ruang produksi es dan ruang mesin refrigrasi.

3.2 LAYOUT CONTAINERIZED BLOCK ICE PLANT

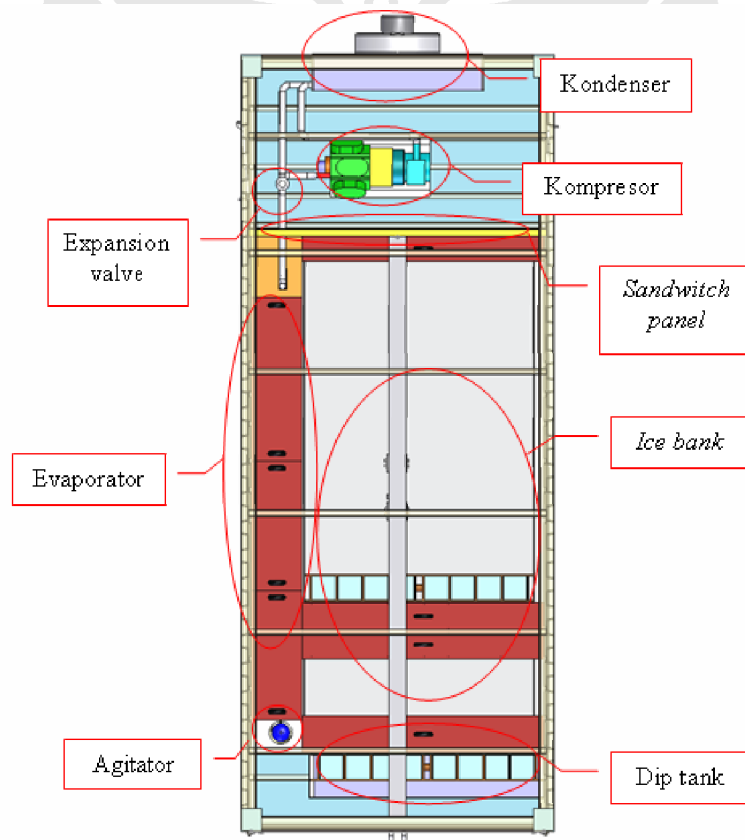
Perancangan *Containerized block ice plant* ini akan membagi kontainer menjadi:

1. Ruang produksi es seluas $2,26 \times 4$ m,
2. Ruang mesin refrigrasi seluas $2,26 \times 1,4$ m

Refrigerant dari ruang mesin refrigrasi akan mendinginkan pendingin sekunder (air garam) pada *ice bank*, yang kemudian mendinginkan air pada *ice can* hingga menjadi es balok.

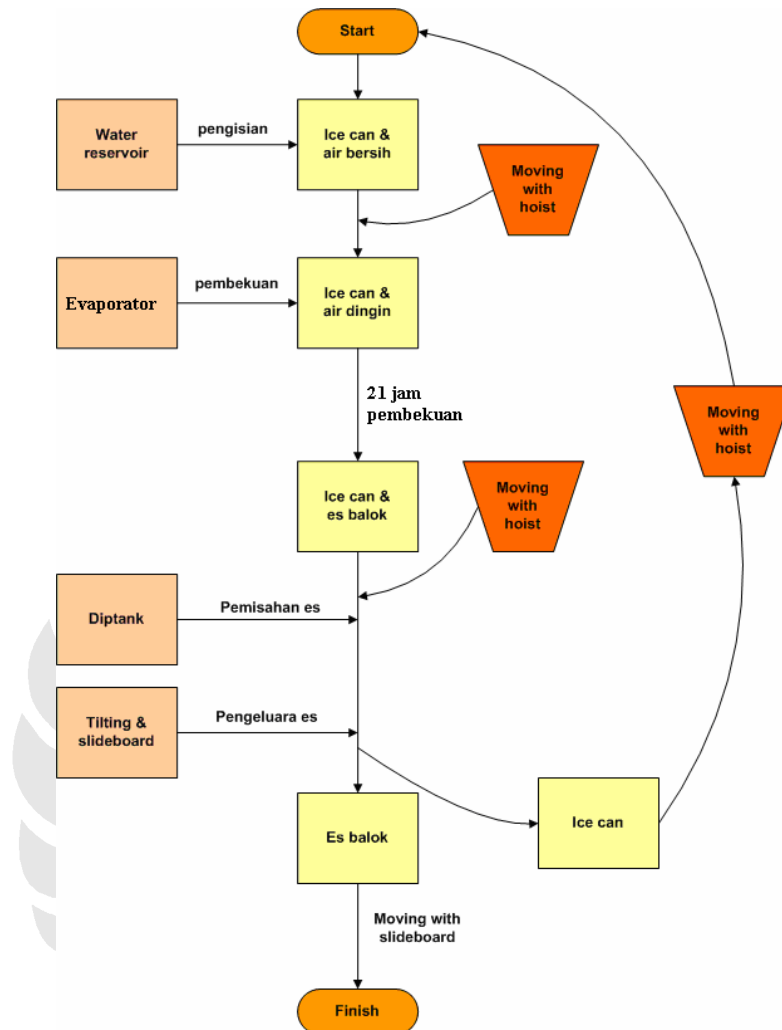


Gambar 9 Gambar kontainer secara keseluruhan



Gambar 10 Layout Containerized block ice plant

3.3 FLOW PROCESS



Gambar 11 Alur proses pembuatan es balok

Ice can diisi air bersih dari water reservoir, kemudian didinginkan didalam *ice bank* oleh air garam (brine) yang berasal dari evaporator untuk dibekukan. Setelah kurang lebih 21 jam, air tersebut sudah membeku, kemudian dimulai proses memanen. *Ice can* dimasukkan ke dalam *diptank* untuk proses pelepasan awal antara *ice can* dengan es balok. Kemudian ditempatkan pada *tilting* untuk pemisahan es balok dan *ice can*. Setelah itu, *ice can* diisi ulang kembali dari *water reservoir* dan ditempatkan kembali pada *ice bank* dengan menggunakan hoist.

3.4 ALAT-ALAT KONTAINER

3.4.1 Kontainer

Desain *containerized block ice plant* ini menjadikan kontainer berfungsi sebagai ruang produksi es. Sehingga dibutuhkan penambahan isolasi pada seluruh permukaan kontainer untuk mereduksi *heat loss*. Hal ini dilakukan dengan menambahkan *polyurethane* pada dinding kontainer. Selain dari itu untuk mengefisienkan ruangan yang ada kontainer, dilakukan beberapa modifikasi pada badan kontainer, yaitu:

- Ruang mesin
Pada bagian ruang mesin, kontainer dimodifikasi dengan pemotongan kontainer untuk membuat pintu pada kedua sisi ruang mesin. Pintu ruang mesin ini didesain berbentuk jeruji sehingga mempercepat sirkulasi udara dan perpindahan panas dari ruang mesin ke lingkungan. Selain itu, pada bagian belakang kontainer pada ruang mesinnya dipotong sedemikian rupa sebagai tempat condenser.
- *Sandwich panel*
Antara ruang *ice bank* dan ruang mesin dipisahkan dengan *sandwich panel* sebagai isolator. Isolator ini berfungsi mereduksi perpindahan kalor yang dihasilkan dari ruang mesin. *Sandwich panel* ini terdiri dari 3 lapisan, yaitu lapisan *carbonsteel – polyurethane – carbonsteel*.
- Langit-langit kontainer
Pada bagian dalam atas kontainer dipasang penyangga baru plat I *carbonsteel* sebanyak 6 buah dengan dilas. Kemudian plat I *carbonsteel* yang lain dipasang tegak lurus di atasnya, plat ini berfungsi untuk menahan gaya tarik dan gaya gravitasi dari *hoist*, *ice can*, dan es balok. Dan selain dari itu plat ini juga berfungsi sebagai jalur pergerakan *hoist*.

3.4.2 Ice bank

Ice bank/ bak es adalah tempat terjadinya pertemuan antara air garam dan *ice can*. Pada bagian inilah terjadinya proses *heat transfer* dari bak yang diisi dengan *brine* dan *can-can* yang diisi air bersih direndam pada bak tersebut.

3.4.2.1 Modifikasi bak

Pada bak tersebut dilakukan beberapa modifikasi untuk mengefektifkan tempatnya, seperti:

- Plat pemisah antara *brine* dan evaporator (*separator*)
Supaya *brine* dapat mendinginkan *ice can*, maka perlu adanya suatu aliran sistem refrigerasi yang dapat mendinginkan *brine* secara kontinu. Maka pada *ice bank* ini dibuat plat pemisah yang memiliki peran dalam pemerataan pendinginan *brine*. Evaporator akan mendinginkan secara langsung *brine* yang terdapat pada *ice bank*, yang kemudian *brine* tersebut disirkulasikan untuk mendinginkan air pada *ice can* hingga menjadi es balok.
- Agitator
Bagian sudut bak didesain konstruksi tempat agitator sedemikian rupa sehingga sirkulasi pendinginan *brine* oleh evaporator menjadi efektif, cepat, dan merata. Pada bagian tempat *ice can* lubangnya berada lebih ke atas, sedangkan pada arah evaporator lubangnya berada di bawah, sehingga dapat meratakan pendinginan baik pada *brine* bagian atas maupun bawah.
- Tempat penyangga *ice can*
Pada bagian sisi bak dan sisi plat *separator* dilas plat berfitur unik (trapesium) yang berfungsi sebagai tempat penyangga *ice can*. Selain itu juga pada plat *separator* bagian evaporator dilas plat U sebagai penyangga kayu penutup bak bagian evaporator.
- Dudukan evaporator
Pada ruang evaporator dilas beberapa plat sebagai tempat dudukan evaporator. Plat ini didisain berongga sehingga tidak mengganggu aliran *brine* di sekeliling evaporator. Plat ini ditempatkan masing-masing 4 plat pada bagian depan dan belakang evaporator

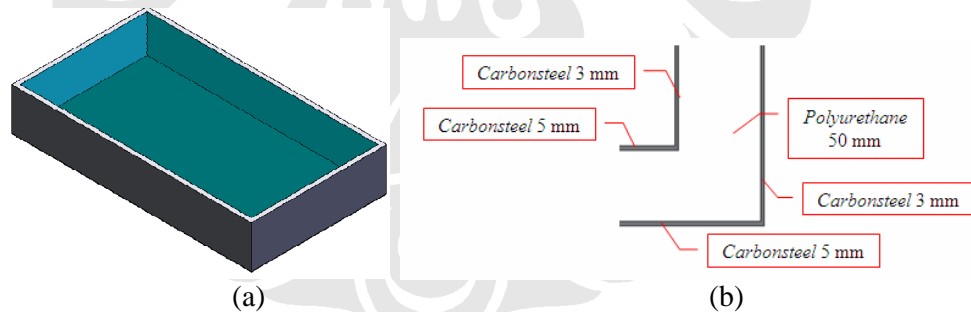
3.4.2.2 Material Bak

Melihat fungsi dari bak sebagai tempat penampung *brine*, maka dibutuhkan dinding-dinding yang mempunyai kekuatan yang baik untuk menahan golkakan-golkakan yang terjadi di dalam bak. Selain itu juga harus memiliki fungsi

isolator yang baik karena *brine* yang masuk ke dalam bak bertemperatur rendah. Dengan demikian dapat mengurangi *heatloss*.

Dari spesifikasi-spesifikasi yang disebutkan diatas, maka *brine tank* ini didesain menggunakan *sandwich panel*. Desainnya terdiri dari 3 lapisan, yaitu:

1. Lapisan luar: plat *carbonsteel* (dinding 3 mm, alas 5 mm),
Carbonsteel memiliki yield strength yang kuat. Karena lebar bak sesuai dengan lebar dalam kontainer, maka dapat diasumsikan bahwa kekuatan menahan bak juga dapat dibantu oleh dinding -dinding kontainer.
2. Lapisan isolasi: *polyurethane* 5 cm,
Polyurethane memiliki karakteristik konduktivitas thermal yang rendah. Melihat kekuatan tahanan bak terhadap golan *brine* telah teratasi dengan adanya dinding *carbonsteel* dan kontainer, maka yang menjadi focus utama dalam pendesainan bak ini adalah mengurangi *heatloss* seefektif mungkin sehingga didesain lapisan isolasi yang cukup tebal, yaitu 7 cm.
3. Lapisan dalam: plat *carbonsteel* (dinding 3 mm, alas 5 mm).
Lapisan ini selain untuk menahan bak dari golan *brine*, juga untuk melindungi *polyurethane* (isolator) dari air garam.



Gambar 12 (a) Ice bank, (b) Tiga lapisan pada ice bank

3.4.3 Ice Can

3.4.3.1 Karakteristik

Ice can adalah cetakan yang diisi air untuk dibekukan menjadi es melalui media pendingin *brine* (garam). Oleh karena itu, material dari cetakan harus memenuhi dua aspek yaitu:

- Aspek koefisien thermal

Sebagai medium perantara antara *brine* dan air, material *ice can* haruslah merupakan konduktor yang baik agar heat transfer dapat berlangsung lebih cepat dan lebih baik.

- Aspek ketahanan karat

Seperti yang telah diketahui bahwa *ice can* akan bersentuhan langsung dengan air garam, yaitu zat yang korosif, oleh sebab itu material yang digunakan harus tahan karat agar selain untuk menjaga mutu dari es tersebut juga untuk *ice can* tersebut dapat digunakan dalam jangka waktu yang cukup lama.

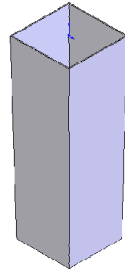
Dari dua aspek tersebut diatas, maka material yang cocok untuk digunakan adalah *carbonsteel* yang di cat dengan cat tahan karat/ *coating*, seperti yang digunakan pada kapal. Karena *carbonsteel* selain kuat, juga konduktor yang baik, serta mmenjadi tahan karat bila dilapisi cat tahan karat.

3.4.3.2 Bentuk *Ice Can*

Ukuran maupun bentuk cetakan bervariasi disesuaikan dengan kebutuhan atau yang biasa dipakai. Cetakan biasanya berbentuk *taper* (meruncing). Bentuk ini mempermudah pada waktu pengambilan es balok dari cetakkannya.

Cetakan tersebut merupakan plat-plat datar, disambung dengan rivet, tunggal atau ganda, solder ataupun las. Bagian bawah cetakan biasanya lebih tebal daripada bagian sisinya, yang bertujuan untuk menambah daya tahan terhadap korosi serta menambah kekuatan

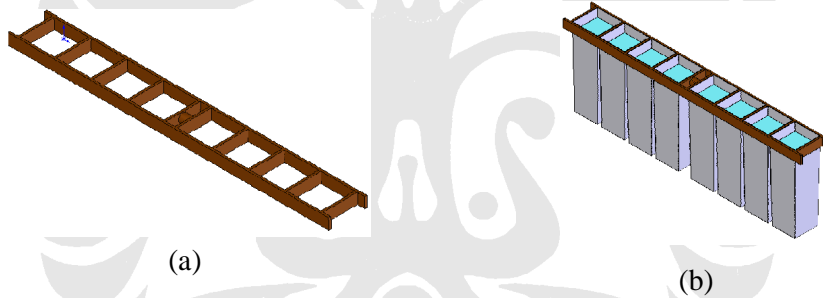
Karena adanya keterbatasan pada tinggi kontainer, maka tinggi dari *ice can* tersebut harus disesuaikan dengan tinggi maksimum yang bisa didapat agar proses pengangkatan dan pengeluaran *ice can* dari bak dapat dilakukan tanpa hambatan. Ukuran *ice can* yang kita gunakan adalah 190x190 mm pada bagian atas dan 170x170 mm pada bagian bawah dengan tinggi sebesar 490 mm.



Gambar 13 Ice Can

3.4.4 Penyangga *Ice Can*

Penyangga *ice can* adalah kerangka pada pinggiran-pinggiran *ice can* yang berfungsi untuk menggabungkan *can-can* agar mempermudah penyusunan *can-can* dalam bak sehingga tersusun rapi dalam satu baris. Penyangga ini juga berfungsi sebagai pemegang *can-can* pada saat direndam di bak. Tata letak atau konfigurasi dari penyangga sangat mempengaruhi aliran dari air garam, sehingga diperlukan penyesuaian jarak antar *ice can* sesuai dengan lebar *ice bank*.



Gambar 14 (a) Penyangga *ice can* (b) Asembli *ice can* dengan penyangga *can*

Jumlah *ice can* yang dapat diisi pada penyangga disesuaikan dengan lebar *ice bank*. Dalam satu baris, setiap *ice can* harus diberi jarak untuk memberi celah kepada *brine* untuk melewati permukaan *ice can*. Ukuran dari penyangga *ice can* ini disesuaikan dengan lebar dari bak dan juga dimensi dari *ice can* itu sendiri.

Pada bagian tengah penyangga *ice can* ditambahkan silinder pejal sebagai tempat *hoist* mengangkat *ice can*. Dimensi dari silinder tersebut juga harus diperhitungkan untuk mengetahui ketahanannya pada saat proses pengangkatan dilakukan.

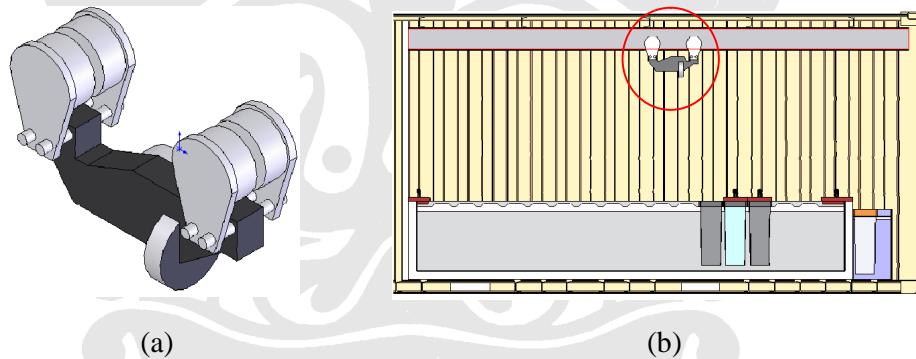
Dimensi ketebalan dan tinggi penyangga tersebut juga harus diperhitungkan karena harus mempunyai kemampuan menahan beban dari *ice can*

dan es balok. Sehingga diperlukan material yang kuat yaitu menggunakan *carbonsteel*.

3.4.5 Hoist

Hosit digunakan untuk memindahkan *ice can* satu baris untuk ditransfer ke *dip tank* dan tempat *tilting*, ataupun untuk pengangkatan kembali ke bak. *Hoist* yang digunakan harus memiliki dua derajat kebebasan, yaitu bergerak maju mundur sepanjang jalur rel dan bergerak menaikkan atau menurunkan tali. Jalur pada *hoist* tersebut adalah plat **I** yang berada pada langit kontainer.

Jenis *hoist* yang digunakan harus memenuhi spesifikasi dapat mengangkat beban sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. Pada disain ini digunakan hand chain *hoist*, yang penggunaannya dilakukan secara manual. Pengangkatan *ice can* dilakukan dengan menggaitkan *hook* pada silinder tengah penyangga. Untuk mencegah *hook* dapat berputar bebas, maka pada poros *hook* dilas sehingga berorientasi pada satu arah.



Gambar 15 (a) Hoist, (b) Posisi hoist terpasang

3.4.6 Brine

Brine adalah air garam yang berfungsi sebagai *secondary coolant*. Fluida yang ingin dibekukan adalah air, sehingga titik beku *brine* harus jauh dibawah titik beku dari air (0°C). *Brine* yang biasa digunakan adalah Sodium Clorida (NaCl) atau Kalsium Klorida (CaCl_2). Pemakaian NaCl akan mencegah kerusakan yang terjadi pada permukaan pendingin jika terjadi pembekuan, seperti pada *coil pipe cooler*, *evaporator*, atau *verti-flow coils*. CaCl_2 lebih baik digunakan pada *shell tubular coolers*, apabila *brine* mengalir didalam *tube*, dapat menggunakan NaCl jika kerapatan (*density*) dijaga.

Properti air garam yang digunakan, yaitu:

- Air garam yang digunakan adalah garam dapur (NaCl) dengan konsentrasi massa 23% dalam larutan
- Massa jenis air garam, $\rho_{\text{air garam}} = 1187,5 \text{ kg/m}^3$
- Viskositas air garam, $\mu_{\text{air garam}} = 0,006259 \text{ Pa.s}$
- Kalor jenis air garam, $c_{p \text{ air garam}} = 3300 \text{ J/(kg.K)}$
- Konduktivitas termal air garam, $k_{\text{air garam}} = 0,518 \text{ W/(m.K)}$
- Laju aliran massa air garam, $\dot{m}_{\text{air garam}} = 178,125 \text{ kg/s}$

Brine dalam bak akan didinginkan oleh *coil pipe cooler* (evaporator) kemudian disirkulasikan oleh agitator sehingga temperature pada *brine* merata. Jarak antar cetakan dibuat menyempit agar terjadi gesekan antara *brine* dengan cetakan sehingga transfer kalor yang terjadi lebih baik.

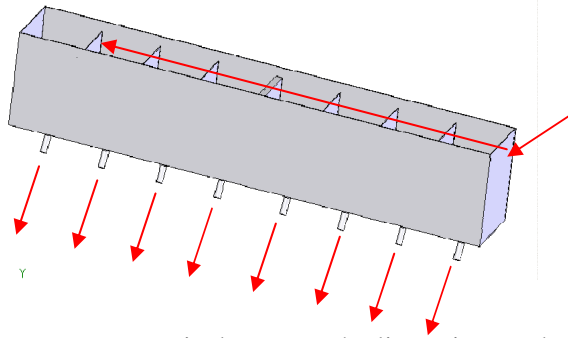
3.4.7 Water Reservoir

Water reservoir adalah tempat penampungan air sementara untuk pengisian *ice can*. Fungsinya adalah untuk mempercepat dan mempermudah proses pengisian air ke *ice can*. Peletakan dari *water reservoir* berada di atas kontainer dekat tempat *tilting*, dimana ketika es balok sudah keluar dari *ice can*, maka secara langsung *ice can* tersebut akan diisi air kembali.

Di dalam *water reservoir* ini, dibuat ruang sekat-sekat untuk *Quality Control* (QC) dari hasil cetakan es balok. Setiap *ice can* sudah mempunyai volume masing-masing. Ketika keran dibuka, air yang diisi pada setiap *ice can* akan merata volumenya, begitu pula ketika *ice can* berikut-berikutnya diisi.

Ketika air pada *water reservoir* sudah kosong, maka keran ditutup dan kemudian akan diisi kembali melalui pipa dari satu sisi *water reservoir*. Sistem pengisiannya adalah ketika volume sekat *ice can* diujung sudah penuh, maka air akan mulai memenuhi ke ruang sekat berikutnya hingga semua volume sekat terisi. Pada bagian sisi satu laginya dibuat lubang untuk mengetahui apabila air sudah penuh pada *water reservoir*. Jika sudah penuh, air akan tumpah keluar dari sisi satunya.

Material yang digunakan untuk *water reservoir* ini adalah *carbon steel* plat datar 3 mm, dan silinder berlubang diasembli dengan cara pengelasan.

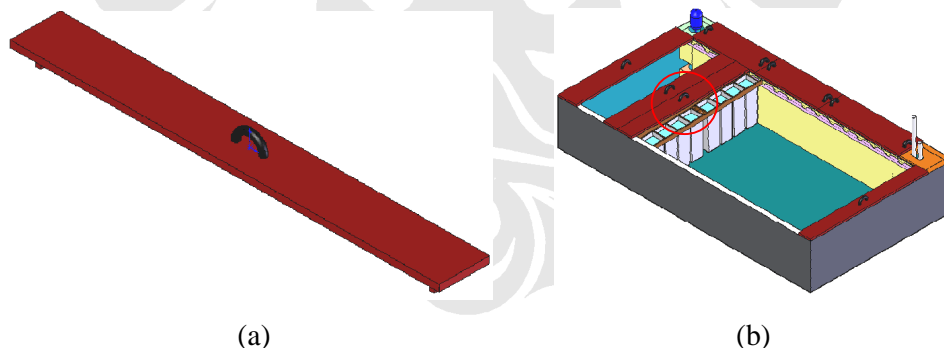


Gambar 16 Water reservoir dengan arah aliran air masuk dan keluar

3.4.8 Penutup Bak

Penutup bak berfungsi menutup *can-can* yang ada didalam bak untuk mengurangi *heat losses* yang terjadi pada saat pembekuan es. Pada bagian tengah penutup bak dipasang tempat cantolan agar penutup bak dapat dipindah-pindahkan dengan menggunakan *hoist*. Selain panjang dari penutup bak juga harus disesuaikan dengan dimensi bak.

Material yang digunakan untuk penutup ini tidak perlu terlalu kuat, namun harus merupakan jenis isolator yang baik, karena itu material yang digunakan adalah kayu, namun untuk cantolan karena membutuhkan kekuatan yang cukup baik, maka digunakan material *steel*.



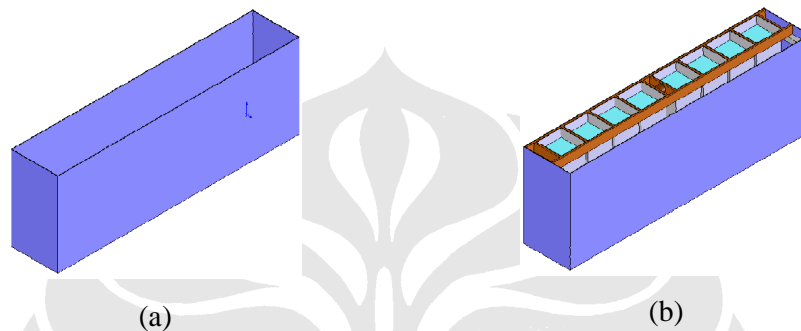
Gambar 17 (a) Kayu penutup bak (b) Posisi pemasangan penutup bak

3.4.9 Dip tank

Diptank adalah tempat melakukan pemisahan antara es balok dengan *ice can*. Setelah air es sudah membeku sepenuhnya, maka *ice can* satu baris akan diangkat oleh *hoist* dan kemudian akan dipindahkan ke *dip tank*. Di dalam *dip tank* es direndam kembali dengan menggunakan air hangat. Fungsinya agar permukaan es balok yang menempel dengan *ice can* dapat mencair. Setelah es mulai

mengambang barulah diangkat untuk dilakukan proses pengeluaran. Temperatur air dalam *diptank* tidak boleh lebih dari 21,1 °C untuk menghindari adanya tegangan pada es dan retakan.

Material untuk *diptank* ini tidak membutuhkan bahan yang baik, cukup dapat menampung air dan tidak menyerap air. Selain itu pula harus solid, tidak boleh ada kebocoran. Karena itu material yang digunakan dapat berupa dari *carbonsteel*.



Gambar 18 (a) Diptank, (b) Ice can yang direndam dalam diptank

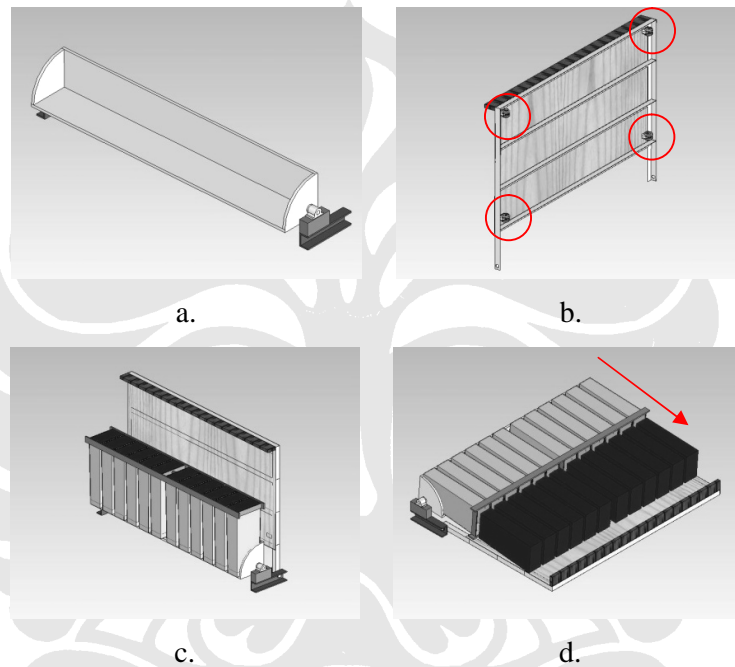
3.4.10 Tilting Dan Slide Board

Tilting adalah tempat untuk merubuhkan *ice can* sehingga es balok dapat keluar. Bentuknya seperti meja yang ditahan dengan poros yang dapat diputar - putar pada kedua ujungnya. Pada saat *ice can* dirubuhkan, tali dari *hoist*, tetap berada pada penyangga *ice can* sehingga ketika jatuh ada yang menahan dan lebih mudah ketika pengangkatan *ice can* kembali. Pada tilting ini dipasangkan roda yang memungkinkannya menjadi portable. Ketika dibutuhkan dalam penen es tilting dikeluarkan, tetapi setelah selesai dapat disimpan kembali ke tempat lain.

Slideboard adalah sebuah papan sebagai tempat penampung es balok yang sudah terlepas dari *ice can*. Fungsinya adalah sebagai wadah untuk memudahkan pemindahan es balok ke tempat yang diinginkan. Bagian ujung dari *slideboard* dipasangkannya penyangga supaya menahan es balok yang keluar dari *ice can* tidak jatuh keluar *slideboard*. Untuk memudahkan pemindahan, maka pada bagian bawah *slideboard* dipasangkan roda. Untuk pengangkatan *slideboard* dan penurunan *slideboard*, maka pada ujung *slideboard* juga diklem pada dasar *tilting*. Di klem agar memudahkan pemasangan dan pelepasan *slideboard* dari *tilting*.

Posisi dari *tilting* dan *slideboard* terhadap kontainer berada dekat pintu kontainer. Posisi dari *tilting* terhadap *slideboard* harus lebih tinggi daripada *slideboard* sehingga pemudahan pengeluaran.

Material yang digunakan pada *tilting* harus lumayan kuat untuk menahan beban dari *ice can* dan es balok, yaitu kayu. Untuk *slide board*, perlu dibuat konstruksi pada pinggir-pinggirnya supaya kokoh dengan menggunakan *steel*. Untuk papan penadahnya cukup menggunakan kayu.



Gambar 19 (a) Tilting, (b) Slide board, (c) Posisi Ice can pada tilting, (d) Posisi ketika merubuhkan ice can

Jarak antara *tilting* dengan *slideboard* tidak boleh terlalu jauh dan juga tidak boleh terlalu dekat. Apabila terlalu dekat, maka *tilting* tidak dapat berputar penuh karena tertahan *slide board*. Apabila terlalu jauh juga tidak efisien. Panjang dari *slide board* juga tidak boleh terlalu panjang dan juga tidak boleh terlalu pendek. Terlalu panjang akan mengakibatkan tidak efisien pada saat dirapihkan ke dalam kontainer karena ada tinggi maksimum dari pintu. Terlalu pendek akan mengakibatkan kesulitan pengeluaran es balok dari *ice can* karena hanya sebagian dari es balok yang dapat keluar dari *ice can*. Setelah es balok sudah keluar, maka klem pada *slide board* dibuka dan kemudian akan di pindahkan.

3.4.11 Refrigerant

Sebelum menentukan refrigerant yang cocok untuk digunakan bagi *containerized block ice plant*, maka perlu adanya referensi mengenai refrigerant-refrigerant yang ada pada saat ini. Dari beberapa syarat seperti indeks ODP dan HGWP yang rendah, tidak mudah terbakar dan tidak beracun, mempunyai temperatur uap yang rendah, serta beban refrigerasi yang cukup besar, maka ada beberapa refrigerant yang memenuhi persyaratan dan umum digunakan dalam kehidupan sehari-hari, yakni:

Tabel 2 Beberapa refrigerant yang dipilih

Refrigerant	ODP	HGWP	Temperatur Didih	Efek Refrigerasi (kJ/kg)	COP	Safety	Harga ^[12] (\$/kg)
R22	0,05	0,40	-40,81	162,67	4,66	A1	7,5
R134a	0,0	0,26	-26,074	148,03	4,6	A1	8,75
R404A	0,0	0,94	-46,222	114,15	4,21	A1	20,12
R407C	0,0	0,70	-43,627	163,27	4,5	A1	27,56
R507A	0,0	0,98	-46,741	110,14	4,18	A1	26,11
R717	0,0	0,0	-33,327	1103,14	4,76	B2	1,7

Dari beberapa refrigerant diatas, R134a adalah yang kelihatannya paling cocok digunakan. Karena selain indeks ODP dan HGWP-nya rendah, R134a mempunyai efek refrigerasi yang cukup besar dan harganya juga relatif murah. Selain itu, R134a juga aman karena berada pada *grade* A1. Akan tetapi, pada kenyataannya R134a tidak cocok jika digunakan untuk sistem refr igerasi yang cukup besar seperti untuk pabrik pembuatan es. Selain itu R134a tidak cocok digunakan untuk temperatur evaporator yang rendah (di bawah -20°C). Untuk R507A, selain kinerjanya tidak terlalu bagus, harganya juga relatif lebih mahal. Indeks HGWP R507A juga dinilai masih terlalu tinggi meskipun indeks ODP -nya nol.

Refrigerant yang cocok digunakan dalam sistem refrigerasi yang cukup besar seperti pabrik pembuatan es adalah R22, R404A, R407C, dan R717. Akan tetapi walaupun R22 memiliki efek refrigerasi yang bagus, indeks ODP R22 masih lebih dari nol. Sehingga untuk mungkin saja R22 suatu saat tidak boleh diproduksi lagi. Untuk R404A, dia memiliki kinerja yang paling rendah dan

indeks HGWP-nya pun mendekati 1. Sedangkan untuk R407C, harganya jauh lebih mahal daripada refrigerant-refrigerant yang lain meskipun performanya bagus. R717 meskipun indeks ODP dan HGWP-nya sama dengan nol, namun keamanannya hanya pada *grade* B2. Ini berarti R717 selain berbahaya juga dapat terbakar.

Dari sekian jenis refrigerant yang sesuai kriteria, R22 dipilih sebagai refrigerant yang digunakan. Karena memiliki nilai efek refrigerasi dan COP yang besar, HGWP yang kecil, serta harganya sangat terjangkau. R22 ini pun sangat umum digunakan dalam sistem pendinginan, sehingga diharapkan jika terjadi kerusakan teknisi setempat dapat memperbaikinya. Namun, refrigerant ini masih memiliki nilai ODP, walaupun sangat kecil.

3.5 MESIN-MESIN REFRIGERASI

3.5.1 Kompresor Refrigerant

Dalam proses refrigerasi, kompresor berperan seperti jantung dalam tubuh manusia. Fungsinya adalah selain mengkompresi uap refrigerant juga berfungsi untuk mengalirkan refrigerant supaya bisa terus bersirkulasi. Pemilihan kompresor sangat penting sekali karena biasanya pemilihan kompresor berpengaruh terhadap biaya produksi dari es balok yang dibuat dan harga dari *containerized block ice plant* itu sendiri. Sehingga pemilihan kompresor sebaiknya berdasarkan pada kriteria-kriteria berikut ini:

- Kompresor yang digunakan harus mampu menghasilkan beban pendinginan pada evaporator sesuai dengan beban pendinginan yang digunakan.
- Daya input listrik kompresor diusahakan serendah mungkin. Sebab semakin besar daya listrik yang digunakan, maka biaya listrik yang digunakan juga semakin mahal.
- Bentuk dan ukuran kompresor harus seringkasa mungkin sehingga tidak menghabiskan banyak tempat dalam ruang mesin.
- Harga kompresor tidak boleh terlalu mahal karena berpengaruh terhadap harga dari unit *containerized block ice plant*.

Dengan kriteria seperti di atas, ditentukanlah kompresor yang sesuai dengan beban pendinginan perancangan. Pada penentuan kompresor ini digunakan software dan katalog dari Bitzer.

3.5.2 Evaporator

Evaporator adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengambil kalor lingkungan sehingga temperatur lingkungan menjadi turun. Dalam *containerized block ice plant* ini evaporator digunakan untuk mendinginkan *secondary coolant* yang berfungsi mendinginkan air hingga beku. Berikut ini adalah beberapa kriteria yang digunakan dalam perancangan evaporator :

- Evaporator harus mampu mendinginkan *secondary coolant* ke temperatur yang diinginkan agar waktu pematangan es sesuai dengan yang diharapkan.
- Bentuk evaporator harus seringkasan mungkin agar tidak menghabiskan banyak tempat.
- Perawatan evaporator harus mudah dilakukan serta suku cadangnya banyak tersedia (tidak langka).

Berdasarkan kriteria tersebut maka pada perancangan ini digunakan evaporator *coil/ tubes* yang dibenamkan ke dalam *brine*. Disamping mudah dalam instalasi produksinya dan perawatannya, juga sangat murah bila dibandingkan dengan evaporator *brine* lainnya, seperti PHE.

3.5.3 Kondenser

Performa pengambilan kalor oleh refrigerant di evaporator tergantung pada kinerja dari kondenser yang digunakan. Untuk itu kondenser yang digunakan harus mampu memenuhi beberapa kriteria berikut ini, yaitu:

- Kondenser harus mampu mendinginkan refrigerant sehingga refrigerant menjadi cair kembali pada temperature yang diinginkan.
- Ukuran kondenser tidak boleh terlalu besar, baik itu panjang maupun lebar serta tinggi/tebal kondenser tersebut.
- Temperatur kondensasi harus serendah mungkin dengan batas ukuran yang telah ditentukan sehingga daya kompresornya tidak terlalu besar.

- Daya listrik untuk kipas kondenser harus juga serendah mungkin untuk memangkas biaya produksi *containerized block ice plant* itu sendiri maupun biaya untuk pembuatan es nantinya.
- Pembuangan panas dari kondenser harus langsung ke udara bebas. Sebab jika tidak maka temperatur ruangan akan menjadi panas dan akibatnya kinerja mesin-mesin pendingin tidak lagi optimal.

Setelah ditentukan daya kondensasi yang dibutuhkan, maka dipilihlah kondenser yang sesuai dengan criteria di atas. *Güntner Product Calculator Customer* membantu dalam pemilihan kondenser pada perancangan ini.

3.5.4 Alat Ekspansi

Alat ekspansi yang digunakan pada perancangan ini harus lah:

- Mampu menurunkan tekanan sesuai dengan tekanan yang diinginkan,
- Memiliki sensitivitas tinggi dalam mengatur bukaan katup,
- Memiliki *long life time*,
- Umum digunakan dan berada dipasaran, serta harganya tidak teralu mahal.

Berdasarkan kriteria tersebut maka pada perancangan ini menggunakan katup ekspansi termostatik.