

ANALISA PERHITUNGAN BEBAN KALOR DAN PEMILIHAN KOMPRESOR DALAM PERANCANGAN *AIR BLAST FREEZER* UNTUK MEMBEKUKAN ADONAN ROTI DENGAN KAPASITAS 250 KG/JAM

Erwin Dermawan¹, Syawaluddin², Muhammad Reza Abrori³, Nelfiyanti⁴, Anwar Ilmar Ramadhan⁵

¹Teknik Elektro, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Jakarta, Indonesia

^{2,3,5}Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Jakarta, Indonesia
e-mail: ⁵anwar.ilmar@ftumj.ac.id

⁴Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Jakarta, Indonesia

Diterima: 15 Nopember 2017. Disetujui : 26 Nopember 2017. Dipublikasikan : 4 Desember 2017



©2017 -TESJ Fakultas Teknik Universitas Maarif Hasyim Latif. Ini adalah artikel dengan akses terbuka di bawah lisensi CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

ABSTRAK

Mesin *Air Blast Freezer (ABF)* adalah salah satu alat pembeku makanan dalam dunia refrigerasi. Dalam perancangan *Air Blast Freezer* ini, tahapan yang paling menentukan adalah saat perhitungan beban kalor yang akan menjadi acuan bagi perancang dalam pemilihan kompresor. PT. XYZ dalam hal ini untuk memenuhi permintaan pelanggan untuk 2 unit ruangan ABF dengan kebutuhan membekukan adonan roti berkapasitas 250 kg/jam di tiap ruangan melakukan perhitungan beban kalor ABF dengan asumsi total beban kalor sebesar 41,5 kW dan menggunakan kompresor 62WBHE 900rpm sebagai penopangnya. Sehingga saat ini terdapat 2 kompresor tipe 62WBHE 900rpm yang berjalan, dan 2 unit kompresor yang sama direncanakan untuk proyek 2 ABF selanjutnya. Kondisi aktual yang didapatkan dengan cara observasi dan analisa perhitungan serta pemilihan kompresor, beban kalor ternyata hanya 37,81 kW, dan cukup apabila hanya menggunakan kompresor 42WBHE 900rpm yang ukurannya lebih kecil dan kebutuhan dayanya juga lebih kecil.

Kata Kunci: Adonan roti, kompresor, mesin *air Blast Freezer*

PENDAHULUAN

Di industri pangan, telah dikembangkan metode pembekuan untuk mempercepat proses pembekuan yang memungkinkan produk membeku dalam waktu yang pendek. Pembekuan cepat akan menghasilkan kristal es berukuran kecil sehingga akan meminimalkan kerusakan tekstur bahan yang dibekukan. Selain itu, proses pembekuan cepat juga menyebabkan terjadinya kejutan dingin (*freeze shock*) pada mikroorganisme dan tidak terjadi tahap adaptasi mikroorganisme dengan perubahan suhu sehingga mengurangi resiko pertumbuhan mikroorganisme selama proses pembekuan berlangsung. Di antara teknik pembekuan cepat yang dipakai industri adalah *Air Blast Freezer (ABF)*.

Dimulai dari kapasitas dan ketersediaan ruang yang dibutuhkan *customer*, pihak PT. XYZ melakukan perancangan untuk memenuhi kebutuhan *customer*. Dalam pemilihan

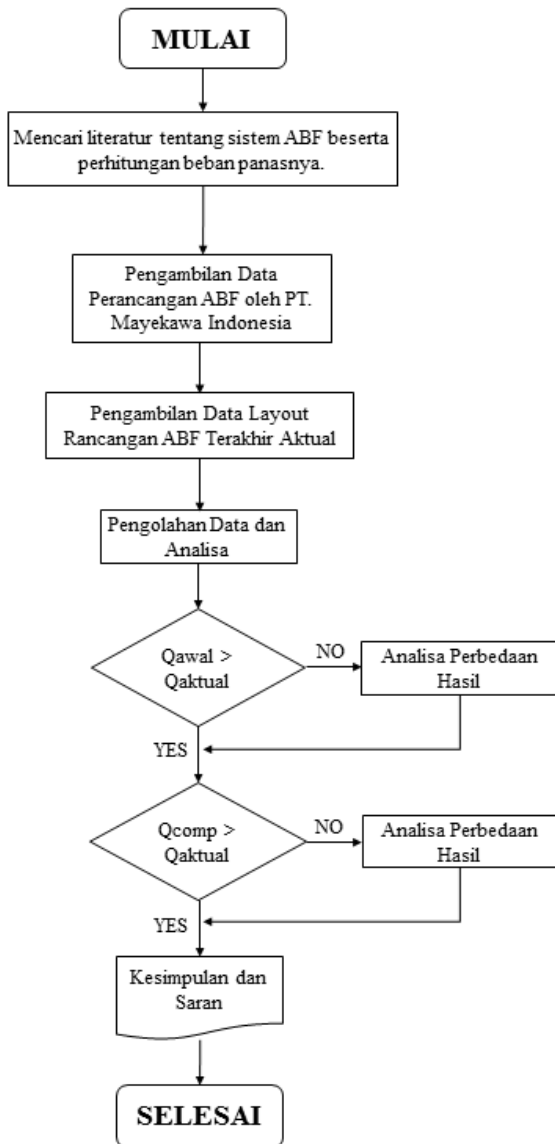
kompresor, PT. XYZ menggunakan *software* buatan sendiri yaitu MycomW versi 2016.

Dalam proyek ABF kali ini PT. XYZ diminta untuk mampu membekukan 250kg adonan roti dalam 1 jam dengan jumlah ruang ABF yang diminta sebanyak 2 ruangan. Didapati masing-masing ruangan memiliki beban kalor sebesar 41,5 kW dengan target temperatur ruangan -35C. Setiap ruangan ABF ditopang oleh kompresor 62WBHE dengan *refrigerant ammonia*. Namun beban kalor yang didapat tersebut bukanlah kondisi akhir dari dimensi dan perencanaan ruangan ABF yang *actual* di lapangan.

Dari masalah tersebut, ingin menganalisis ulang perhitungan beban dan pemilihan kompresor yang dilakukan PT. XYZ, dengan tambahan ada 2 ruangan ABF serupa dengan yang telah dibuat saat ini.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alur penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

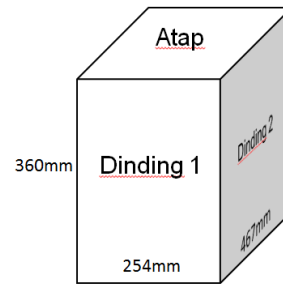
Perhitungan Beban Kalor Ruang ABF

1. Beban kalor dari luar ruangan melalui dinding
 Dengan menggunakan persamaan (1).

$$q_{transmisi} = U.A.(t_o - t_r) \text{ [kcal/h]} \quad (1)$$

$$= (k/d). A.(t_o - t_r) \text{ [kcal/h]}$$

Maka, dapat dihitung beban kalor yang melalui masing-masing dinding ruangan yang diisolasi dengan bahan polyurethane yang memiliki nilai $k=0,018 \text{ kcal/m.h.}^\circ\text{C}$.



Gambar 2. Skema dimensi ruangan ABF aktual

Dengan ketebalan dinding insulasi 150mm untuk tiap sisi kecuali lantai yang tebalnya 250 mm, maka:

- a. $q_{transmisi} \text{ Atap} = (0,018/0,15).(2,54 \times 4,67).(25 - (-35)) \text{ [kcal/h]} = 85,4 \text{ [kcal/h]}$
- b. $q_{transmisi} \text{ Lantai} = (0,018/0,25).(2,54 \times 4,67).(15 - (-35)) \text{ [kcal/h]} = 42,7 \text{ [kcal/h]}$
- c. $q_{transmisi} \text{ Dinding 1} = (0,018/0,15).(2,54 \times 3,6).(25 - (-35)) \text{ [kcal/h]} = 65,8 \text{ [kcal/h]}$
- d. $q_{transmisi} \text{ Dinding 2} = (0,018/0,15).(4,67 \times 3,6).(-35 - (-35)) \text{ [kcal/h]} = 121,0 \text{ [kcal/h]}$
- e. $q_{transmisi} \text{ Dinding 3} = (0,018/0,15).(2,54 \times 3,6).(25 - (-35)) \text{ [kcal/h]} = 65,8 \text{ [kcal/h]}$
- f. $q_{transmisi} \text{ Dinding 3} = 0,018/0,15).(4,67 \times 3,6).(-35 - (-35)) \text{ [kcal/h]} = 0,0 \text{ [kcal/h]}$
 (karena sisi ini berdempetan dengan 1 ABF lainnya)

Jadi, total $q_{transmisi}$ adalah 380,9 kcal/h.

2. Beban infiltrasi

Dengan menggunakan Tabel 2.

Tabel 1. Entalpi dan massa jenis udara berdasarkan Suhu

TEMP. °C	ENTHALPY kcal/kg	DENSITY kg/m ³
-45	-10.788	0.6455
-40	-9.566	0.6598
-35	-8.331	0.6741
-30	-7.073	0.6884
-25	-5.778	0.7000
-20	-4.432	0.7173
-15	-3.000	0.7300
-10	-1.452	0.7471
-5	0.35	0.7624
0	2.261	0.7781
5	4.45	0.7945
10	7.009	0.8117
15	10.057	0.8300
20	13.745	0.4980
25	18.269	0.8717
30	23.882	0.8962
35	30.913	0.9241
36	32.526	0.9302

Karena menggunakan satuan akhir pada perhitungan ini maka akan menggunakan persamaan (2):

$$q_{inf} = \rho_{u,r} \times V_{cs}(h_u - h_{u,r}) \cdot n \quad (2)$$

[kcal/h]

Dengan menggunakan Tabel 1 dengan asumsi yang sama yaitu temperatur luar ruangan 25C dan temperatur ruangan ABF -35C, maka akan didapat beban infiltrasi:

$$q_{inf} = 0,6741 \text{ [m}^3/\text{kg]} \times (2,54 \times 4,67 \times 3,6) \text{ [m}^3] \times (18,269 - (-8,331)) \text{ [kcal/kg]} \times 1,5 \text{ kali buka dalam 1 jam} = 765,7 \text{ kcal/h}$$

3. Beban kalor dari produk

Beban kalor pada proses pembekuan roti didapat melalui 3 tahap yaitu:

a. Kalor Adonan Roti yang diambil yaitu dimulai dari suhu awal inti produk dengan asumsi 22C sesuai unjuk kerja pada design sheet sampai menuju titik beku produk -4C, maka:

$$Q_{pembekuan1} = m_{adonan \text{ roti}} \cdot C_{padonan \text{ roti}} \cdot (\Delta T_{adonan \text{ roti}}) \text{ [kcal/h]} = 250 \text{ [kg/h]} \cdot 0,68 \text{ [kcal/(kg} \cdot \text{C)]} \cdot (22 - (-4)) \text{ [C]} = 4420 \text{ [kcal/h]}$$

b. Pembuangan kalor laten di titik beku, maka:

$$Q_{pembekuan2} = m_{adonan \text{ roti}} \cdot Q_{adonan \text{ roti}} \text{ [kcal/h]} = 250 \text{ [kg/h]} \cdot 40 \text{ [kcal/kg]} = 10000 \text{ [kcal/h]}$$

c. Pembekuan Adonan Roti hingga suhu yang dikehendaki pada inti adonan roti di angka -18C, maka:

$$Q_{pembekuan3} = m_{adonan \text{ roti}} \cdot C_{padonan \text{ roti}} \cdot (\Delta T_{adonan \text{ roti}}) \text{ [kcal/h]} = 250 \text{ [kg/h]} \cdot 0,43 \text{ [kcal/(kg} \cdot \text{C)]} \cdot (-4 - (-18)) \text{ [C]} = 1505 \text{ [kcal/h]}$$

Jadi, total q_{produk} adalah 15925 kcal/h.

4. Beban kalor dari rak dan papan alas rak

Dengan menggunakan rumus yang sama dengan perhitungan beban produk maka didapatkan:

a. $Q_{rak} = m_{rak} \cdot C_{prak} \cdot (\Delta T_{rak}) \times \text{jumlah}$ [kcal/h]
 $= 15 \text{ [kg/h]} \cdot 0,11 \text{ [kcal/(kg} \cdot \text{C)]} \cdot (25 - (-30)) \text{ [C]} \times 12 = 1089,0 \text{ [kcal/h]}$

b. $Q_{papan \text{ alas}} = m_{papan \text{ alas}} \cdot C_{ppapan \text{ alas}} \cdot (\Delta T_{papan \text{ alas}}) \times \text{jumlah}$ [kcal/h]
 $= 1,2 \text{ [kg/h]} \cdot 0,11 \text{ [kcal/(kg} \cdot \text{C)]} \cdot (25 - (-30)) \text{ [C]} \times 240 = 1742,4 \text{ [kcal/h]}$

Jadi, total q_{rak} dan $q_{papan \text{ alas}}$ adalah 2831,4 kcal/h.

5. Beban kalor dari kipas

Dengan asumsi beban kalor tiap kipas sebesar 2,2 kW dengan jumlah kipas sebanyak 4 buah, maka $q_{kipas} = 8,8 \text{ kW} = 7568 \text{ kcal/h}$

6. Beban kalor dari operator

Berdasarkan Tabel 2, didapatkan secara interpolasi laju kalor orang di ruangan bersuhu -35C sebesar 405 kcal/h. Jika, diasumsikan lama orang atau operator dalam memasukkan dan mengeluarkan produk dalam satu jam hanya 12 menit atau 0,2 jam sesuai unjuk kerja dari customer maka:

$$Q_{operator} = 405 \text{ kcal/h} \times 0,2 = 81 \text{ kcal/h}$$

7. Beban kalor dari lampu

Seperti yang telah diketahui bahwa lampu yang dipakai berkekuatan 45,9 Watt yang berjumlah 2 buah di setiap ruangan ABF. Dengan begitu didapatkan.

$$Q_{lampu} = 45,9 \text{ Watt} \times 2 = 91,8 \text{ W} = 79,12 \text{ kcal/h}$$

8. Beban kalor dari pemanas lantai

Pemanas lantai yang digunakan memiliki beban kalor sebesar 187 W dengan jumlah total 4 buah. Dengan begitu didapatkan:

$$Q_{pemanas \text{ lantai}} = 187 \text{ Watt} \times 4 = 748 \text{ W} = 643,28 \text{ kcal/h}$$

Dengan begitu, kita dapat mengetahui total jumlah beban kalor di dalam ruangan ABF adalah sebesar 28395,9 kcal/h. Dengan safety factor 15%, maka perancangan ini menggunakan beban sebesar: $28274,9 \text{ kcal/h} \times 1,15 = 32516,16 \text{ kcal/h}$ atau sama dengan 37,81 kW.

Berikut Tabel hasil perbandingan perhitungan beban kalor.

Tabel 3. Perbandingan hasil perhitungan beban kalor

Perbandingan Perhitungan	Hasil Perhitungan Awal	Hasil Perhitungan Kondisi Aktual
Beban dari Luar Ruangan melalui dinding (kcal/h)	677.0	380.9
Beban infiltrasi (kcal/h)	1532.8	765.7
Beban kalor dari produk (kcal/h)	15925	15925
Beban kalor dari rak dan papan alas rak (kcal/h)	4801.5	2831.4
Beban kalor dari kipas (kcal/h)	7740	7568
Beban kalor dari operator (kcal/h)	82	81
Beban kalor dari lampu (kcal/h)	85.9	79.12
Beban kalor dari pemanas lantai (kcal/h)	180.6	643,28
Total (kcal/h)	31024.8	28274.9
Safety Factor 15% (kcal/h)	35678.5	32516.16
Beban Kalor dalam KW	41.5	37.81

Tabel 2. Entalpi dan Massa Jenis Udara Berdasarkan Suhu

TEMP (C)	HEAT FOR 1 MEN	
-50	485	kcal/h
-40	435	kcal/h
-30	385	kcal/h

Pengecekan Nilai Kapasitas Kompresor dengan Perangkat Lunak Mycom Versi 2016

Hasil pengecekan nilai kapasitas kompresor dengan menggunakan program Mycom versi 2016 dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Daftar tipe kompresor beserta nilai kapasitasnya

Tipe Kompresor	Kapasitas (kW)	Absorbed Power	COP
62WA 1200rpm	31.6	21.7	1.46
42WBHE 900rpm	43.2	29.6	1.46
42WBHE 1000rpm	48.0	33.0	1.45
42WBHE 1100rpm	52.7	36.5	1.44
42WBHE 1200rpm	57.4	39.9	1.44
62WBHE 900rpm	58.2	38.9	1.50
62WBHE 1000rpm	64.5	43.3	1.49
62WBHE 1100rpm	70.8	47.8	1.48
62WBHE 1200rpm	77.0	52.3	1.47

PENUTUP

Hasil perhitungan beban kalor ABF sesuai dengan kondisi terakhir didapatkan 37,81 kW per ruangan atau 10% lebih rendah dibandingkan dengan hasil perhitungan awal yang mencapai 41.5 kW.

Beban kalor yang paling berpengaruh berasal dari produk, sekitar 56% dari total nilai beban kalor.

Secara umum, faktor yang menyebabkan perbedaan hasil perhitungan beban kalor aktual yang lebih kecil dibandingkan dengan perhitungan awal adalah:

- Dimensi ruangan aktual lebih kecil dari asumsi di awal perhitungan.
- Tebal insulasi ABF aktual lebih tebal dari asumsi di awal perhitungan.

c. Jumlah kipas pendingin lebih sedikit yaitu hanya 4 buah.

d. Perbedaan penggunaan nilai kalor jenis yang dipakai pada perhitungan rak, dimana aktual rak yang berbahan stainless steel memiliki nilai kalor jenis 0,11 kcal/kg°C, sedangkan pada perhitungan awal memakai nilai kalor jenis 0,22~0,23 kcal/kg°C.

Dua buah kompresor 62WBHE dengan total kapasitas 116,4 kW dan nilai efisiensi 50% saat ini melebihi beban kalor total ruangan ABF yang hanya sebesar 75,62 kW bahkan mampu memenuhi kapasitas 1 ruangan ABF yang sama seperti sebelumnya dengan beban kalor 37,81 kW.

DAFTAR PUSTAKA

- As'ari, M. A. *Refrigeration Calculation Load*. Cirebon: SMK Negeri 1 Cirebon.
- FAO CORPORATE DOCUMENT REPOSITORY. (t.thn.). 3. *Processes and equipment*. Dipetik Oktober 20, 2016, dari Planning and engineering data 3. Fish freezing - 3. Processes and equipment: <http://www.fao.org/docrep/003/r1076e/R1076E04.htm>
- Food Review Indonesia. (2007). *Teknik Pembekuan Pangan*. Indonesia.
- Murtono, A., Kalangi, P. N., & Kaparang, F. E. (2015). Analisis beban pendingin cold storage PT. Sari Tuna Makmur Aertembaga Bitung. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan Tangkap*, 2 (2).
- Nofrizal. (2008). *Perancangan Thermal dan Elektrikal*. Jakarta: Fakultas Teknik, Univeristas Indonesia.
- Rahmat, M. R. (2015). *Perancangan Cold Storage Untuk Produk Reagen*. Bekasi.
- Syamsuar, Ariefin, & Sumardi. (2012). ANALISIS BEBAN PENDINGINAN SISTEM TATA UDARA (STU) RUANG AUDITORIUM LANTAI III GEDUNG UTAMA POLITEKNIK NEGERI LHOKSEUMAWE. *Jurnal Teknologi*, 12 (2).