
ANALISIS DESAIN AIR BLAST FREEZER (ABF) UNTUK MEMBEKUKAN ADONAN ROTI 250 KG

¹Syawaluddin, ²Ery Diniardi, ³Erwin Dermawan, ⁴Anwar Ilmar Ramadhan
^{1,2,4}Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta, syawaluddin@ftumj.ac.id
³Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta, anwar.ilmar@ftumj.ac.id

Abstract - In this study aims to design ABF design and compressor load calculation to freeze 250kg of bread dough in 1 hour with the amount of space ABF as much as 2 room. The room has a heat load of 41.5 kW with a target temperature of -35°C. Each ABF room is supported by a 62WBHE compressor with ammonia refrigerant. The total compressor capacity data processing is currently 58.2 kW x 2 compressor or 116.4 kW, while the calculated heat load in the ABF room is 37.81 kW x 2 room or 75.62 kW, the difference 40.78 kW, or enough to make one more ABF room with the same design and capacity.

Keywords: Air Blast Freezer (ABF), compressor, design, capacity

Abstrak - Dalam penelitian ini bertujuan untuk melakukan perancangan desain ABF dan perhitungan beban kompresor untuk membekukan 250kg adonan roti dalam 1 jam dengan jumlah ruang ABF yang sebanyak 2 ruangan. Ruangan memiliki beban kalor sebesar 41,5 kW dengan target temperatur ruangan -35°C. Setiap ruangan ABF ditopang oleh kompresor 62WBHE dengan refrigerant ammonia. Hasil pengolahan data total kapasitas kompresor yang ada saat ini sebesar 58,2 kW x 2 kompresor atau sebesar 116,4 kW, sedangkan beban kalor hasil perhitungan pada ruangan ABF adalah sebesar 37,81 kW x 2 ruangan atau sebesar 75,62 kW, selisih 40,78 kW, atau cukup untuk membuat satu ruangan ABF lagi dengan desain dan kapasitas yang sama.

Kata Kunci: Air Blast Freezer (ABF), desain, kapasitas.

1. Pendahuluan

Di industri pangan, telah dikembangkan metode pembekuan untuk mempercepat proses pembekuan yang memungkinkan produk membeku dalam waktu yang pendek [1-3]. Pembekuan cepat akan menghasilkan kristal es berukuran kecil sehingga akan meminimalkan kerusakan tekstur bahan yang dibekukan [4-5]. 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) [6-9].

Dalam penelitian untuk ABF kali ini adalah untuk membekukan 250kg adonan roti dalam 1 jam dengan jumlah ruang ABF sebanyak 2 ruangan. Didapati masing-masing ruangan memiliki beban kalor sebesar 41,5 kW dengan target temperatur ruangan -35°C. 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. Dapat dilakukan analisis ulang perhitungan beban dan pemilihan kompresor yang dibutuhkan.

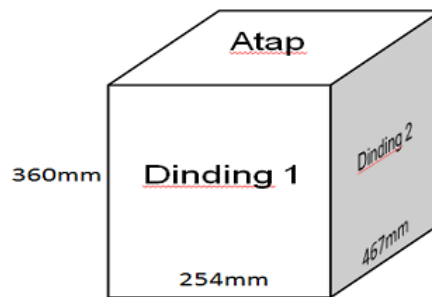
2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis desain dan perhitungan beban kalor air blast freezer (ABF) berbasis program analitik. Perhitungan beban kalor ini menggunakan formulasi yang ada. Berikut adalah obyek yang dijadikan perhitungan beban kalor.

1. Beban kalor dari luar ruangan
2. Beban infiltrasi
3. Beban kalor dari produk
4. Beban kalor dari rak dan papan alas untuk produk
5. Beban kalor dari kipas pendingin
6. Beban kalor dari operator
7. Beban kalor dari lampu
8. Beban kalor dari pemanas lantai
9. Pemilihan beban kompresor

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Beban Kalor dari Luar Ruangan Melalui Dinding V



Gambar 1. Skema Dimensi Dinding Ruang ABF

Untuk mempermudah dalam perhitungan, dari data yang diambil, dibuatkan gambar skema dimensi dinding ruangan ABF seperti yang terlihat pada gambar 1 di atas. Selanjutnya, dengan menggunakan rumus dan dengan asumsi temperature luar ruangan sebesar 25°C dan dari lantai 15°C serta nilai konduktivitas termal, maka kita akan dapati:

$$\begin{aligned} \text{a. } q_{\text{transmisi Atap}} &= U.A.(t_o-t_r) \text{ [kcal/h]} \\ &= (k/d). A.(t_o-t_r) \text{ [kcal/h]} \\ &= (0,018/0,15).(2,54 \times 4,67).(25-(-35)) \text{ [kcal/h]} \\ &= 85,4 \text{ [kcal/h]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } q_{\text{transmisi Lantai}} &= U.A.(t_o-t_r) \text{ [kcal/h]} \\ &= (k/d). A.(t_o-t_r) \text{ [kcal/h]} \\ &= (0,018/0,25).(2,54 \times 4,67).(15-(-35)) \text{ [kcal/h]} \\ &= 42,7 \text{ [kcal/h]} \end{aligned}$$

c. $q_{transmisi \text{ Dinding 1}} = U.A.(to-tr)$ [kcal/h]
 $= (k/d). A.(to-tr)$ [kcal/h]
 $= (0,018/0,15).(2,54 \times 3,6).(25-(-35))$ [kcal/h]
 $= 65,8$ [kcal/h]

d. $q_{transmisi \text{ Dinding 2}} = U.A.(to-tr)$ [kcal/h]
 $= (k/d). A.(to-tr)$ [kcal/h]
 $= (0,018/0,15).(4,67 \times 3,6).(25-(-35))$ [kcal/h]
 $= 121,0$ [kcal/h]

e. $q_{transmisi \text{ Dinding 3}} = U.A.(to-tr)$ [kcal/h]
 $= (k/d). A.(to-tr)$ [kcal/h]
 $= (0,018/0,15).(2,54 \times 3,6).(25-(-35))$ [kcal/h]
 $= 65,8$ [kcal/h]

f. $q_{transmisi \text{ Dinding 4}} = U.A.(to-tr)$ [kcal/h]
 $= (k/d). A.(to-tr)$ [kcal/h]
 $= (0,018/0,15).(4,67 \times 3,6).(-35-(-35))$ [kcal/h]
 $= 0,0$ [kcal/h]

Nilai beban kalor yang melalui dinding 4 bernilai 0 kcal/h karena sisi tersebut berdempetan dengan 1 ABF lainnya.

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

3.2 Beban Infiltrasi

Karena menggunakan satuan akhir pada perhitungan ini maka akan menggunakan rumus:

$$q_{inf} = \rho u, r \times Vcs(hu - hu, r).n \text{ [kcal/h]}$$

Diasumsikan temperature luar ruangan 25°C dan temperature ruangan ABF -35°C, maka akan didapat beban infiltrasi:

$$q_{inf} = 0,6741 \text{ [m}^3/\text{kg]} \times (2,54 \times 4,67 \times 3,6) \text{ [m}^3] \times (18,269 - (-8,331))$$

[kcal/kg] x 1,5 kali buka dalam 1 jam mengacu unjuk kerja pada design sheet.

$$= 765,7 \text{ kcal/h}$$

3.3 Beban Kalor dari Produk

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

$$\begin{aligned}q_{pembekuan1} &= m_{adonan\ roti} \cdot C_{p_{adonan\ roti}} \cdot (\Delta T_{adonan\ roti}) \text{ [kcal/h]} \\ &= 250 \text{ [kg/h]} \cdot 0,68 \text{ [kcal/(kg} \cdot \text{°C)]} \cdot (22 - (-4)) \text{ [°C]} \\ &= 4420 \text{ [kcal/h]}\end{aligned}$$

b. Pembuangan kalor laten di titik beku

$$\begin{aligned}q_{pembekuan2} &= m_{adonan\ roti} \cdot q_{adonan\ roti} \text{ [kcal/h]} \\ &= 250 \text{ [kg/h]} \cdot 40 \text{ [kcal/kg]} \\ &= 10000 \text{ [kcal/h]}\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}q_{pembekuan3} &= m_{adonan\ roti} \cdot C_{p_{adonan\ roti}} \cdot (\Delta T_{adonan\ roti}) \text{ [kcal/h]} \\ &= 250 \text{ [kg/h]} \cdot 0,43 \text{ [kcal/(kg} \cdot \text{°C)]} \cdot (-4 - (-18)) \text{ [°C]} \\ &= 1505 \text{ [kcal/h]}\end{aligned}$$

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

3.4 Beban Kalor dari Rak dan Papan Alas Produk

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

$$\begin{aligned}\text{a. } q_{rak} &= m_{rak} \cdot C_{p_{rak}} \cdot (\Delta T_{rak}) \times \text{jumlah} \text{ [kcal/h]} \\ &= 15 \text{ [kg/h]} \cdot 0,11 \text{ [kcal/(kg} \cdot \text{°C)]} \cdot (25 - (-30)) \text{ [°C]} \times 12 \\ &= 1089,0 \text{ [kcal/h]} \\ \text{b. } q_{papan\ alas} &= m_{papan\ alas} \cdot C_{p_{papan\ alas}} \cdot (\Delta T_{papan\ alas}) \times \text{jumlah} \text{ [kcal/h]} \\ &= 1,2 \text{ [kg/h]} \cdot 0,11 \text{ [kcal/(kg} \cdot \text{°C)]} \cdot (25 - (-30)) \text{ [°C]} \times 240 \\ &= 1742,4 \text{ [kcal/h]}\end{aligned}$$

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

3.5 Beban Kalor dari Kipas

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

3.6 Beban Kalor dari Operator

Berdasarkan tabel 2.4, 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 pada design sheet maka:

$$\begin{aligned}q_{operator} &= 405 \text{ kcal/h} \times 0,2 \\ &= 81 \text{ kcal/h}\end{aligned}$$

3.7 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.

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

3.8 Beban Kalor dari Pemanas Lantai

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

Dengan begitu didapatkan:

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

Dengan begitu, dapat diketahui 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.

3.9 Pemilihan Kompresor 62WBHE 900rpm

Daftar tipe kompresor beserta nilai kapasitasnya dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Daftar tipe kompresor beserta nilai kapasitas

Tipe kompresor	Kapasitas [kW]	Absorbed Power	COP
62WA1200 rpm	31.6	21.7	1.46
42WBHE900rpm	43.2	29.6	1.46
42WBHE1000rpm	48.0	33.0	1.45
42WBHE1100rpm	52.7	36.5	1.44
42WBHE1200rpm	57.4	39.9	1.44
62WBHE900rpm	58.2	38.9	1.50
62WBHE1000rpm	64.5	43.3	1.49
62WBHE1100rpm	70.8	47.8	1.48
62WBHE1200rpm	77.0	52.3	1.47

Dengan menggunakan software analisis, dapat mengetahui berapa sebenarnya kapasitas kompresor tipe 62WBHE 900rpm yang dipilih PT. ABC.

Dengan langkah yang sudah dilakukan secara analitik, didapatkan bahwa kompresor 62WBHE 900rpm memiliki kapasitas pendinginan sebesar 58,2 kW dengan kebutuhan daya (*absorbed power*) 38,9 kW. Dari nilai tersebut, dapat kita ketahui nilai COP kompresor dengan membagi nilai kapasitas kompresor dengan kebutuhan dayanya.

$$\begin{aligned} \text{COP} &= \frac{\text{Kapasitas}}{\text{kebutuhan daya}} \\ &= \frac{58,2 \text{ kW}}{38,9 \text{ kW}} = 1,5 \end{aligned}$$

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh sebagai berikut:

1. 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.
2. 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.

Referensi

- [1] Anonim, *Teknik Refrigerasi dan Tata Udara*, Bandung: Politeknik Negeri Bandung.
- [2] F. Review, *Teknik Pembekuan Pangan*, Indonesia, 2007.
- [3] P. Dempsey dan P. Bansal, "The art of air blast freezing: Design and efficiency considerations", *Applied Thermal Engineering*, 41, 71-83, 2012.
- [4] E. Dermawan, Syawaluddin, M. R. Abrori, Nelfiyanti, A. I. Ramadhan, "Analisa Perhitungan Beban Kalor Dan Pemilihan Kompresor Dalam Perancangan Air Blast Freezer Untuk Membekukan Adonan Roti", *Teknika : Engineering and Sains Journal*, vol. 1, no. 2, 2017.
- [5] J. Naik, et al., "Quality Changes During Freezing and Frozen Storage of Mackerel (*Rastrelliger Kanaguria*) and Pink Perch (*Nemipterus Japonicus*) in Summer Season", *Environment and Ecology*, vol. 28, no. 4, pp. 2396-2400, 2010.
- [6] Nofrizal, *Perancangan Thermal dan Elektrikal*, Jakarta: Fakultas Teknik Universitas Indonesia, 2008.
- [7] W. Pesulima dan O. Ningsih, "Evaluation And Implementation HACCP Of Frozen Tuna Saku", *The 1st International Symposium on Aquatic Product Processing 2013*, 2013.
- [8] M. R. Rahmat, *Perancangan Cold Storage Untuk Produk Reagen*, Bekasi, 2015.
- [9] A. Syamsuar dan Sumardi, *Analisis Beban Pendinginan Sistem Tata Udara (STU) ruang Auditorium Lantai III Gedung Utama Politeknik Negeri Lhoksumawe*, Lhoksumawe