

PERANCANGAN RUANG PENYIMPANAN DINGIN SEBAGAI MEDIA PEMATANGAN PISANG CAVENDISH DENGAN KAPASITAS 3,5 TON

¹Sahidul Anam, ²Muhammad Alif Royyan

Program Studi Teknik Mesin, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta
syahidulanam1@gmail.com, malifroyyan@gmail.com

Abstrak

Pisang cavendish merupakan buah yang dipanen sekitar 12-15 bulan dihitung sejak pohon mulai berbunga dengan derajat kematangan 75%-85% kemudian diberi karbit buah dan dibiarkan di suhu ruang. Dengan metode ini dalam waktu 2-3 hari buah akan matang dan dapat dikonsumsi ataupun dijual, tetapi apabila menggunakan metode pematangan dengan cara tradisional warna kematangan buah cenderung tidak merata, dikarenakan buah ini bergantung pada suhu atau temperatur lingkungan pada proses pemeraman agar mendapatkan tingkat kematangan yang sempurna. Salah satu caranya adalah dengan menggunakan ruang pendingin sebagai media penyimpanannya. Dengan menggunakan ruang pendingin diharapkan menekan laju respirasi pada saat proses pematangan buah pisang akibat penguapan pada serbuk *ethylen*. Pada proses pematangan produk target temperatur ruangan yang akan dicapai sebesar 18°C. Jenis mesin pendingin yang akan digunakan adalah AC split 2 PK merek DKN dengan menggunakan referigan R-410a dan menggunakan dinding polyurethane dengan ketebalan 7,5 cm. Kapasitas ruang pendingin ini dapat menampung 7.716,17lb dengan luas bagian dalam ruangan 1.225 ft³, dan total beban pendingin pada ruang penyimpanan dingin ini sebesar 10.136,5 Btu/jam, laju aliran refrigan 149 lb/jam, dengan COP sistem sebesar 8,6.

Kata kunci :Pisang Cavendish, ruang pendingin

1. PENDAHULUAN

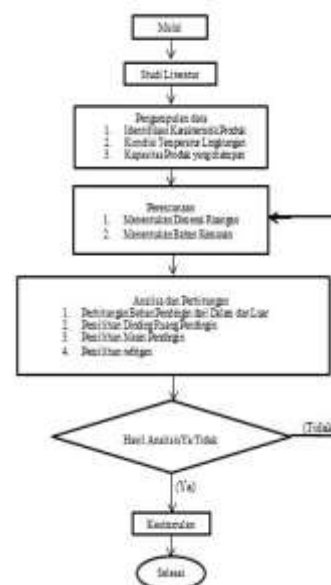
Pada umumnya, proses pematangan buah pisang menggunakan karbit buah. Buah pisang dipanen dengan derajat kematangan 75%-85%, kemudian diberi karbit buah dan dibiarkan disuhu ruang. Dengan metode ini dalam waktu 2-3 hari buah akan matang dan dapat dikonsumsi ataupun di jual. Bila menggunakan metode pematangan dengan cara tradisional, warna kematangan buah cenderung tidak merata dan kurang menarik begitupun dengan rasa dan kesegaran buah yang tidak bertahan lama dikarenakan pada saat proses pematangan dibiarkan pada suhu ruang menyebabkan laju respirasi buah menjadi lebih cepat (elman, 2018).

Faktor suhu sangat berpengaruh pada saat proses pematangan pisang cavendish. Ruang penyimpanan dingin atau *coldstorage* menjadi alternatif. Sebagai media *ripening* atau pematangan pisang khususnya pisang cavendish dengan ruangan di dalam penyimpanan dapat dipertahankan suhu 18°C, sehingga tampilan buah menjadi lebih menarik dan harga jual menjadi lebih tinggi (Sulusi Prabowati, 2008). Atas dasar permasalahan di atas, dilakukan penelitian dengan judul: "PERANCANGAN RUANG PENYIMPANAN DINGIN SEBAGAI

MEDIA PEMATANGAN PISANG CAVENDISH DENGAN KAPASITAS 3,5 TON"

2. METODOLOGI

Dalam penelitian ini, digunakan bagan atau diagram alir, sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Alir
[Sumber: Dokumen Pribadi]

Perencanaan ruang penyimpanan dingin di atas dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Persiapan

Pada bagian ini mempersiapkan segala sesuatu yang dibutuhkan untuk proses, dan tahap selanjutnya mempersiapkan media yang akan digunakan untuk proses pengumpulan referensi, baik media cetak maupun tulis

2. Pengumpulan referensi

3. Pembahasan

Proses ini akan membahas perhitungan beban pendingin yang dimulai dari proses perhitungan beban kalor yang dikeluarkan oleh dinding, pengaruh perpindahan panas dari lingkungan, kalor yang dikeluarkan oleh produk, kalor yang dihasilkan oleh infiltrasi, dan juga beban-beban eksternal yang dapat berupa kalor dari benda laten ataupun sensibel.

4. Penentuan Komponen

Penentuan komponen harus sesuai dengan kebutuhan seperti menentukan berapa banyak komponen dinding panel yang digunakan, lampu penerangan, kabel dan sebagainya, begitu juga dengan penentuan mesin refrigerasinya. Seberapa besar kapasitas *evaporator* yang diperlukan haruslah sesuai dengan besar beban yang akan didinginkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Perencanaan

Ruang pendingin ini dirancang untuk menyimpan pisang cavendish dengan kapasitas 3,5 ton, dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Massa pisang cavendish adalah 3,5 ton = 7.716,17lb
2. Suhu yang akan dicapai pada proses pematangan produk 18°C = 64,4°F
3. Suhu pisang cavendish 25°C = 77°F
4. Suhu lingkungan adalah 32°C = 89,6°F

Dimensi Ruang Pendingin

Volume untuk 3,5 ton pisang cavendish adalah sebagai berikut:

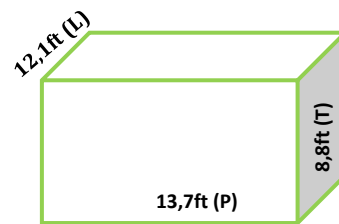
$$\begin{aligned} \text{Berat 1 kardus} &= 13 \text{ kg} \\ \text{Volume 1 kardus} &= 1,5 \text{ ft}^3 \\ \text{Total berat produk} &= 3.500 \text{ kg} \\ \text{Total kardus} &= \frac{3500 \text{ kg}}{13 \text{ kg}} = 270 \text{ kardus} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume ruangan} &= 270 \text{ Kardus} \times 1,5 \text{ ft} \\ &= 405 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Berdasarkan data di atas, dapat diperoleh ukuran bagian dalam ruangan pendingin sebagai berikut: (1m = 3,2ft)

$$\begin{aligned} \text{Panjang (P)} &= 4 \text{ m} &&= 13,1 \text{ ft} \\ \text{Lebar (L)} &= 3,5 \text{ m} &&= 11,4 \text{ ft} \\ \text{Tinggi (T)} &= 2,5 \text{ m} &&= 8,2 \text{ ft} \\ \text{Luas Penampang (A)} &= &&= 149,34\text{ft}^2 \\ \text{Volume (V)} &= &&= 1.225 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Konstruksi Dinding Ruang Pendingin



Gambar 2. Dimensi Ruang

[Sumber: Dokumen Pribadi]

Tabel 1. Bahan Dinding Utara, Selatan, Timur, Barat, Atap, Alumunium

No	Bahan	Ketebalan (ft)	Btu/lb	Keterangan
1.	Alumunium	0,0065	118,5	Lapisan Dalam
2.	Polistirene	0,246	0,017	Lapisan Tengah
3.	Alumunium	0,0065	118,5	Lapisan Luar

Sumber: Ashrae (Taqwali Berman, Ega, 2013)

Tabel 2. Bahan Dinding Pintu

No	Bahan	Ketebalan (ft)	Btu/lb	Keterangan
1.	Aluminium	0,0065	118,5	Lapisan Dalam
2.	Polistirene	0,262	0,017	Lapisan Tengah
3.	Aluminium	0,0065	118,5	Lapisan Luar

[Sumber: Ashrae (Taqwali Berman, Ega, 2013)]

Tabel 3. Bahan Dinding Lantai

No	Bahan	Ketebalan (ft)	Btu/lb	Keterangan
1.	Aluminium	0,0065	118,5	Lapisan Dalam
2.	Polistirene	0,246	0,017	Lapisan Tengah
3.	Aluminium	0,0065	118,5	Lapisan Luar
4.	Semen	0,164	1	Lapisan Lantai

[Sumber: Ashrae (Taqwali Berman, Ega, 2013)]

Perhitungan Beban pendingin

Untuk mendapatkan hasil yang efisien, maka harus dilakukan perhitungan beban pendingin diantaranya: (Taqwali Berman, Ega, 2013).

Perhitungan Beban Transmisi

Jenis bahan dinding yang akan digunakan pada ruangan pendingin ini adalah *polyurethane* 7,5 cm. Pada dinding luar dan dalam dilapisi oleh aluminium galvanis dengan tebal 0,2 cm.

$$Q = U \times A \times \Delta T \times 24$$

Keterangan:

Q = Jumlah beban panas yang mengalir (BTU/jam)

U = Total koefisien perpindahan panas (Btu/hr.ft².°F)

A = Luas permukaan (ft²)

Δt = Perbedaan temperatur luar dan dalam (°F)

Untuk mencari nilai U dari dinding dan lantai pada perencanaan ruang pendingin adalah:

$$U = \frac{1}{\frac{x}{f1} + \frac{x}{k1} + \dots + \frac{1}{fd}}$$

$$U_{DINDING} = \frac{1}{\frac{1}{1,65} + 2 \frac{0,00656}{118,5} + \frac{0,246}{0,017} + \frac{1}{4}}$$

$$= \frac{1}{0,61 + 0,00011 + 14,7 + 0,25}$$

$$= 0,065 \text{ Btu/jam. ft}^{\circ}\text{F}$$

$$U_{PINTU} = \frac{1}{\frac{1}{1,65} + 2 \frac{0,00656}{118,446} + \frac{0,262}{0,017} + \frac{1}{4}}$$

$$= \frac{1}{0,61 + 0,00011 + 15,14 + 0,25}$$

$$= 0,061 \text{ Btu/jam. ft}^{\circ}\text{F}$$

$$U_{LANTAI} = \frac{1}{\frac{1}{1,65} + 2 \frac{0,00656}{118,446} + \frac{0,246}{0,017} + \frac{0,164}{1} + \frac{1}{4}}$$

$$= \frac{1}{0,61 + 0,00011 + 14,7 + 0,164 + 0,25}$$

$$= 0,063 \text{ Btu/jam. ft}^{\circ}\text{F}$$

Maka beban pendingin melalui dinding dapat dihitung dengan persamaan:

$$Q_{Barat} = U \times A \times \Delta t \times 24$$

$$= 0,065 \times 120,5 \times (89,6^{\circ}\text{F} - 64,4^{\circ}\text{F}) \times 24$$

$$= 4.737 \text{ Btu/24jam}$$

$$Q_{Timur} = U \times A \times \Delta t \times 24$$

$$= 0,065 \times 120,5 \times (89,6^{\circ}\text{F} - 64,4^{\circ}\text{F}) \times 24$$

$$= 4.737 \text{ Btu/24jam}$$

$$Q_{Utara} = U \times A \times \Delta t \times 24$$

$$= 0,065 \times 106, \times (89,6^{\circ}\text{F} - 64,4^{\circ}\text{F}) \times 24$$

$$= 4.182,7 \text{ Btu/24jam}$$

$$Q_{Selatan} = U \times A \times \Delta t \times 24$$

$$= 0,065 \times 85,6 \times (89,6^{\circ}\text{F} - 64,4^{\circ}\text{F}) \times 24$$

$$= 3.365 \text{ Btu/24jam}$$

$$Q_{Atap} = U \times A \times \Delta t \times 24$$

$$= 0,065 \times 165,7 \times (89,6^{\circ}\text{F} - 64,4^{\circ}\text{F}) \times 24$$

$$= 6.514 \text{ Btu/24jam}$$

$$Q_{Lantai} = U \times A \times \Delta t \times 24$$

$$= 0,063 \times 165,7 \times (89,6^{\circ}\text{F} - 64,4^{\circ}\text{F}) \times 24$$

$$= 6.313 \text{ Btu/24jam}$$

$$Q_{Pintu} = U \times A \times \Delta t \times 24$$

$$= 0,061 \times 20,8 \times (89,6^{\circ}\text{F} - 64,4^{\circ}\text{F}) \times 24$$

$$= 767,3 \text{ Btu/24jam}$$

$$Q_{Total Dinding} = Q_{Barat} + Q_{Timur} + Q_{Utara} + Q_{Selatan}$$

$$= (4.737 + 4.737 + 4.182,7 + 3.365)$$

$$= 17.021,7 \text{ Btu/24jam}$$

$$Q_{Ruangan} = Q_{Total Dinding} + Q_{Atap} + Q_{Lantai} + Q_{Pintu}$$

$$= 17.021,7 + 6.514 + 6.313 + 767,3$$

$$= 30.616 \text{ Btu/24jam}$$

Beban Panas Pertukaran

Beban panas dihitung karena adanya pengaruh ketika pintu dibuka, sehingga udara luar ruangan dapat masuk dan membuang udara dingin yang ada pada ruangan pendingin

Beban panas pertukaran = volume ruangan dalam x Δt x Lama pintu terbuka

$$Q_{\text{Pertukaran Udara}} = 1.225 \times (89,6^{\circ}\text{F}-64,4^{\circ}\text{F}) \times 2 \text{ jam} = 61.740 \text{ Btu}/24\text{jam}$$

Beban Panas dari Produk

Kapasitas produk 3,5 Ton pisang cavendish meliputi panas produk, panas kemasan dan respirasi dari pisang itu sendiri di harapkan dapat mencapai suhu pematangan yaitu sebesar 18°C

Beban Panas dari Pisang

$$Q = W \times c \times (t_2-t_1) \text{ Btu}$$

Keterangan

Q = Jumlah beban Panas (Btu)
 W = Berat produk (lb)
 C = Panas produk (Btu/lb/°F)
 Ti = temperatur ruang pendingin (°F)
 t2 = temperatur produk (°F)
 = 7.716,17 x 0,9 Btu/jam x (77-64,4)
 = 87.501,3 Btu/24jam

Beban Panas Respirasi

$$Q = W \times c \times 24 \text{ jam}$$

Keterangan:

Q = Jumlah beban Panas (Btu)
 W = Berat produk (lb)
 C = Panas respirasi (Btu/lb/jam)
 = 7.716,17lb x (0,19 + 0,01) x 24jam
 = 37.037,6 Btu/24jam

Beban Panas Dari Kardus

$$Q = W \times c \times (t_2-t_1)$$

Keterangan

Q = Jumlah beban Panas (Btu/24jam)
 W = Berat kardus (lb)
 C = panas spesifik (Btu/lb/°F)
 t1 = temperatur ruang pendingin (°F)

t2 = temperatur produk saat masuk ruang pendingin (°F)
 = (270 x 1,1lb) x 0,29 Btu/jam°F x (77- 64,4)°F
 = 1.085,2 Btu/24jam

Beban Panas Tambahan

Beban pendingin yang berasal dari dalam ruangan pendingin seperti lampu penerangan dan pekerja yang bekerja saat proses bokngkar muat

Beban Panas Tubuh Pekerja

$$Q_{\text{pekerja}} = \text{Factor} \times \text{Jumlah Pekerja} \times \text{Lama}$$

= 590 x 2 x 2 jam
 = 2.360 btu/24 jam

Beban Lampu Penerangan

$$Q = \text{Watt} \times 3,42 \times \text{Lama}$$

= (2 x 60Watt) x 3,42 x 2 jam
 = 820,8 Btu/24jam

Tabel 4. Hasil Perhitungan Beban Pendingin

	30.616
	61.740
	87.501,3
	37.037,6
	1.085,2
	2.360
	820,8
	221.160,5 Btu/24 jam

[Sumber : Hasil Perhitungan]

Menentukan Kapasitas Mesin

$$Q_{\text{mesin}} = \frac{Q_{\text{Total}}}{t}$$

Keterangan:

Q = Kapasitas mesin pendingin (Btu/jam)
 Q_{Total} = Jumlah beban pendingin (Btu/24jam)

T = Jumlah waktu bekerja (Jam)

$$= \frac{221.160,5}{24}$$

$$= 9.215 \text{ Btu/jam}$$

$$\text{Safety factor} = Q_{\text{Total}} \times 10\%$$

$$= 10\% \times 9.215 \text{ Btu/jam}$$

$$= 912,5 \text{ Btu/jam}$$

$$Q_{\text{Akhir}} = Q_{\text{total}} + \text{safety factor}$$

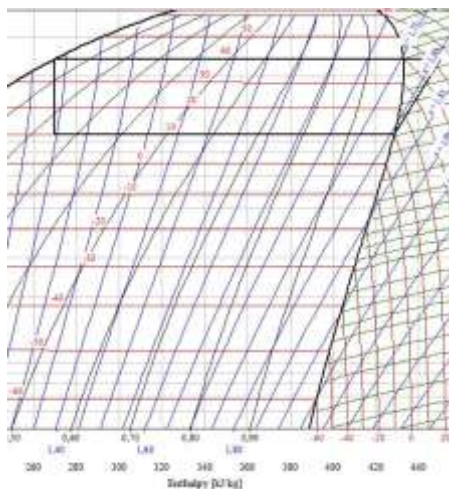
$$= 9.215 + 912,5$$

$$= 10.136,5 \text{ Btu/jam}$$

Perhitungan Sistem Pendingin

Selisih suhu evaporator dan kondensor terhadap produk adalah sebesar 8°C

1. Suhu evaporasi 18°C – 8 = 10°C
2. Suhu kondensasi 32°C + 8 = 40°C
3. Total beban pendingin pada perancangan ini adalah 10.136,5 Btu/jam
4. Jenis refrigeran yang digunakan adalah refrigeran R-410a



Gambar 3. Koordinat Point
[Sumber: Hasil Perhitungan Pada Aplikasi Coolpack]

1. $h_1 = 428,293 \text{ kJ/kg} = 184,132 \text{ Btu/lb}$
2. $h_2 = 449,965 \text{ kJ/kg} = 193,45 \text{ Btu/lb}$
3. $h_3 \text{ dan } h_4 = 270,019 \text{ kJ/kg} = 116,08 \text{ Btu/lb}$

1. $q_e = h_1 - h_4$
 $= 184,132 - 116,08$
 $= 68,05 \text{ Btu/lb}$

2. $q_w = h_2 - h_1$
 $= 193,45 - 184,13$
 $= 9,32 \text{ Btu/lb}$

3. $q_c = h_2 - h_4$
 $= 193,45 - 116,08$
 $= 77,37 \text{ Btu/lb}$

4. $\text{COP}_{\text{aktual}} = \frac{q_e}{w}$
 $= \frac{68,05}{9,32}$
 $= 7,3$

1. $m = \frac{Q_{\text{total}}}{h_1 - h_4}$
 $= \frac{10.136,5}{68,05}$
 $= 149 \text{ lb/jam}$

2. $Q_c = m \times q_c$
 $= 149 \times 77,37$
 $= 11.528 \text{ Btu/jam}$

3. Daya kompresor = $m \times W$
 $= 149 \times 9,32$
 $= 1.388,6 \text{ Btu/jam}$

4. Dengan mengambil efisiensi isentropis kompresor sebesar = 85%
 $W_{ca} = 1.388,6 \times 85\%$
 $= 1.180,3 \text{ Btu/jam}$

5. $\text{COP}_{\text{ideal}} = \frac{Q_{\text{Total}}}{W_{\text{kompresor}}}$
 $= \frac{10.136,5}{1.180,3} = 8,6$

4. KESIMPULAN

Setelah melakukan perencanaan perancangan ruang pendingin untuk pematangan pisang cavendish dengan kapasitas 3,5 ton dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Beban pendingin perlu dipertimbangkan dengan cara menentukan empat factor, yaitu:

- beban pendingin melalui dinding,
- beban pendingin melalui pertukaran udara terbuka,
- beban panas dari produk yang akan disimpan, termasuk panas dari kemasan dan respirasi apabila produk yang disimpan berupa buah dan sayuran
- beban panas tambahan dari alat-alat kelistrikan maupun dari panas tubuh pekerja.

Sehingga akan didapat beban total pendinginan yang harus ditanggulangi mesin pendingin

2. Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan ruang pendingin untuk pematangan pisang cavendish dengan kapasitas 3,5 ton dan volume ruangan 1.225ft³ didapatkan total beban pendingin sebesar 10.136 Btu/jam dan nilai COP sistem sebesar 8,6
3. Perancangan ruang pendingin ini direncanakan menggunakan dinding berbahan *polyurethane* dengan tebal 7,5 cm dan menggunakan komponen refrigerasi dari AC split 1,5 PK merek DKN FTNE50MV non inverter dengan kapasitas pendinginan 12.000 Btu/jam dan menggunakan refrigeran R-410a

DAFTAR PUSTAKA

- Ega, Taqwali Berman 2013 Modul PLPG Teknik Pendingin
- ARTI, Inti Mulyo; MISKA, Moch Ega Elman. 2018 Perubahan Mutu Fisik Pisang Cavendish Selama Penyimpanan Dingin pada Kemasan Plastik
- Sulusi Prabowati 2008 Teknologi Pasca Panen dan Pengolahan Buah Pisang