

PERANCANGAN COLD STORAGE UNTUK SAYURAN BUNCIS DENGAN KAPASITAS 10 TON (STUDI KASUS DI LEMBANG, JAWA BARAT)

M. Pramuda Nugraha Sirodz, Lucyana Balqis

Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

Jl. PHH. Mustafa No.23 Bandung 40124

e-mail : pramudasirodz@itenas.ac.id

Abstrak

Buncis merupakan salah satu produk pertanian di Indonesia yang diekspor ke luar negeri. Setelah dipanen, buncis disimpan untuk diproses sebelum diekspor ke konsumen. Kesegaran buncis umumnya hanya bertahan selama 1 minggu, oleh karena itu diperlukan alat khusus untuk mempertahankan kesegaran buncis sebelum diekspor ke konsumen. Untuk mempertahankan kesegaran buncis, temperatur udara 4°C-7°C dengan kelembaban 90%-95% perlu dipertahankan. Dengan menggunakan cold storage, kondisi ruang penyimpanan dapat diatur sedemikian rupa agar memenuhi kriteria tersebut. Pada penelitian ini dirancang sebuah cold storage dengan kapasitas 10 ton untuk tanaman buncis. Cooling Load Temperatur Difference (CLTD) pada perancangan ini diatur bulan dan waktunya yang disesuaikan dengan posisi dari cold storage. Beban pendinginan total untuk 10 ton buncis adalah sebesar 46,73 kW. Cold storage hasil rancangan menggunakan siklus kompresi uap dengan fluida refrigeran R134a tanpa menggunakan humidifier. Untuk mempertahankan kondisi udara pada cold storage agar sesuai dengan kebutuhan, kompresor AC dengan kapasitas 12,7 kW digunakan pada siklus kompresi uap. Performa dari siklus kompresi uap dengan kondisi operasi tersebut ditentukan oleh Coefficient of Performance (COP). Semakin besar nilai COP, maka sistem semakin efisien. Coefficient of Performance (COP) dari siklus tersebut adalah sebesar 3,84.

Kata kunci: Buncis, CLTD, Refrigeran, COP, Siklus kompresi uap

Abstract

Snap beans are one of Indonesian agricultural product exported to overseas. After harvested, snap beans were stored before exported to consumers. The freshness of the snap beans only lasted for one week, therefor special equipment were required to maintain the snap beans freshness. To maintain the freshness, snap beans must be storage in a room with 4-7°C air temperature and 90-95% humidity. In this research, cold storage was designed for 10 tons of snap beans. Cooling Load Temperature Difference method was used to determine the load of the cold storage based on the position of the building. The total cooling load for 10 tons of snap beans were 46,73 kW. The cold storage was using vapor compression cycle with refrigerant 134a without humidifier . The cycle requires compressor power of 12,7 kW to maintain the condition in the cold storage room. The performance of the cycle was determined from the Coefficient of Performance (COP). The higher value of the COP, the system will be more efficient. The COP of the vapor compression cycle was 3,84.

Key words: Snap Beans, Export, Refrigerant, Storage, Humidity.

1. Pendahuluan

Pada tahun 2017, produk hortikultura Indonesia masih menjadi primadona di berbagai negara. Kementerian Pertanian Republik Indonesia menyebutkan bahwa ketiga produk hortikultura yaitu kubis, buncis, dan selada air menempati 3 urutan tertinggi untuk ekspor sebesar 132.878 ton (Kementerian Pertanian Republik Indonesia, 2018).

Volume ekspor produk hortikultura berupa sayuran dari Bandung Barat setahunnya dapat mencapai 1.500 ton. Berdasarkan hasil wawancara dengan petani di Lembang, Jawa Barat, sayuran buncis dari pertanian di Lembang, dapat mencapai 40 ton. Namun dalam pendistribusian produk buncis tersebut membutuhkan waktu yang lama sehingga produk tersebut harus tersimpan dalam suatu tempat yang terlindungi dari bakteri-bakteri yang merugikan dan dapat mempertahankan kandungan air dalam buncis sehingga kesegaran buncis dapat terjaga. Kerugian pasca panen dan sampah yang terbentuk dari rantai pasokan buah dan sayuran dapat mencapai 13%-38% sebelum produk sampai ke konsumen (Gustavsson et al., 2013) Sayuran yang sudah dipanen akan tetap mengalami respirasi walaupun tidak begitu tinggi. Proses respirasi ini akan mengurangi kadar air dan juga mempercepat proses pematangan sehingga produk akan lebih cepat busuk (Lufu et al., 2019). Pada produk buncis, kesegaran produk pasca panen hanya bertahan selama satu minggu sehingga diperlukan perlakuan khusus pada produk buncis pasca panen agar kesegarannya dapat bertahan lebih lama.

Salah satu perlakuan yang dapat memperlambat proses respirasi dan degradasi produk adalah dengan melakukan pendinginan produk (Wainawa et al., 2018). Berdasarkan penelitian (Mutiarawati, 1995), nilai respirasi dari buncis pada temperatur 10 °C dan 5 °C akan menghasilkan penurunan laju konsentrasi gas oksigen dari 179,82 cc/kg.jam menjadi 9,94 cc/kg.jam.

Pendinginan produk saat pasca panen akan mengurangi terjadinya respirasi dan degradasi produk yang disebabkan oleh enzim dari produk tersebut. Selain itu juga dapat mengurangi kehilangan kadar air dari produk sehingga kesegaran produk tetap terjaga (Mercier et al., 2017). Dengan proses pendinginan tersebut, pertumbuhan mikro-organisme yang menyebabkan kerusakan pada produk akan menjadi lambat. Etilen di dalam buncis merupakan senyawa untuk proses pematangan dimana apabila produksi etilen terlalu berlebih akan menyebabkan pembusukan pada produk. Dengan proses pendinginan, maka produksi etilen yang terjadi di dalam produk buncis dapat diperlambat sehingga daya tahan buncis semakin lama (Sánchez-Mata et al., 2003).

Cold Storage merupakan teknik yang banyak dipraktikan untuk penanganan produk yang mudah terdegradasi dalam jumlah besar. Cold storage dapat digunakan untuk memperlambat proses degradasi dan respirasi dari produk dengan cara mengatur temperatur dan kelembaban di dalam ruangan dimana produk disimpan (Ahmad et al., 2020). Temperatur dan kelembaban ruangan yang diatur sedemikian rupa bergantung kepada jumlah produk dan jenis produk yang akan disimpan karena setiap produk hortikultura memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Untuk produk buncis temperatur pada cold storage dijaga pada temperatur 4-7 °C dengan kelembaban 95% (Cantwell & Suslow, n.d.).

Pada paper ini akan dibahas mengenai perancangan sistem refrigerasi pada cold storage untuk produk hortikultura berupa buncis dengan kapasitas 10 ton di Lembang, provinsi Jawa Barat, dengan temperatur cold storage 4-7°C dan kelembaban 95%. Dari hasil perancangan dapat diketahui besar daya kompresor yang dibutuhkan untuk kapasitas 10 ton buncis. Untuk performa dari siklus kompresi uap ditentukan dari rasio antara beban pendinginan dan daya kompresor yang dibutuhkan. Rasio tersebut dinamakan dengan *Coefficient of Performance* (COP) (ASHRAE, 2017). Semakin tinggi nilai COP, maka sistem refrigerasi semakin baik.

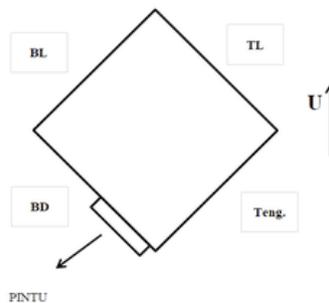
1.1. Ruang Lingkup Kajian

Ruang lingkup pada kajian ini adalah lokasi studi berada di Lembang, provinsi Jawa Barat

sehingga data-data sekunder mengenai kondisi lingkungan dan tanaman buncis spesifik untuk lokasi tersebut. Posisi bangunan dan dimensi bangunan cold storage disesuaikan dengan lahan yang tersedia di lokasi. Pada kajian ini hanya dibahas mengenai beban pendinginan dan siklus kompresi uap untuk cold storage tanaman buncis kapasitas 10 ton

2. Metodologi

Pada awalnya dilakukan survey lapangan ke lokasi untuk menentukan posisi dari cold storage. Dari hasil tinjauan lapangan, posisi dari cold storage ditampilkan pada Gambar 1. Kemudian dilakukan perhitungan beban pendinginan pada bangunan cold storage akibat perpindahan panas yang terjadi melalui bangunan dengan menggunakan metode Cooling Load Temperature Difference (CLTD). Beban pendinginan akibat kalor laten dan kalor sensibel juga dihitung berdasarkan laju respirasi dari tanaman buncis dan peralatan yang ada di dalam ruangan cold storage. Seluruh perhitungan merupakan perhitungan secara teoritik dengan menggunakan beberapa asumsi yang relevan.



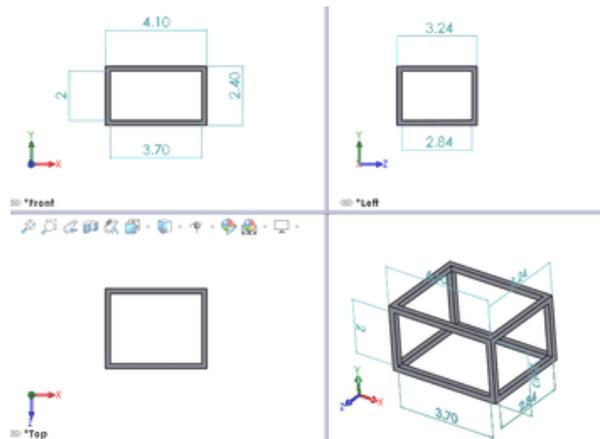
Gambar 1. Layout bangunan *cold storage*

Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan pada bulan Oktober 2019, temperatur dan kelembaban rata-rata di Lembang adalah sebesar 27 °C dan 75%. Temperatur penyimpanan buncis yang baik adalah pada temperatur 4°C-7°C dengan waktu penyimpanan sekitar satu minggu dan kelembaban ruang sekitar 90%-95% (Gopala Rao, 2015; Krishnakumar, 2002). Dari data-data tersebut maka diambil temperatur udara di dalam cold storage adalah sebesar 6°C dan kelembaban 95%. Berdasarkan beban pendinginan dan kriteria tersebut kemudian dirancang kebutuhan daya dari sistem refrigerasi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Dimensi Bangunan

Penyimpanan produk harus ditempatkan pada tempat yang bersih dan memiliki sirkulasi udara yang baik. Oleh karena itu kemasan produk menggunakan keranjang dengan dimensi 640 x 430 x 380 mm. Untuk kapasitas penyimpanan 10 ton buncis maka diperlukan 120 buah keranjang. Penyusunan keranjang diatur sedemikian rupa agar sirkulasi udara di dalam ruangan ruangan. Berdasarkan susunan dari keranjang tersebut maka diperoleh dimensi dari bangunan untuk kapasitas 10 ton buncis yaitu panjang 3,81 m, lebar 3,25 m, dan tinggi 2,2 m.



Gambar 2. Isometri kabin *cold storage*

3.2. Beban Pendinginan dan Atap

Beban pendinginan dari cold storage dalam bentuk kalor laten dan kalor sensibel. Kalor laten merupakan kalor yang dibutuhkan suatu zat untuk berubah fasa. Sedangkan kalor sensibel merupakan kalor yang dibutuhkan suatu zat untuk menaikkan temperatur sebesar 1°C tanpa mengubah fasa dari zat tersebut.

Berdasarkan posisi bangunan yang berada di daerah Lembang, kabupaten Bandung Barat, provinsi Jawa Barat, maka beban pendinginan akibat perpindahan panas pada bangunan dihitung menggunakan persamaan :

$$Q_{bangunan} = U A CLTD \tag{1}$$

Berdasarkan posisi lintang dan bujur dari cold storage dan bulan maka dilakukan koreksi terhadap nilai *Cooling Load Temperature Difference* (CLTD) pada dinding, atap, dan kaca. Lokasi penelitian berada di 6°48' lintang selatan dan 107°39' bujur timur. Bangunan yang dirancang menghadap Barat Daya.

Dinding bangunan direncanakan menggunakan bata merah dengan insulasi polyurethane sedangkan bagian atap direncanakan menggunakan atap datar dari material beton. Perpindahan panas yang terjadi pada dinding bangunan dengan luas dinding total sebesar 15,53 m² adalah 13,98 kW. Perpindahan panas melalui atap dengan luas total atap 12,38 m² adalah sebesar 11,05 kW.

Penggunaan material dinding dengan konduktifitas termal yang rendah dapat mengurangi kerugian panas atau beban pendinginan yang melewati dinding namun perlu diperhatikan kekuatan material tersebut terhadap konstruksi bangunan. Ketebalan dari dinding dan insulasi mempengaruhi beban pendinginan melalui bangunan. Semakin tebal dinding, maka kerugian panas yang melewati dinding akan semakin kecil, namun dimensi eksternal dari cold storage akan semakin besar. Hal ini akan membuat biaya pembangunan bangunan semakin besar. Posisi bangunan yang menghadap Barat Daya menyebabkan faktor beban pendinginan dinding lebih rendah dibandingkan dengan posisi bangunan yang menghadap ke Utara.

3.3. Beban Pendinginan dan Beban Respirasi Dari Tanaman Buncis

Beban pendinginan dari produk dihitung berdasarkan kapasitas cold storage dan panas spesifik dari produk. Untuk kapasitas cold storage sebesar 10 ton, maka beban pendinginan produk adalah 0,06 kW dimana panas spesifik dari buncis sebesar 3,99 kJ/kg K dan perbedaan temperatur sebesar 21 K.

Fakta umum yang diketahui bahwa buah dan sayuran segar sangat mudah rusak dalam bentuk

alami yang tidak diolah. Proses tersebut merupakan kelanjutan dari aktivitas metabolisme mereka setelah panen. Dapat dikatakan bahwa buah dan sayuran berada dalam kondisi "tidur" atau "hibernasi" pada suhu tertentu, mendekati 4 ° C. Aktivitas metabolisme tersebut disebut dengan respirasi. Kalor akibat respirasi dapat dihitung dengan persamaan (Gopala Rao, 2015):

$$Q_{respirasi} = a(e)^{bT} \quad (2)$$

Dimana a dan b merupakan konstanta heat respiration untuk buncis sebesar 86,1 dan 0,115 (Gopala Rao, 2015). Dari persamaan tersebut diperoleh heat respiration dari buncis sebesar 171,65 mW/kg. Untuk kapasitas cold storage sebesar 10 ton, maka beban pendinginan akibat respirasi adalah sebesar 1,04 kW yang dihitung menggunakan persamaan:

$$Q_{respirasi} = m \times \text{heat respiration} \quad (3)$$

Maka beban pendinginan total dari produk adalah sebesar 1,71 kW. Selama proses pendinginan, laju kalor respirasi menurun seiring dengan penurunan temperatur

3.4. Beban Pendinginan Dari Peralatan dan Orang

Peralatan di dalam cold storage seperti lampu dan kipas akan menjadi beban pendinginan karena alat-alat tersebut menghasilkan panas. Selain itu orang yang masuk ke dalam cold storage pada saat memasukkan dan mengeluarkan produk juga akan menjadi beban pendinginan bagi cold storage. Beban pendinginan tersebut disebut dengan service load. Jumlah kipas yang digunakan pada evaporator direncanakan berjumlah 3 buah dengan daya masing-masing sebesar 249 W. Jumlah daya total dari lampu direncanakan sebesar 6,78 W/m² dengan luas lantai sebesar 12,38 m². Diperkirakan jumlah orang yang bekerja di dalam cold storage sebanyak 2, sehingga total dari service load adalah sebesar 1,93 kW.

3.5. Evaporator

Evaporator harus dapat menjaga temperatur kabin sebesar 6°C. Untuk menjaga temperatur kabin sebesar 6°C, maka temperatur permukaan evaporator harus lebih rendah dari 6°C. Untuk kemudahan dalam pembuatan *cold storage*, dimensi dan *airflow* evaporator menggunakan data evaporator yang tersedia di pasaran dengan menyesuaikan kebutuhan beban *cold storage*. Sebagai data awal, evaporator yang dipilih menggunakan fan dengan jumlah 3 buah (*airflow* 20952 m³/h) dan dimensi 3165mm x 520 mm x 890 mm. entalphi udara di evaporator diperoleh sebesar 16,3 kJ/kg, maka dengan menggunakan diagram psikometrik diperoleh temperatur udara keluar evaporator sebesar 2,2 °C. Beban pendinginan untuk menjaga temperatur ruangan cold storage dapat dihitung dengan persamaan (Stoecker & Jones, n.d.):

$$Q_{beban\ udara} = \dot{m}_{udara} \times C_p \times (\Delta T) \quad (4)$$

Dimana ΔT merupakan perbedaan temperatur udara antara udara keluaran evaporator dan udara ruangan. Maka total beban pendinginan yang diterima evaporator sebesar 61,49 kW. Berdasarkan data evaporator yang tersedia, maka perlu dilakukan proses iterasi dalam pemilihan dimensi evaporator. Dari proses iterasi diperoleh kebutuhan fan sebesar 4 buah yang menghasilkan debit udara sebesar 27884 m³/h. Temperatur udara keluar evaporator menjadi 4,5 °C, sehingga total beban pendinginan yang diterima evaporator menjadi 46,73 kW. Beban tersebut masih dibawah kapasitas evaporator yang tersedia yaitu 51, 45 kW. Dimensi dari evaporator adalah panjang 3315 mm, lebar 520 mm, dan tinggi 1015 mm.

Perbedaan penggunaan 3 fan dengan 4 fan pada evaporator adalah debit udara yang dialirkan. Debit udara yang dialirkan melalui evaporator mempengaruhi entalphi udara yang keluar dari evaporator. Semakin besar debit yang dialirkan, maka entalphi udara keluar dari evaporator akan semakin meningkat untuk beban pendinginan yang sama. Dengan demikian temperatur udara keluar dari evaporator akan menjadi lebih tinggi sehingga beban evaporator akan menjadi rendah.

3.6. Kebutuhan *Himidifer*

Dengan beban evaporator tersebut, maka temperatur udara masuk ke evaporator adalah sebesar 10,28 °C. Kelembaban relatif ruangan dijaga pada 95% sehingga berdasarkan tabel psikometrik maka diperoleh rasio kelembaban antara udara masuk dan keluar evaporator sebesar 3 gr/kg. Rasio kelembaban merupakan perbandingan antara udara basah dengan udara kering. Maka untuk udara basah yang keluar dari evaporator diperoleh sebesar 32,5 gr/s.

Untuk menjaga kelembaban kabin sebesar 95 % maka perlu diketahui laju pengurangan kadar air pada buncis. Buncis kehilangan kadar air rata-rata sekitar 5% per hari. Pada temperatur kabin 6°C dan kelembaban relatif sebesar 95%, maka persentase kehilangan kadar air per harinya dapat dihitung dengan:

$$\% \text{ kehilangan kadar air per-hari} = 0.754 \times \text{defisit tekanan uap} \quad (5)$$

Dimana defisit tekanan uap dapat diperoleh dari diagram psikometrik. Gates et. al, (1998) menyatakan defisit tekanan uap antara tanaman dan udara dapat diketahui dengan persamaan:

$$\text{VPD}_{\text{crop-air}} = \text{Pws}(T_{\text{crop}}) - (\phi) \text{Pws}(T_{\text{air}}) \quad (6)$$

Dimana Pws adalah tekanan saturasi dan ϕ adalah kelembaban relatif. Dengan demikian persentase kehilangan kadar air pada buncis adalah 20,1% per hari. Kadar air buncis menurut Altuntas (Altuntas & Demirtola, 2007) berkisar antara 8,21%-18,01%, maka untuk 10 ton buncis kehilangan kadar air per hari adalah sebesar 21,7 kg/hari. Jika dihitung dari udara basah yang keluar dari evaporator, maka dalam sehari udara basah yang keluar dari evaporator adalah sebesar 2810 kg/hari. Dengan demikian kadar air yang hilang dari buncis dapat tergantikan oleh udara basah yang keluar dari evaporator sehingga tidak diperlukan humidifier.

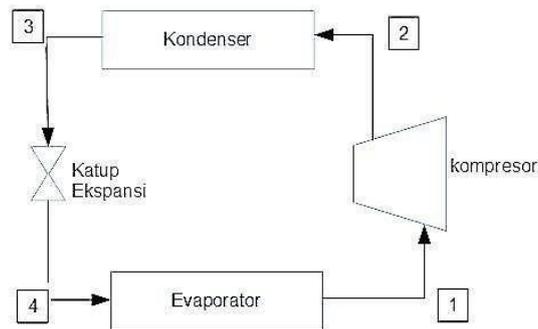
3.7. Sistem *Refrigrasi*

Sistem refrigerasi pada cold storage menggunakan siklus kompresi uap. Siklus kompresi uap terdiri dari kompresor, kondensor, katup ekspansi, dan evaporator (Gambar 3). Pengkondisian udara di dalam kabin dilakukan dengan menyerap kalor yang ada di udara dalam kabin oleh refrigeran di dalam evaporator. Agar terjadi perpindahan kalor, maka temperatur refrigeran di evaporator harus lebih rendah dibandingkan temperatur udara. Secara praktis, perbedaan temperatur antara refrigeran dan udara pada evaporator minimal 5°C. Oleh karena itu, temperatur refrigeran di dalam evaporator diset sebesar -2,6°C sehingga entalpi pada tingkat keadaan ini adalah 248,93 kJ/kg.

Dengan mengasumsikan temperatur udara luar kabin sebesar 27°C, maka agar perpindahan panas pada kondensor dapat terjadi, temperatur refrigeran pada kondensor diset sebesar 37°C. tekanan refrigeran pada tingkat keadaan ini adalah 938,05 kPa.

Laju aliran massa refrigeran dihitung berdasarkan beban pendinginan dan entalpi refrigeran masuk dan keluar evaporator. Untuk beban pendinginan 46,73 kW, maka laju aliran massa refrigeran yang dibutuhkan adalah sebesar 0,32 kg/s.

Daya kompresor yang dibutuhkan dengan asumsi efisiensi 80% adalah sebesar 12,17 kW. *Coefficient of Performance* (COP) dari siklus tersebut adalah 3,84. Hal ini masih tergolong wajar karena rata-rata COP di Indonesia berkisar antara 2-3.



Gambar 3. Siklus Kompresi Uap

4. Kesimpulan dan Saran

Cold storage untuk buncis dengan kapasitas 10 ton memiliki dimensi bangunan dengan panjang 3,81 m, lebar 3,25 m, dan tinggi 2,2 m. Berdasarkan perhitungan beban pendinginan sebesar 46,73 kW harus dapat diserap oleh evaporator untuk mempertahankan temperatur kabin 6 °C dengan kelembaban 95% sehingga buncis tetap dalam keadaan segar selama penyimpanan..

Dari hasil perancangan tidak diperlukan *humidifier* dikarenakan udara basah yang keluar dari evaporator cukup untuk mengatasi kehilangan kadar air dari buncis selama penyimpanan.

Ukuran evaporator untuk mengatasi beban pendinginan tersebut adalah panjang 3315 mm, lebar 520 mm, dan tinggi 1015 mm dengan jumlah fan sebanyak 4 buah.

Siklus kompresi uap pada *cold storage* menggunakan refrigeran R134a dengan laju aliran massa 0,32 kg/s dan daya kompresor 12,7 kW. COP dari siklus tersebut adalah 3,84.

Penempatan evaporator dalam kabin perlu dikaji lebih lanjut agar aliran udara di dalam kabin dapat merata dan dapat mengenai seluruh buncis yang ditaruh di dalam kabin

5. Notasi

Keterangan notasi dari persamaan yang ditulis supaya dicantumkan pada bagian akhir makalah sebelum Daftar Pustaka, dan diberi satuan SI dengan contoh penulisan sebagai berikut :

Q_{bangunan}	Laju perpindahan panas pada bangunan	[kW]
$Q_{\text{respirasi}}$	Laju respirasi tanaman	[kW]
U	koefisien perpindahan panas	[W/m ² .K]
A	Luas penampang	[m ²]
ΔT	Perbedaan temperatur	[°C]
CLTD	<i>Cooling Load Temperatur Difference</i>	
m	massa	[kg]
VPD	<i>Vapour Pressure Deficit</i>	
ϕ	Kelembaban relatif	[%]
P_{ws}	Tekanan saturasi	[kPa]
T_{crop}	Temperatur tanaman	[°C]
T_{air}	Temperatur udara	[°C]

6. Daftar Pustaka

- [1] Ahmad, S. A. H., Ab Rahman, M. N., & Muhamed, A. A. (2020). Optimal temperature in cold storage for perishable foods. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, August*, 3449–3456.
- [2] Altuntas, E., & Demirtola, H. (2007). Effect of moisture content on physical properties of some grain legume seeds. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 35(4), 423–433. <https://doi.org/10.1080/01140670709510210>
- [3] ASHRAE. (2017). *ASHRAE HANDBOOK: FUNDAMENTALS (I-P)*. ASHRAE HANDBOOK.
- [4] Cantwell, M., & Suslow, T. (n.d.). *Beans , Snap*.
- [5] Gopala Rao, C. (2015). Engineering for Storage of Fruits and Vegetables: Cold Storage, Controlled Atmosphere Storage, Modified Atmosphere Storage. In *Engineering for Storage of Fruits and Vegetables: Cold Storage, Controlled Atmosphere Storage, Modified Atmosphere Storage*. <https://doi.org/10.1016/C2014-0-03394-1>
- [6] Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., & Emanuelsson, A. (2013). The methodology of the FAO study : “ Global Food Losses and Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., & Emanuelsson, A. (2013). The methodology of the FAO study : “ Global Food Losses and Food Waste - extent , causes and prevention ” - FAO , 2011 (Vol. In *SIK report No. 857: Vol. SIK report (Issue 857)*. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:944159/FULLTEXT01.pdf>
- [7] Krishnakumar, T. (2002). Design of cold storage for fruits and vegetables. *Research Gate, October, 10* Rahman, M. A., Buntong, B., Gautam, D. M., Fello. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14335.82082>
- [8] Lufu, R., Ambaw, A., & Opara, U. L. (2019). The contribution of transpiration and respiration processes in the mass loss of pomegranate fruit (cv. Wonderful). *Postharvest Biology and Technology*, 157(July), 110982. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.110982>
- [9] Mercier, S., Villeneuve, S., Mondor, M., & Uysal, I. (2017). Time–Temperature Management Along the Food Cold Chain: A Review of Recent Developments. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(4), 647–667. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12269>
- [10] Sánchez-Mata, M. C., Cámara, M., & Díez-Marqués, C. (2003). Extending shelf-life and nutritive value of green beans (*Phaseolus vulgaris* L.), by controlled atmosphere storage: Macronutrients. *Food Chemistry*, 80(3), 309–315. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00265-0](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00265-0)
- [11] Stoecker, F., & Jones, W. (n.d.). *Refrigeration and Air Conditioning* (2nd editio). McGraw-Hill, Inc.
- [12] Waisnawa, I. N. G. S., Santosa, I. D. M. C., Sunu, I. P. W., & Wirajati, I. (2018). Model Development of Cold Chains for Fresh Fruits and Vegetables Distribution: A Case Study in Bali Province. *Journal of Physics: Conference Series*, 953(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/953/1/012109>