

**SKRIPSI**

**PERUBAHAN MUTU CABAI MERAH BESAR (*Capsicum annum*  
L.) PADA PENYIMPANAN *ZERO ENERGY COOL CHAMBER*  
(ZECC), REFRIGERATOR DAN SUHU RUANG**

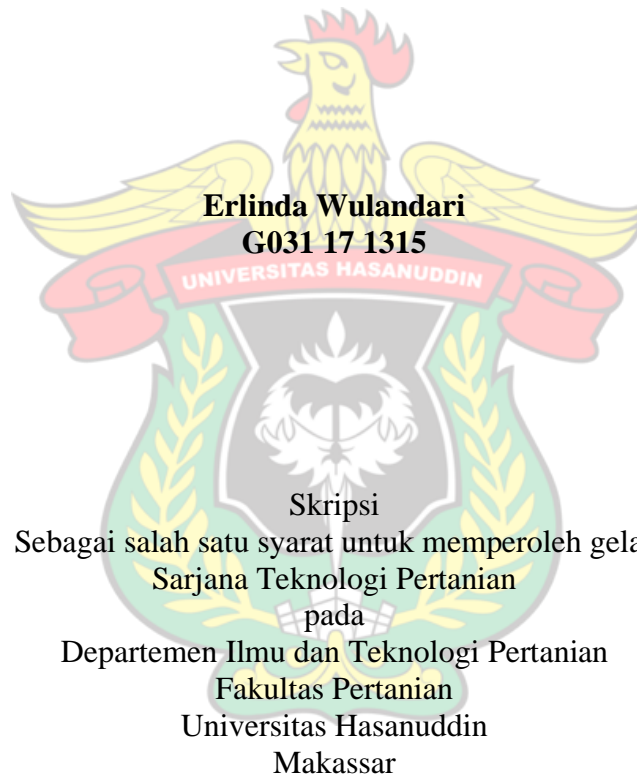
**Disusun dan diajukan oleh**

**ERLINDA WULANDARI  
G031 17 1315**



**PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2021**

**PERUBAHAN MUTU CABAI MERAH BESAR (*Capsicum annum*  
L.) PADA PENYIMPANAN *ZERO ENERGY COOL CHAMBER*  
(ZECC), REFRIGERATOR DAN SUHU RUANG**



**PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2021**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**PERUBAHAN MUTU CABAI MERAH BESAR (*Capsicum annum* L.) PADA  
PENYIMPANAN ZERO ENERGY COOL CHAMBER (ZECC), REFRIGERATOR DAN  
SUHU RUANG**

Disusun dan diajukan oleh

**ERLINDA WULANDARI**  
**G031 17 1315**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian  
Studi Program Sarjana Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan Fakultas Pertanian  
Universitas Hasanuddin  
pada tanggal 29 Maret 2021  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

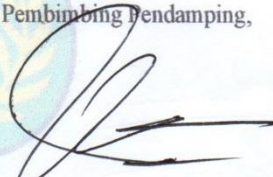
Menyetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



**Andi Dirpan, S.TP., M.Si, Ph.D**  
**NIP. 19820208 200604 1 003**



**Prof. Dr. Ir. Amran Laga, MS**  
**NIP. 19621231 198803 1 020**

Ketua Program Studi,



**Dr. Februadi Bastian, S.TP., M.Si**  
**NIP. 19820205 200604 1 002**

Tanggal Lulus : Maret 2021

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Erlinda Wulandari  
NIM : G031 17 1315  
Program Studi : Ilmu dan Teknologi Pangan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Perubahan Mutu Cabai Merah Besar (*Capsicum annum* L.) pada Penyimpanan *Zero Energy Cool Chamber* (ZECC), Refrigerator dan Suhu Ruang

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan Skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Maret 2021

Yang Menyatakan



Erlinda Wulandari

## ABSTRAK

ERLINDA WULANDARI (G031 17 1315). Perubahan Mutu Cabai Merah Besar (*Capsicum annuum* L.) pada Penyimpanan *Zero Energy Cool Chamber* (ZECC), Refrigerator dan Suhu Ruang dibawah Bimbingan ANDI DIRPAN dan AMRAN LAGA.

**Latar belakang** Cabai merah besar (*Capsicum annuum* L.) adalah salah satu jenis tanaman hortikultura yang memiliki potensi untuk dibudidayakan. Namun, dari seluruh ketersediaan cabai merah di Indonesia, masih terjadi kehilangan pascapanen yang semakin meningkat dari tahun ke tahun, bahkan pada tahun 2018 mencapai 80,385 ton. Penyimpanan dingin dengan *refrigerator* merupakan salah satu metode penanganan pasca panen yang umum digunakan. Namun metode tersebut sulit diterapkan ditingkat petani sehingga diperlukan suatu metode penyimpanan dingin yang tidak memerlukan listrik (*zero energy*), murah (*low cost*) dan ramah lingkungan (*eco friendly*) sehingga dikembangkanlah teknologi *Zero Energy Cool Chamber* (ZECC). **Tujuan** dilakukannya penelitian ini yaitu untuk mengetahui mutu cabai merah besar yang disimpan pada teknologi *Zero Energy Cool Chamber* (ZECC), untuk mengetahui perbedaan mutu cabai merah besar yang disimpan pada teknologi *Zero Energy Cool Chamber* (ZECC), *refrigerator*, dan suhu ruang, dan untuk mengetahui lama simpan cabai merah besar dengan menggunakan teknologi *Zero Energy Cool Chamber* (ZECC). **Metode** dari penelitian ini yaitu cabai merah besar disimpan pada 3 jenis penyimpanan yaitu dengan ZECC, suhu ruang, dan *refrigerator* hingga mengalami kerusakan. Analisa mutu dilakukan setiap 3 hari sekali yang meliputi mutu fisik yaitu tingkat kerusakan, susut bobot, warna metode colorimetri, dan tingkat kekerasan, mutu kimia yaitu kadar air, total padatan terlarut, vitamin C, total asam, pH, mutu mikrobiologi yaitu total mikroba, dan mutu organoleptik yaitu parameter warna, aroma, dan tekstur. **Hasil** analisa mutu cabai merah besar sebelum penyimpanan yaitu susut bobot 0%, kadar air 89,56%, kadar vitamin C 0,19%, total asam 0,22%, pH 6,07, warna koordinat L\* (38,10), a\* (25,43), b\* (18,13), mutu organoleptik parameter warna 4 (suka), aroma 4 (suka), tekstur 4 (suka), total padatan terlarut 7,2% Brix, tingkat kekerasan 57,2 N, dan total mikroba 3,20 log cfu/g. Perubahan mutu cabai merah besar setelah penyimpanan selama 9 hari pada ZECC yaitu susut bobot 12,4%, kadar air 84,64%, kadar vitamin C 0,03%, total asam 0,22%, pH 4,11, warna koordinat L\* (35,50), a\* (24,87), b\* (18,93), mutu organoleptik parameter warna 4 (suka), aroma 3 (agak suka), tekstur 4 (suka), total padatan terlarut 5,56% Brix, tingkat kekerasan 46,7 N, dan total mikroba 5,53 log cfu/g. Penyimpanan cabai merah besar pada teknologi *Zero Energy Cool Chamber* (ZECC) mampu mempertahankan mutu cabai merah besar dari kerusakan hingga 9 hari penyimpanan berdasarkan parameter organoleptik warna, aroma, tekstur dan pengamatan visual.

**Kata kunci:** Cabai merah besar, *refrigerator*, suhu ruang, dan ZECC

## ABSTRACT

ERLINDA WULANDARI (G031 17 1315). Changes In The Quality Of Large Red Chili (*Capsicum annuum* L.) Stored In Zero Energy Cool Chamber (ZECC), Refrigerator And Room Temperature Under supervision ANDI DIRPAN and AMRAN LAGA.

**Background** Large red chili (*Capsicum annuum* L.) is a type of horticultural plant that has the potential to be cultivated. Out of the total availability of red chilies in Indonesia, there is still post-harvest loss and increasing every year, where in 2018 it reached 80.385 of tons. Refrigerated cold storage is one of the most commonly used post-harvest handling methods. However, this method is difficult to apply at the farm level, so a cold storage method that does not require electricity (zero energy), is cheap (low cost) and environmentally friendly (eco friendly) is needed so that the Zero Energy Cool Chamber (ZECC) technology is developed. **Purpose** of this study was to determine the quality of large red chilies stored using a Zero Energy Cool Chamber (ZECC) technology, to determine differences in the quality of large red chilies stored in Zero Energy Cool Chamber (ZECC) technology, *refrigerator*, and room temperature, and to find out its shelf life using Zero Energy Cool Chamber (ZECC) technology. **Method** large red chilies were stored in 3 types of storage, namely with ZECC, room temperature, and *refrigerator* until they are deteriorate. Quality analysis was carried out every 3 days which includes physical quality, namely the level of damage, weight loss, color of the colorimetric method, and the level of hardness, chemical quality, namely water content, total dissolved solids, vitamin C, total acid, pH, microbiological quality, namely total microbes, and organoleptic quality, namely parameters of color, aroma, and texture. **Results** the analysis of the quality of large red chilies before storage were 0% weight loss, 89.56% moisture content, 0.19% vitamin C content, 0.22% total acid, pH 6.07, color coordinates L\* (38.10) , a\* (25.43), b\* (18.13), organoleptic quality, color parameters 4 (like), aroma 4 (like), texture 4 (like), total dissolved solids 7.2% Brix, hardness level 57.2 N, and total microbes 3.20 log cfu/g. Changes in the quality of large red chilies after storage at ZECC of 9 days were 12.4% weight loss, 84.64% moisture content, 0.03% vitamin C content, 0.22% total acid, pH 4.11, color coordinates L\* (35 , 50), a\* (24.87), b\* (18.93), organoleptic quality, color parameters 4 (like), aroma 3 (slightly like), texture 4 (like), total dissolved solids 5.56% Brix , the hardness level was 46.7 N, and the total microbe was 5.53 log cfu/g. Storage of large red chilies on Zero Energy Cool Chamber (ZECC) technology was able to maintain the quality of large red chilies from damage for up to 9 days of storage based on organoleptic parameters of color, aroma, texture and visual arrangement.

**Keywords:** Large red chilies, refrigerator, room temperature, and ZECC

## RIWAYAT HIDUP



Erlinda Wulandari, lahir di Bima pada tanggal 23 November 1998 dan merupakan anak pertama dari pasangan Bapak Lukman dan Ibu Erniyati. Pendidikan formal yang telah ditempuh penulis yaitu :

1. Sekolah Dasar Negeri 206 Bontonyeleng (2005-2011)
2. Sekolah Menengah Pertama Negeri 9 Bulukumba (2011-2014)
3. Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Bulukumba (2014-2017)

Pada tahun 2017, penulis diterima di Universitas Hasanuddin Makassar melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) dan tercatat sebagai Mahasiswa S1 Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Departemen Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian.

Selama menempuh pendidikan di jenjang SI, penulis berperan cukup aktif dalam kegiatan akademik maupun non akademik. Penulis pernah melaksanakan kegiatan magang di salah satu instansi besar di Kota Makassar yaitu Balai Besar Pengawas Obat dan Makanan (BBPOM) pada tahun 2019. Penulis beberapa kali mengikuti perlombaan seperti Program Kreativitas Mahasiswa dan menerima pendanaan pada tahun 2020. Penulis aktif menjadi mentor *Balance (Basic Learning and Study Skill)* kampus pada tahun 2020. Penulis berperan dalam keanggotaan Himpunan Mahasiswa Teknologi Pertanian Universitas Hasanuddin (HIMATEPA UH). Penulis juga menjadi asisten laboratorium mata kuliah Aplikasi Bioteknologi Pangan pada tahun 2021. Selain itu, penulis juga bergabung ke dalam beberapa komunitas sosial dan lingkungan hidup yang ada di Kota Makassar seperti komunitas Giving Fun dan Sobat Bumi Makassar.

## PERSANTUNAN

*Alhamdulillah rabbil alamin*, segala puji dan syukur Penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas berkat, rahmat, ridho, dan hidayah-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Perkenankan Penulis untuk mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada kedua orang tua penulis, Ibunda Erniyati dan Ayahanda Lukman atas segala cinta, kasih sayang, dukungan dan doa yang tidak pernah putus untuk keberhasilan dan kesuksesan Penulis dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin, Departemen Teknologi Pertanian, Program Studi Ilmu dan Teknologi pangan. Terima kasih pula kepada keempat adik Penulis, Naila Dwi Mardiyanti, Faizan Ilan Lukti, Izyan Rafan Lukti, dan Abyan Daffa Lukti serta kepada seluruh keluarga besar Penulis atas segala dukungan, bantuan, inspirasi, motivasi dan doa yang telah diberikan kepada Penulis. Semoga Allah SWT akan membalas segala kebaikan dan jasa-jasa kalian dengan rahmat dan lindungan-Nya.

Penulis juga menyampaikan penghargaan setinggi-tingginya dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah terlibat dalam penyusunan skripsi ini, diantaranya Bapak Andi Dirpan, STP., M.Si, Ph.D selaku Pembimbing I dan dan Prof. Dr. Ir. Amran Laga, MS selaku Pembimbing II yang senantiasa mencurahkan waktu dan tenaganya dalam memberikan bimbingan, saran, kritik, tanggapan dan motivasi untuk Penulis selama proses perkuliahan, proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini selesai. Terima kasih pula Penulis curahkan untuk Prof. Dr. Ir. Mulyati M. Tahir, MS dan Dr. Andi Nur Faidah Rahman, S.TP., M.Si selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan untuk perbaikan skripsi Penulis. Terima kasih pula Penulis curahkan untuk Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Departemen Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin yang telah membekali ilmu pengetahuan serta wawasan yang luas kepada Penulis selama berkuliah di Universitas Hasanuddin. Semoga Allah SWT senantiasa membalas segala jasa-jasa kalian dengan rahmat, kesehatan dan rejeki yang berlimpah.

Kepada Keluarga Besar Himpunan Mahasiswa Teknologi Pertanian, Keluarga Besar Gear 2017, dan terkhusus untuk Keluarga Besar Bunsen 2017 terima kasih atas semangat pembelajaran, motivasi serta bantuan yang diberikan kepada Penulis. Tidak lupa pula Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada teman karib Penulis selama berproses di bangku perkuliahan terutama para anggota Tadika dan terkhusus untuk Pemendam Johana, Septhree, Widy, Lulu, dan Iin atas segala bantuan dan motivasi yang tidak terhingga serta untuk kenangan berharga yang telah tercipta yang tentunya akan selalu diingat oleh Penulis. Terima kasih untuk orang-orang baik yang telah membantu dalam proses penelitian hingga penyusunan skripsi yaitu Singgang dan Kak Serli yang telah menemani penulis selama penelitian, Kak Daus yang banyak memberi pengetahuan tentang topik penelitian Penulis, Kak Rixon, Kak Rais dan Rey yang bersedia membantu penulis dalam pengolahan data dan memberi informasi penting untuk penulis. Kepada sahabat terkasih Abel, Anggi, dan Ila yang selalu ada dan bersedia memberikan semangat, motivasi dan bantuan kepada Penulis. Kepada semua pihak yang telah membantu dan tidak sempat penulis sebutkan satu persatu. Terima kasih atas bantuan dan dukungannya dalam menyelesaikan skripsi ini, semoga kedepannya Penulis bisa menjadi lebih baik lagi.

Penulis



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
PERNYATAAN KEASLIAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vi
RIWAYAT HIDUP.....	vii
PERSANTUNAN.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
1. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan dan Kegunaan Penelitian .....	2
2. TINJAUAN PUSTAKA .....	3
2.1 Cabai Merah Besar ( <i>Capsicum annuum</i> L.).....	3
2.2 Mutu Cabai Merah Besar ( <i>Capsicum annuum</i> L.) .....	4
2.3 Kerusakan Pascapanen Cabai Merah Besar .....	5
2.4 Perubahan Mutu Cabai Merah Besar Selama Penyimpanan.....	5
2.5 Teknologi Penyimpanan <i>Zero Energy Cool Chamber</i> (ZECC).....	6
2.6 Prinsip Kerja ZECC .....	6
2.7 Aplikasi <i>Zero Energy Cool Chamber</i> (ZECC).....	7
2.8 Penyimpanan Dingin.....	8
2.9 Penyimpanan Suhu Ruang .....	8
3. METODE.....	9
3.1 Waktu dan Tempat .....	9
3.2 Alat dan Bahan.....	9
3.3 Rancangan Teknologi ZECC .....	9
3.4 Prosedur Penelitian.....	9
3.5 Diagram Alir .....	10
3.6 Desain Penelitian.....	11
3.7 Rancangan Penelitian .....	11

3.8	Parameter Pengamatan .....	11
3.9	Pengolahan Data.....	14
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN .....	15
4.1	Susut Bobot .....	15
4.2	Kadar Air.....	18
4.3	Kadar Vitamin C .....	21
4.4	Total Asam .....	24
4.5	Derajat Keasaman (pH).....	25
4.6	Warna Kulit.....	28
4.7	Uji Organoleptik.....	35
4.8	Total Padatan Terlarut.....	44
4.9	Tingkat Kekerasan .....	47
4.10	Total Mikroba.....	50
4.11	Pengamatan Cabai Merah Besar Selama Penyimpanan.....	52
4.12	Perbandingan Hasil dari Perlakuan Jenis Penyimpanan .....	56
5.	KESIMPULAN .....	57
5.1	Kesimpulan .....	57
5.2	Saran.....	57
	Daftar Pustaka .....	58
	Lampiran .....	63

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kualitas Cabai Merah Besar Segar Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 01-4480-1998).....	4
Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Terbaik dari Parameter Penelitian .....	56

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Cabai Merah Besar.....	3
Gambar 2. Rancangan Teknologi ZECC.....	9
Gambar 3. Prosedur Penelitian.....	10
Gambar 4. Hubungan Jenis Penyimpanan terhadap Susut Bobot Cabai Merah Besar .....	15
Gambar 5. Hubungan Lama Penyimpanan terhadap Susut Bobot Cabai Merah Besar .....	16
Gambar 6. Hubungan Jenis Penyimpanan dan Lama Penyimpanan terhadap Susut Bobot Cabai Merah Besar.....	17
Gambar 7. Hubungan Jenis Penyimpanan terhadap Kadar Air Cabai Merah Besar.....	19
Gambar 8. Hubungan Lama Penyimpanan terhadap Kadar Air Cabai Merah Besar.....	20
Gambar 9. Hubungan Jenis Penyimpanan dan Lama Penyimpanan terhadap Kadar Air Cabai Merah Besar .....	21
Gambar 10. Hubungan Lama Penyimpanan terhadap Kadar Vitamin C Cabai Merah Besar.....	22
Gambar 11. Hubungan Jenis Penyimpanan dan Lama Penyimpanan terhadap Kadar Vitamin C Cabai Merah Besar.....	23
Gambar 12. Hubungan Jenis Penyimpanan dan Lama Penyimpanan terhadap Total Asam Cabai Merah Besar.....	24
Gambar 13. Hubungan Jenis Penyimpanan terhadap pH Cabai Merah Besar .....	26
Gambar 14. Hubungan Lama Penyimpanan terhadap pH Cabai Merah Besar.....	27
Gambar 15. Hubungan Jenis Penyimpanan dan Lama Penyimpanan terhadap Nilai pH Cabai Merah Besar.....	28
Gambar 16. Hubungan Jenis Penyimpanan terhadap Tingkat Kecerahan ( $L^*$ ) Cabai Merah Besar.....	29
Gambar 17. Hubungan Lama Penyimpanan terhadap Tingkat Kecerahan ( $L^*$ ) Cabai Merah Besar.....	30
Gambar 18. Hubungan Jenis Penyimpanan dan Lama Penyimpanan terhadap Nilai $L^*$ Cabai Merah Besar .....	31
Gambar 19. Hubungan Jenis Penyimpanan terhadap Warna (Notasi $a^*$ ) Cabai Merah Besar.....	31
Gambar 20. Hubungan Jenis Penyimpanan dan Lama Penyimpanan terhadap Nilai $a^*$ Cabai Merah Besar .....	32
Gambar 21. Hubungan Jenis Penyimpanan terhadap Warna (notasi $b^*$ ) Cabai Merah Besar.....	33
Gambar 22. Hubungan Jenis Penyimpanan dan Lama Penyimpanan terhadap Nilai $b^*$ Cabai Merah Besar .....	34
Gambar 23. Hubungan Jenis Penyimpanan terhadap Organoleptik Parameter Warna Cabai Merah Besar .....	36
Gambar 24. Hubungan Lama Penyimpanan terhadap Organoleptik Parameter Warna Cabai Merah Besar .....	36
Gambar 25. Hubungan Jenis Penyimpanan dan Lama Penyimpanan terhadap Organoleptik Parameter Warna Cabai Merah Besar.....	37
Gambar 26. Hubungan Jenis Penyimpanan terhadap Organoleptik Parameter Aroma Cabai Merah Besar .....	39
Gambar 27. Hubungan Lama Penyimpanan terhadap Organoleptik Parameter Aroma Cabai Merah Besar .....	40
Gambar 28. Hubungan Jenis Penyimpanan dan Lama Penyimpanan terhadap Organoleptik Parameter Aroma Cabai Merah Besar .....	40

Gambar 29. Hubungan Jenis Penyimpanan terhadap Organoleptik Parameter Tekstur Cabai Merah Besar .....	42
Gambar 30. Hubungan Lama Penyimpanan terhadap Organoleptik Parameter Tekstur Cabai Merah Besar .....	43
Gambar 31. Hubungan Jenis Penyimpanan dan Lama Penyimpanan terhadap Organoleptik Parameter Tekstur Cabai Merah Besar .....	43
Gambar 32. Hubungan Lama Penyimpanan terhadap Total Padatan Terlarut Cabai Merah Besar.....	45
Gambar 33. Hubungan Jenis Penyimpanan dan Lama Penyimpanan terhadap Total Padatan Terlarut Cabai Merah Besar .....	46
Gambar 34. Hubungan Jenis Penyimpanan terhadap Tingkat Kekerasan Cabai Merah Besar.....	47
Gambar 35. Hubungan Lama Penyimpanan terhadap Tingkat Kekerasan Cabai Merah Besar.....	49
Gambar 36. Hubungan Jenis Penyimpanan dan Lama Penyimpanan terhadap Tingkat Kekerasan Cabai Merah Besar .....	50
Gambar 37. Hubungan Jenis Penyimpanan dan Lama Penyimpanan terhadap Total Mikroba Cabai Merah Besar.....	51
Gambar 38. Hasil Pengamatan Cabai Merah Besar Selama Penyimpanan pada Suhu Ruang .....	53
Gambar 39. Hasil Pengamatan Cabai Merah Besar Selama Penyimpanan pada <i>Refrigerator</i> .....	53
Gambar 40. Hasil Pengamatan Cabai Merah Besar Selama Penyimpanan pada ZECC .....	54
Gambar 41. Hasil Pengamatan Cabai Merah Besar dengan Menggunakan Mikroskop Digital.....	54

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Hasil Pengukuran Susut Bobot Cabai Merah Besar Selama Penyimpanan pada Suhu Ruang, <i>Refrigerator</i> , dan ZECC.....	63
Lampiran 2.	Hasil Analisa Kadar Air Cabai Merah Besar Selama Penyimpanan pada Suhu Ruang, <i>Refrigerator</i> , dan ZECC.....	65
Lampiran 3.	Hasil Analisa Kadar Vitamin C Cabai Merah Besar Selama Penyimpanan pada Suhu Ruang, <i>Refrigerator</i> , dan ZECC.....	66
Lampiran 4.	Hasil Analisa Total Asam Cabai Merah Besar Selama Penyimpanan pada Suhu Ruang, <i>Refrigerator</i> , dan ZECC.....	67
Lampiran 5.	Hasil Analisa Derajat Keasaman (pH) Cabai Merah Besar Selama Penyimpanan pada Suhu Ruang, <i>Refrigerator</i> , dan ZECC .....	69
Lampiran 6.	Hasil Analisa Warna Kulit Cabai Merah Besar Selama Penyimpanan pada Suhu Ruang, <i>Refrigerator</i> , dan ZECC.....	71
Lampiran 7.	Hasil Uji Organoleptik Panelis Parameter Warna Cabai Merah Besar Selama Penyimpanan pada Suhu Ruang, <i>Refrigerator</i> , dan ZECC .....	73
Lampiran 8.	Hasil Uji Organoleptik Panelis Parameter Aroma Cabai Merah Besar Selama Penyimpanan pada Suhu Ruang, <i>Refrigerator</i> , dan ZECC .....	78
Lampiran 9.	Hasil Uji Organoleptik Panelis Parameter Tekstur Cabai Merah Besar Selama Penyimpanan pada Suhu Ruang, <i>Refrigerator</i> , dan ZECC .....	80
Lampiran 10.	Hasil Pengukuran Total Padatan Terlarut Cabai Merah Besar Selama Penyimpanan pada Suhu Ruang, <i>Refrigerator</i> , dan ZECC .....	81
Lampiran 11.	Hasil Pengukuran Tingkat Kekerasan Cabai Merah Besar Selama Penyimpanan pada Suhu Ruang, <i>Refrigerator</i> , dan ZECC .....	84
Lampiran 12.	Hasil Pengukuran Total Mikroba Cabai Merah Besar Selama Penyimpanan pada Suhu Ruang, <i>Refrigerator</i> , dan ZECC .....	85
Lampiran 13.	Dokumentasi Kegiatan Penelitian.....	87

# 1. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki potensi yang besar terhadap sumber daya alam khususnya tanaman hortikultura. Kementerian Pertanian telah menetapkan 40 komoditas unggulan nasional dan 11 diantaranya berasal dari komoditas hortikultura termasuk cabai (Dirjen Hortikultura, 2013). Cabai merah besar (*Capsicum annuum* L.) adalah salah satu jenis cabai yang memiliki potensi untuk dibudidayakan karena mempunyai nilai ekonomi yang tinggi dan berperan dalam memenuhi kebutuhan domestik sebagai komoditi ekspor dan industri pangan. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik dan Direktorat Jenderal Hortikultura (2020), produksi cabai merah besar di Indonesia pada tahun 2018 yaitu sebanyak 1,206,737 ton/tahun dan meningkat pada tahun 2019 menjadi 1,214,418 ton/tahun. Selain itu, jika melihat data perkembangan konsumsi cabai di Indonesia, maka komoditi cabai merah besar merupakan jenis cabai yang paling banyak dikonsumsi yaitu sebanyak 1,538 kg/kapita/tahun.

Cabai merah besar dalam kehidupan sehari-hari digunakan sebagai pelengkap untuk bumbu masakan baik dalam kondisi segar maupun yang telah diolah. Kebutuhan cabai akan meningkat lagi pada musim hajatan atau hari besar sekitar 10-20% dari kebutuhan normal. Sangat diperlukan pasokan cabai yang mencukupi untuk memenuhi kebutuhan masyarakat, namun dari seluruh ketersediaan cabai merah di Indonesia, masih terdapat cabai merah yang tercecer yaitu sebanyak 5,28% (Kementerian Pertanian, 2016). Jumlah cabai yang tercecer semakin meningkat dari tahun ke tahun, bahkan pada tahun 2018 mencapai 80,385 ton (Dirjen Hortikultura, 2018). Menurut David (2018), kehilangan pascapanen di negara berkembang diperkirakan terjadi sekitar 20%-50% karena penanganan pascapanen yang kurang tepat. Hal ini dikarenakan sifat dari buah dan sayur yang sangat mudah rusak. Sekitar 20-30% dari total produksi buah dan 30-35% dari total produksi sayuran terbuang percuma selama tahap rantai pascapanen (FAO, 2006). Kerusakan cabai merah besar dapat terjadi selama proses penyimpanan dan distribusi yang dimulai dari tingkat petani, pengepul, pedagang besar hingga pedagang kecil (Wijaya, 2013).

Penyimpanan dingin merupakan salah satu metode dalam penanganan pasca panen untuk mempertahankan kesegaran buah dan sayur karena dapat menurunkan laju respirasi, laju transpirasi maupun proses oksidasi kimia sehingga metode ini dapat digunakan untuk memperpanjang masa simpan cabai merah besar. Penurunan suhu dalam penyimpanan, pada umumnya baik untuk memperpanjang daya simpan. Suhu yang rendah dapat memperlambat aktivitas fisiologis dari cabai merah besar. Pada umumnya, penyimpanan dingin dilakukan dengan menggunakan alat *refrigerator*, namun cara ini sulit diterapkan di tingkat petani karena biaya operasional yang tinggi dan terkendala oleh daya listrik yang kurang di daerah pedesaan yang umumnya menjadi sentra pertanian (Taufik, 2010). Selain itu, penggunaan *refrigerator* juga dapat menghasilkan *freon* sehingga tidak ramah lingkungan (Dirpan *et al.*, 2018).

Berdasarkan permasalahan diatas, maka diperlukan suatu metode penyimpanan dingin yang tidak memerlukan listrik (*zero energy*), murah (*low cost*) dan ramah lingkungan (*eco friendly*) sehingga dikembangkanlah teknologi *Zero Energy Cool Chamber (ZECC)*. ZECC adalah teknologi pasca panen ramah lingkungan dan tidak memerlukan listrik yang dapat digunakan untuk menyimpan buah dan sayur setelah panen. Selain itu, teknologi penyimpanan

ZECC ini cukup murah karena dalam pembuatannya hanya menggunakan bahan batu bata, pasir, atap plastik dan air (Islam *et al.*, 2013). Prinsip kerja ZECC sehingga dapat memperpanjang masa simpan buah dan sayur yaitu dengan prinsip pendinginan evaporasi. Pendinginan evaporasi adalah proses penurunan suhu suatu zat karena efek pendinginan dari penguapan air. Konversi panas sensibel menjadi panas laten menyebabkan penurunan suhu lingkungan. Metode ini adalah cara paling ekonomis untuk menurunkan suhu dengan melembabkan udara (Roy dan Khurdiya, 1986).

Penelitian metode penyimpanan buah dan sayur dengan pemanfaatan teknologi ZECC telah meningkat dari beberapa tahun terakhir ini, seperti dalam penelitian Kamilia (2017) dan (Dirpan, 2018), yang menganalisa mutu mangga golek dan tomat yang disimpan pada ZECC, dan penelitian Firdaus (2020) yang menganalisa kombinasi antara teknologi penyimpanan ZECC dan perlakuan penanganan awal panen (*pra handling*) terhadap mutu buah mangga golek. Namun, dari beberapa penelitian yang telah dilakukan belum terdapat penelitian mengenai mutu cabai merah besar yang disimpan pada *Zero Energy Cool Chamber* (ZECC) sehingga diperlukanlah penelitian ini.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perubahan mutu cabai merah besar setelah penyimpanan pada teknologi *Zero Energy Cool Chamber* (ZECC)?
2. Bagaimana perbedaan mutu cabai merah besar yang disimpan pada teknologi *Zero Energy Cool Chamber* (ZECC), *refrigerator*, dan suhu ruang?
3. Berapa lama masa simpan cabai merah besar dengan pemanfaatan teknologi *Zero Energy Cool Chamber* (ZECC)?

## **1.3 Tujuan dan Kegunaan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui perubahan mutu cabai merah besar setelah penyimpanan pada teknologi *Zero Energy Cool Chamber* (ZECC).
2. Untuk mengetahui perbedaan mutu cabai merah besar yang disimpan pada teknologi *Zero Energy Cool Chamber* (ZECC), *refrigerator*, dan suhu ruang.
3. Untuk mengetahui lama simpan cabai merah besar dengan menggunakan teknologi *Zero Energy Cool Chamber* (ZECC).

Kegunaan dari penelitian ini adalah diharapkan dapat memberikan informasi kepada masyarakat khususnya petani mengenai pemanfaatan teknologi penyimpanan *Zero Energy Cool Chamber* (ZECC) serta aplikasinya pada cabai merah besar.



## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Cabai Merah Besar (*Capsicum annuum* L.)

Cabai merah besar (*Capsicum annuum* L.) adalah tanaman hortikultura dari keluarga *Solanaceae* yang berasal dari benua Amerika tepatnya daerah Peru dan menyebar ke negara-negara benua Amerika, Eropa dan Asia termasuk Negara Indonesia. Komoditas cabai di Indonesia terdiri dari berbagai jenis yaitu cabai merah (*Capsicum annuum* L.) yang terdiri dari cabai merah besar dan cabai merah keriting, serta cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) yang terdiri dari cabai rawit hijau dan cabai rawit merah. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik dan Direktorat Jenderal Hortikultura (2020), komoditi cabai merah besar merupakan jenis cabai yang paling banyak dikonsumsi yaitu sebanyak 1,538 kg/kapita/tahun.



Gambar 1. Cabai Merah Besar.

Tanaman cabai tergolong dalam famili terung-terungan (*Solanaceae*) yang tumbuh sebagai perdu atau semak. Cabai termasuk tanaman semusim atau berumur pendek. Menurut Haryanto (2018), dalam sistematika tumbuh-tumbuhan cabai diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom : *Plantae*  
Divisio : *Spermatophyta*  
Sub Divisio : *Angiospermae*  
Classis : *Dicotyledoneae*  
Ordo : *Tubiflorae (Solanales)*  
Famili : *Solanaceae*  
Genus : *Capsicum*  
Spesies : *Capsicum annuum* L.

Cabai merah besar mengandung zat-zat gizi yang tinggi diantaranya kalori 31 kal, protein 1 gram, lemak 0,3 gram, karbohidrat 7,3 gram, vitamin C 18 mg, kalsium 29 mg, fosfor 24 mg dan mengandung senyawa capsaicin 0,1-1,5% yang menyebabkan rasa pedas. Senyawa *capsaicin* (trans-8-metil-N-vanilil-6-noneamida) merupakan senyawa alkaloid atau kapsaisonoid yang diproduksi oleh cabai sebagai metabolit sekunder. *Capsaicin* ( $C_{18}H_{27}NO_3$ ) adalah sebuah kristalin, lipofilik, tidak berwarna dan tidak mudah menguap. Titik didih dari senyawa *capsaicin* yaitu pada suhu 210-220°C. *Capsaicin* terdapat pada plasenta buah, yaitu bagian tangkai putih di dalam cabai yang menjadi tempat melekatnya biji. *Capsaicin* adalah senyawa pada cabai yang menyebabkan rasa pedas dan panas di lidah. Selain itu, *capsaicin* juga dapat menimbulkan efek ketagihan dan kecanduan saat mengkonsumsinya. Senyawa ini seperti

minyak dan dapat menyengat sel-sel pengecap lidah. Pigmen berwarna merah yang terkandung pada cabai merah berasal dari kelompok alkaloid seperti karotenoid dan flavonoid. Cabai dimanfaatkan sebagai bumbu masakan pengungguh selera makan dan juga banyak digunakan untuk terapi kesehatan seperti membantu menyembuhkan kejang otot, rematik, sakit tenggorokan dan alergi (Sembiring, 2009).

Cabai dapat dikonsumsi segar sebagai campuran bumbu masakan serta dapat diawetkan dalam bentuk sambal, saus, pasta acar, buah kering dan tepung. Potensi dan peluang pasar cabai di Indonesia yang tinggi membuat komoditas ini dapat dijadikan sebagai salah satu komoditas unggulan hortikultura. Olehnya itu, dalam mewujudkannya diperlukan usaha budidaya dan penanganan pascapanen dengan menggunakan teknologi yang tepat agar dapat diperoleh kualitas yang sesuai dengan standar mutu.

## 2.2 Mutu Cabai Merah Besar (*Capsicum annum L.*)

Mutu dapat didefinisikan sebagai kumpulan dari karakteristik dan atribut yang dapat memberikan nilai terhadap produk itu sendiri. Penentuan mutu cabai di Indonesia selama ini dilakukan secara visual dengan memperhatikan bentuk dan ukuran buah serta dilakukan secara manual. Ciri-ciri cabai merah besar yang masih segar yaitu buah tidak patah dan masih bertangkai, ujung buah tumpul atau runcing, kulit buah tebal dan permukaannya licin, rasa kurang pedas, buah muda berwarna hijau dan setelah tua menjadi merah. Demi menciptakan sistem jaminan mutu cabai, termasuk didalamnya mempermudah upaya pengawasan, maka disarankan agar cabai yang dipasarkan segar hanya berasal dari mutu yang baik, sesuai dengan keinginan konsumen. Berdasarkan SNI 01-4480-1998, standar mutu cabai merah segar untuk kategori Mutu I yaitu memiliki keseragaman warna merah  $\geq 95\%$ , keseragaman bentuk 98%, panjang buah 12-14 cm, garis tengah pangkal buah kurang lebih 1,5-1,7 cm, kadar kotoran 1%, dan tingkat kerusakan 0%. Kualitas cabai merah besar segar berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 01-4480-1998) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kualitas Cabai Merah Besar Segar Berdasarkan Standar Nasional Indonesia

No	Jenis Uji	Persyaratan		
		Mutu I	Mutu II	Mutu III
1	Keseragaman warna	Merah > 95%	Merah $\geq 95\%$	Merah $\geq 95\%$
2	Keseragaman Bentuk	98%	96%	95%
4	Keseragaman ukuran			
	a. Cabai Merah Besar			
	- Panjang buah	12-14 cm	9-10 cm	<9 cm
	- Garis tengah pangkal	1,5-1,7 cm	1,3-1,5 cm	<1,3 cm
	b. Cabai Merah Kecil			
	- Panjang buah	>12-17 cm	>10-12 cm	<10 cm
	- Garis tengah pangkal	>1,3-1,5 cm	>1,0-1,3 cm	<1,0 cm
5	Kadar kotoran	1	2	5
6	Tingkat kerusakan dan busuk			
	Cabai Merah Besar	0	1	2
	Cabai Merah Keriting	0	1	2

Sumber: Badan Standardisasi Nasional (1998).

### 2.3 Kerusakan Pascapanen Cabai Merah Besar

Kerusakan pasca panen hasil pertanian dapat dikelompokkan menjadi empat kelompok, yaitu kerusakan biologis, kerusakan mikrobiologis, kerusakan fisik, dan kerusakan mekanis. Kerusakan biologis disebabkan karena adanya perubahan fisiologis, serangan serangga dan binatang pengerat. Kerusakan mikrobiologis disebabkan oleh mikroba seperti khamir (*yeast*), kapang (*mold*), dan bakteri. Kerusakan fisik disebabkan oleh kondisi suhu penyimpanan baik itu karena suhu yang terlalu tinggi (*heat injury*) atau terlalu rendah (*chilling injury*). Kerusakan mekanis disebabkan karena adanya benturan, tekanan atau getaran (Santoso, 2011).

Cabai merah besar termasuk tanaman holtikultura yang memiliki sifat mudah rusak karena memiliki kadar air yang tinggi yaitu sekitar 90% dan aktivitas metabolisme seperti proses respirasi masih tetap berlangsung setelah produk dipanen. Faktor yang mempengaruhi kerusakan cabai besar yaitu adanya bakteri atau jamur, perubahan enzim, serta metode penyimpanan, pengepakan dan pengangkutan cabai yang kurang tepat. Penyakit utama yang sering menyerang cabai adalah penyakit *Antraknosa* yang disebabkan oleh jamur *Colletotrichum capsici*. Gejala *Antraknosa* diawali dengan adanya patogen membentuk bercak cokelat kehitaman kemudian meluas menjadi busuk lunak. Serangan berat menyebabkan buah menjadi mengering dan mengerut, serta perubahan warna merah menjadi warna cokelat. Umur simpan dari cabai segar relatif pendek yaitu sekitar 5 hari pada suhu ruang dan pada suhu 45°F (kurang dari 10°C) dapat bertahan selama 10 hari (Sudaro *et al.*, 2000).

### 2.4 Perubahan Mutu Cabai Merah Besar Selama Penyimpanan

Buah dan sayur sebagai jaringan yang hidup yang masih melakukan respirasi, yaitu proses penguraian bahan kompleks yang ada di dalam sel seperti pati, gula dan asam organik menjadi molekul yang lebih sederhana seperti CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O serta disertai pembebasan energi. Buah juga mengalami transpirasi yaitu proses penguapan air dari jaringan yang dipengaruhi oleh suhu dan *Relative Humidity* (RH). Tingginya tingkat transpirasi menyebabkan buah menjadi keriput dan membuat daging buah menjadi lunak dan terjadi perubahan susut bobot. Selama proses penyimpanan, juga terjadi perubahan kimia yang dapat merubah penampilan, citarasa, dan kualitas, seperti perubahan berat susut dan pigmen (zat warna). Selain itu, terjadinya perombakan protopektin (pektin yang tidak larut air) menjadi pektin yang larut dalam air menyebabkan tingkat kekerasan buah selama penyimpanan mengalami penurunan sehingga struktur buah menjadi lunak (Muchtadi, 1992).

Cabai merah besar termasuk produk holtikultura dengan pola respirasi non klimaterik sehingga memiliki laju respirasi yang berjalan lambat dan menyebabkan perubahan yang terjadi pada fase pemasakan tidak terlihat nyata. Ciri buah non klimakterik adalah memiliki laju respirasi yang mula-mula tinggi dan menurun tajam selama tahap pertumbuhan, menurun dengan lambat pada tahap pendewasaan dan tahap penuaan, sehingga tidak ada kenaikan laju respirasi pada saat periode pemasakan atau tahap akhir pendewasaan (Kusuma, 2014). Buah non klimakterik termasuk cabai harus dipanen dalam kondisi matang penuh untuk mendapatkan kualitas maksimum dalam hal penerimaan visual (kesegaran, warna dan tidak adanya kebusukan atau kerusakan fisiologis), tekstur, cita rasa dan kandungan nutrisi. Cabai yang telah dipetik akan cepat layu menuju arah penuaan (*senescence*) hingga tahap pembusukan (*deterioration*). Ketika temperatur lingkungan meningkat maka proses pembusukan menjadi lebih cepat (Sutrisno, 2015).

## 2.5 Teknologi Penyimpanan *Zero Energy Cool Chamber* (ZECC)

Kerusakan buah-buahan dan sayuran dapat dikontrol dengan mengurangi suhu penyimpanan dan meningkatkan kelembaban. Penyimpanan dingin dengan menggunakan *refrigerator* adalah metode yang paling umum digunakan namun metode ini memerlukan energi listrik yang mahal sehingga membutuhkan investasi modal yang sangat besar serta tidak ramah lingkungan. Oleh karena itu, dikembangkan teknologi pasca panen yang disebut *Zero Energy Cool Chamber* (ZECC). ZECC adalah teknologi yang hemat biaya, ramah lingkungan, dan hemat energi (Devi *et al.*, 2018).

ZECC adalah salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk menyimpan buah dan sayur melalui sistem pendinginan yang tidak memerlukan daya listrik. ZECC biasa disebut sistem penyimpanan buah dan sayur ramah lingkungan karena pada aplikasinya tidak menggunakan tenaga listrik. Selain itu, sistem penyimpanan ini murah karena pada pembuatannya hanya membutuhkan bahan yang mudah ditemukan, seperti batu bata, pasir, atap plastik dan air. Teknologi penyimpanan ini dapat dengan mudah dibangun oleh petani sendiri dengan menggunakan bahan yang tersedia secara lokal dan dapat membantu mempertahankan kesegaran sayuran untuk waktu yang lebih lama sehingga petani dapat menyimpan produk mereka selama beberapa hari dan dapat mengirimkan sebagian besar komoditas mereka ke pasar grosir dengan menghindari penjualan lokal melalui perantara (Islam *et al.*, 2013).

ZECC dikembangkan pertama kali oleh Roy dan Khurdia pada tahun 1983 di IARI, Pusa, New Delhi untuk penyimpanan buah dan berkontribusi secara signifikan untuk mengurangi kerugian pasca panen dan menjaga kualitas yang dihasilkan (Singh *et al.*, 2010). Hasil penelitian pembuatan ZECC di Sulawesi Selatan menunjukkan bahwa tipe ZECC yang dibuat di permukaan tanah lebih efektif dalam menurunkan suhu dan menaikkan kelembaban relatif dibanding ZECC yang dibuat di dalam tanah. Adapun suhu rata-rata ZECC yang telah dibuat adalah  $\pm 26^{\circ}\text{C}$  sedangkan suhu luar atau suhu ruang adalah  $\pm 33^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan untuk kelembaban relatifnya dapat dinaikkan dari  $\pm 72,9\%$  menjadi  $\pm 87,2\%$  (Dirpan, *et al.*, 2017).

## 2.6 Prinsip Kerja ZECC

Prinsip kerja dari ZECC yaitu ketika sebuah permukaan yang kering pada dinding luar sebuah alat penukar panas berinteraksi dengan udara, maka permukaan dalam yang basah akan menyerap panas dari sisi yang kering dan selanjutnya mentransfer panas tersebut pada medium penguapan. Kemudian molekul air yang terdapat pada medium penguapan akan melepaskan panas tersebut ke lingkungan melalui penguapan sehingga dapat mendinginkan sisi yang kering dari *storage chamber*. Jika buah dan sayur disimpan pada *storage chamber*, maka temperatur didalam akan meningkat karena proses respirasi buah dan sayur tersebut. Apabila frekuensi dari pemberian air ditingkatkan, maka sangat memungkinkan untuk menurunkan temperatur *storage chamber* tersebut. Metode ini memiliki keuntungan yaitu menjaga temperatur yang lebih rendah tanpa penambahan kelembaban pada udara (Islam *et al.*, 2013). Pengamatan eksperimental menunjukkan bahwa pada saat beroperasi, aliran udara panas yang dikeluarkan oleh bahan di dalam ruang penyimpanan ZECC mengalir secara terkontrol ke udara luar, aliran udara yang keluar memiliki keseimbangan yang sama dengan laju alir panas yang berada di area yang kontak langsung dengan dinding luar pendingin, media evaporasi dan dinding dalam dari pendingin evaporasi pasif. Akibatnya, suhu udara kering di dalam ruang penyimpanan menjadi

basah karena suhu udara yang bekerja di bagian dinding ruang yang basah pada penyimpanan meningkat dibandingkan suhu udara yang bekerja pada dinding kering luar penyimpanan. Sehingga suhu produk yang disimpan menjadi kering dan jenuh (Firdaus, 2020)

*Zero Energy Cool Chamber* (ZECC) bekerja berdasarkan prinsip pendinginan evaporatif. Suhu dan kelembaban memainkan peran utama dalam penyimpanan buah dan sayuran. Suhu adalah faktor terpenting yang mempengaruhi tingkat kerusakan komoditas yang baru dipanen juga kelembaban relatif yang tepat diperlukan untuk dipertahankan selama penyimpanan (Kader, 1992). Struktur penyimpanan pendingin evaporasi merupakan alternatif dari sistem pendingin mekanis. Pendinginan evaporasi adalah proses penurunan suhu suatu zat karena efek pendinginan dari penguapan air. Konversi panas sensibel menjadi panas laten menyebabkan penurunan suhu lingkungan karena air yang menguap memberikan pendinginan yang berguna. Metode ini adalah cara paling ekonomis untuk menurunkan suhu dengan melembabkan udara. Sistem refrigerasi memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan sistem *refrigerator* karena tidak menggunakan refrigeran sehingga ramah lingkungan (mengurangi CO<sub>2</sub>), tidak menimbulkan suara berisik karena tidak ada bagian yang bergerak, serta tidak menggunakan listrik sehingga dapat menghemat energi. Biaya investasi awal yang rendah serta biaya operasional yang rendah dalam desain dan pemeliharaan. ZECC adalah struktur dinding ganda yang memiliki ruang antar dinding yang diisi dengan bahan penyerap air berpori. Bantalan ini dijaga tetap basah dengan penyiraman air. Ketika udara tak jenuh melewati bantalan basah, perpindahan massa dan panas terjadi dan energi untuk proses penguapan berasal dari aliran udara. ZECC tidak menggunakan energi atau energi yang sangat sedikit sehingga disebut ruang pendingin dengan energi nol (Roy dan Khurdiya, 1986).

## **2.7 Aplikasi Zero Energy Cool Chamber (ZECC)**

Aplikasi ZECC mulai berkembang saat ini dengan banyaknya penelitian yang telah dilakukan. Penelitian Narayana *et al.*, (2002), tentang kualitas pisang yang dikemas dengan *Low-Density Polyethylene* pada berbagai kondisi penyimpanan berbeda yaitu suhu ruang, ZECC dan suhu rendah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan terbaik adalah pada suhu rendah dan yang terburuk adalah pada suhu ruang. Penelitian Ganesan, (2004), yang menggunakan terung dengan penyimpanan pada ZECC dan suhu ruang dan menggunakan 3 perlakuan jumlah air yang digunakan ke dalam pasir ZECC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa masa simpan terung bertambah 9 hari dengan penambahan air 100 liter perhari. Penelitian Praba *et al.*, (2006), pada buah jeruk yang disimpan pada ZECC dan suhu ruang dengan perlakuan pengemasan plastik *Polymeric Film* dengan berbagai macam ventilasi (0.00%, 0.50% dan 1.00%). Hasil penelitian menunjukkan bahwa ZECC efektif untuk mempertahankan total asam selama penyimpanan jeruk. Penelitian Dhumal dan Karale, (2008), tentang kombinasi antara ZECC, kemasan dan pelilinan menunjukkan bahwa ZECC efektif dalam memperpanjang masa simpan buah aonla hingga 24 hari tanpa adanya kerusakan fisik maupun kimia. Penelitian dari Kamelia (2017), pada buah mangga dengan tiga tempat penyimpanan yaitu ZECC, suhu ruang, dan *refrigerator*. Hasil penelitian menunjukkan buah mangga di dalam ZECC lebih baik dari pada mangga yang disimpan di suhu ruang dan *refrigerator* dalam hal total keasaman, vitamin C, kerusakan fisiologis dan kadar air. Sedangkan, mangga yang disimpan di *refrigerator* menunjukkan hasil yang lebih baik dalam mempertahankan total padatan terlarut daripada mangga yang disimpan di dalam ZECC dan di

suhu ruang. Semua analisis sensoris menunjukkan bahwa sampel yang disimpan pada ZECC dan kulkas lebih unggul dari pada mangga yang disimpan pada suhu ruang selama penyimpanan sebelas hari. Penelitian terakhir dari Firdaus (2020), tentang kombinasi penggunaan teknologi ZECC, pencucian, dan pengemasan menunjukkan bahwa kualitas mutu buah mangga golek (*Mangifera indica* L.) secara fisik, kimia, mikrobiologi, dan sensori pada teknik penyimpanan ZECC dapat mempertahankan kerusakan buah secara optimal melalui proses perlakuan pencucian (secara kimiawi) dan pengemasan dan mampu mempertahankan mutu buah mangga dari kerusakan hingga 21 hari penyimpanan.

## 2.8 Penyimpanan Dingin

Penyimpanan dingin merupakan proses pengawetan bahan pangan dengan cara pendinginan pada suhu di bawah 15°C dan di atas titik beku bahan. Pendinginan menuntut adanya pengendalian terhadap kondisi lingkungan, seperti suhu yang rendah, komposisi udara, kelembaban dan sirkulasi udara (Kader 1992). Penyimpanan pada suhu rendah diperlukan untuk komoditas sayuran yang mudah rusak karena cara ini dapat mengurangi kegiatan laju respirasi dan metabolisme, mengurangi laju penuaan akibat adanya pematangan, pelunakan serta tekstur dan warna, dan mengurangi kerusakan karena aktivitas mikroba.

Semua tanaman hortikultura segar adalah organisme hidup sehingga untuk menekan laju respirasinya dapat dilakukan dengan penyimpanan dingin. Penurunan setiap 10°C atau 18°F akan mengurangi laju respirasi hingga 2 sampai 4 kali. Terdapat beberapa teknik pendinginan dalam penyimpanan komoditi hortikultura yang umum digunakan seperti pendingin ruang (*room cooling*), pendinginan bertekanan udara (*forced-air cooling*), pendinginan air (*hydro cooling*), penyimpanan pendingin es (*package icing*) dan pendinginan vacuum (*vacuum cooling*) (Santoso, 2011)

Setiap komoditi hasil pertanian memiliki suhu penyimpanan yang berbeda-beda. Kondisi optimum penyimpanan cabai merah segar berada di antara 5-10°C dengan kelembaban relatif 95% (Thompson, 2002). Cabai yang disimpan dengan suhu sekitar 4°C dengan kelembaban 95-98% dapat tahan sekitar empat minggu (Kapoh, 2016). Pada suhu 45°F (kurang dari 10°C) cabai dapat bertahan selama 10 hari (Sudaro *et al.*, 2000).

## 2.9 Penyimpanan Suhu Ruang

Penyimpanan suhu ruang umumnya dilakukan pada suhu tidak lebih rendah dari 15°C. Menurut Muchtadi (1992), penyimpanan pada suhu di antara 0°-35°C menyebabkan kecepatan respirasi pada sayuran dan buah-buahan meningkat sampai dua setengah kalinya untuk tiap kenaikan suhu sebesar 10°C. Hal ini dikarenakan respirasi pada buah dan sayur melibatkan berbagai reaksi enzimatik yang dimana laju reaksi tersebut dapat dinyatakan dengan quosien suhu (Q10). Laju reaksi berlangsung dalam kisaran suhu fisiologis dan meningkat secara eksponensial seiring dengan meningkatnya suhu. Menurut Susanto (1994), lama penyimpanan cabai besar dipengaruhi oleh respirasi buah cabai tersebut, karena pada saat cabai disimpan maka akan terjadi kehilangan cadangan makanan dan kadar air. Kondisi suhu yang tinggi akan memicu respirasi lebih cepat lagi, dan pada akhirnya mempercepat kelayuan. Menurut Sudaro *et al.*, (2000), umur simpan dari cabai segar relatif pendek yaitu sekitar 5 hari pada suhu ruang.