

**PENGARUH FOLIAR KALSIUM KLORIDA (CaCl₂) PRA-PANEN DAN
UMUR PANEN TERHADAP HASIL DAN MUTU BUAH JAMBU BIJI
KRISTAL (*Psidium guajava* L.)**

(TESIS)

Oleh:

NI NENGAH YULIYANI PURNAMI SARI

2324011005



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER AGRONOMI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

PENGARUH FOLIAR KALSIUM KLORIDA (CaCl_2) PRA-PANEN DAN UMUR PANEN TERHADAP HASIL DAN MUTU BUAH JAMBU BIJI KRISTAL (*Psidium guajava* L.)

Oleh

NI NENGAH YULIYANI PURNAMI SARI

Buah jambu biji Kristal memiliki kulit yang tipis sehingga buah jambu biji Kristal mudah rusak dan memiliki masa simpan yang pendek. Masa simpan jambu yang pendek menjadi tantangan signifikan bagi petani. Pelunakan buah juga bisa terjadi karena umur panen yang kurang tepat. Selain umur panen, pembongkaran dinding sel primer dan lamela tengah merupakan faktor utama yang terlibat dalam pelunakan buah. Aplikasi kalsium klorida pada buah-buahan dapat meningkatkan ketahanan terhadap dinding sel dan menjaga kekerasan buah. penyemprotan langsung pada buah lebih tepat dilakukan pada saat pra-panen, karena kalsium langsung menuju ke permukaan buah serta dengan mudah diserap langsung oleh buah. Penelitian ini dilakukan pada tanaman buah jambu biji Kristal untuk mengetahui pengaruh konsentrasi CaCl_2 dan umur panen yang baik sehingga dapat meningkatkan mutu buah jambu biji Kristal. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2024 – Januari 2025 di PT. Great Giant Pineapple Plant Group 1 Terbanggi Besar, Lampung Tengah. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) Faktorial 3×3 , dengan faktor pertama adalah konsentrasi CaCl_2 [Kontrol (A_0), 2% (A_1), dan 5% (A_2)], sedangkan faktor kedua adalah umur panen [7 MSB (B_1), 8 MSB (B_2), dan 9 MSB (B_3)], sehingga menghasilkan 9 kombinasi perlakuan. Setiap perlakuan diulang sebanyak 5 kali sehingga terdapat 45 satuan percobaan. Setiap satuan percobaan terdapat 10 buah, sehingga diperlukan 450 buah yang diamati. Data dianalisis dengan menggunakan sidik ragam (*Analysis of Variance*) menggunakan aplikasi R studio versi 4.3.1, apabila terdapat pengaruh nyata maka data akan diuji lanjut menggunakan Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi Ca 2% dan 5 % mampu meningkatkan bobot (243.73 dan 244.01 g) dan diameter buah (8.28 dan 8.19 cm). Sedangkan pada umur panen 9 MSB menunjukkan hasil bobot dan diameter buah tertinggi 275.54 g dan 8.99 cm. Pada parameter susut bobot, kekerasan, laju respirasi dan warna buah menunjukkan hasil tidak berbeda nyata pada konsentrasi Ca maupun umur panen, pada perlakuan total padatan terlarut dan vitamin C perlakuan konsentrasi Ca 2% menunjukkan hasil paling signifikan sebesar 11.97 % dan 140.03 mg/100g. Sedangkan buah yang dipanen umur 9 MSB menunjukkan hasil paling signifikan terhadap total padatan terlarut dan vitamin C sebesar 11.40% dan 160.73 mg/100g. Aplikasi Ca sebesar 2% mencatat kandungan Ca tertinggi pada daging dan kulit buah, yaitu 113.53 dan 186.35 ppm, sedangkan pada umur panen 8 MSB memiliki kandungan Ca tertinggi pada daging dan kulit buah (119.53

dan 226.55 ppm). Dengan demikian, perlakuan terbaik untuk meningkatkan hasil dan mutu buah jambu biji Kristal adalah penyemprotan foliar CaCl_2 2% dan umur panen 9 minggu setelah *bagging*.

Kata kunci: jambu biji Kristal, kalsium klorida, mutu buah, umur panen, penyimpanan

ABSTRACT

EFFECT OF PRE-HARVEST FOLIAR CALCIUM CHLORIDE (CaCl₂) APPLICATION AND HARVEST AGE ON THE YIELD AND QUALITY OF 'KRISTAL' GUAVA (Psidium guajava L.) FRUIT

By

NI NENGAH YULIYANI PURNAMI SARI

Crystal guava has a thin skin, making it easily damaged and has a short shelf life. This short shelf life is a significant challenge for farmers. Fruit softening occurs during cooling. Fruit softening can also occur due to inappropriate harvesting age. In addition to harvesting age, the disintegration of the primary cell wall and middle lamella are the main factors involved in fruit softening. Application of calcium chloride to fruits can increase resistance to cell walls and maintain fruit firmness. Direct spraying on the fruit is more appropriate during pre-harvest, because the calcium goes directly to the fruit surface and can be easily absorbed directly by the fruit. This study was conducted on Crystal guava plants to determine the effect of CaCl₂ concentration and good harvesting age so that it can improve the quality of Crystal guava fruit. This study was conducted from October 2024 to January 2025 at PT. Great Giant Pineapple Plant Group 1 Terbanggi Besar, Central Lampung. This study used a 3 x 3 Factorial Randomized Block Design (RBD), with the first factor being the CaCl₂ concentration [Control (A0), 2% (A1), and 5% (A2)], while the second factor was the harvest age [7 MSB (B1), 8 MSB (B2), and 9 MSB (B3)], resulting in 9 treatment combinations. Each treatment was repeated 5 times, resulting in 45 experimental units. Each experimental unit consisted of 10 fruits, resulting in 450 fruits being observed. Data were analyzed using Analysis of Variance using the R studio application version 4.3.1. If there was a significant effect, the data would be further tested using the Least Significant Difference (LSD) at the 5% level. The results showed that 2% and 5% Ca concentrations were able to increase fruit weight (243.73 and 244.01 g) and fruit diameter (8.28 and 8.19 cm). Meanwhile, at the harvest age of 9 MSB, the highest fruit weight and diameter were 275.54 g and 8.99 cm. In the parameters of weight loss, hardness, respiration rate, and color, the results showed no significant difference in Ca concentration or harvest age. In the total soluble solids and vitamin C treatment, the 2% Ca concentration treatment showed the most significant results of 11.97% and 140.03 mg/100g. Meanwhile, the fruit harvested at the age of 9 MSB showed the most significant results of 11.40% and 160.73 mg/100g. The application of 2% Ca recorded the highest Ca content in the flesh and skin of the fruit, namely 113.53 and 186.35 ppm, while at the harvest age of 8 MSB, the highest Ca content in the flesh and skin of the fruit (119.53 and 226.55 ppm). Therefore, the best treatment to increase the yield and quality of Crystal guava fruit is 2% CaCl₂ leaf spraying and a harvest age of 9 weeks after bagging.

Keywords: *calcium chloride, fruit quality, harvest age, 'Kristal' guava, storage*

**PENGARUH FOLIAR KALSIUM KLORIDA (CaCl₂) PRA-PANEN DAN
UMUR PANEN TERHADAP HASIL DAN MUTU BUAH JAMBU BIJI
KRISTAL (*Psidium guajava* L.)**

Oleh

NI NENGAH YULIYANI PURNAMI SARI

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
MAGISTER PERTANIAN

Pada

Program Studi Pascasarjana Magister Agronomi
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER AGRONOMI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
LAMPUNG
2025**

**Judul : PENGARUH FOLIAR KALSIMUM KLORIDA
(CaCl₂) PRA-PANEN DAN UMUR PANEN
TERHADAP HASIL DAN MUTU BUAH
JAMBU BIJI KRISTAL (*Psidium guajava* L.)**

Nama Mahasiswa : Ni Nengah Yuliyani Purnami Sari

Nomor Pokok Mahasiswa : 2324011005

Program Studi : Magister Agronomi

Fakultas : Pertanian

Menyetujui

1. Komisi Pembimbing



Prof. Dr. Ir. Soesiladi Esti Widodo, M.Sc.
NIP 196005011984031002



Dr. RA. Diana Widyastuti, S.P., M.Si.
NIP 198104132008122001



Ir. Sri Waluyo, S.T.P., M.Si., Ph.D., IPU.
NIP 197203111997031002

2. Ketua Program Studi Magister Agronomi



Prof. Dr. Ir. Paul Benyamin Timotiwi, M.Si.
NIP 196209281987031001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Prof. Dr. Ir. Soesiladi Esti Widodo, M.Sc.



Sekretaris 1

: Dr. RA. Diana Widyastuti, S.P., M.Si.



Sekretaris 2

: Ir. Sri Waluyo, S.T.P., M.Si., Ph.D., IPU



Penguji

Bukan Pembimbing

: Dr. Ir. Agus Karyanto, M.Sc.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kusyanta Futas Hidayat, M.P.

NIP 196411181989021002



3. Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung



Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.

NIP 196403261989021001

Tanggal Lulus Ujian Tesis: 15 Desember 2025

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Tesis dengan judul **“PENGARUH FOLIAR KALSIUM KLORIDA (CaCl₂) PRA-PANEN DAN UMUR PANEN TERHADAP HASIL DAN MUTU BUAH JAMBU BIJI KRISTAL (*Psidium guajava* L.)”** adalah hasil karya saya sendiri dan tidak melakukan penjiplakan atas hasil karya orang lain dengan cara tidak sesuai dengan norma dan etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung.
2. Pembimbing Penulis Tesis ini berhak mempublikasikan sebagian atau seluruh Tesis ini pada jurnal dengan mencantumkan nama saya sebagai salah satu penulisnya
3. Hal intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terbukti ketidakbenaran maka saya bersedia menerima akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 21 April 2026

Pembuat Pernyataan



Ni Nengah Yuliyani Purnami Sari
NPM 2324011005

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, pada 28 Juli 1999. Penulis merupakan anak kedua dari 2 bersaudara, dari pasangan bapak I Nyoman Suwena dan ibu Nengah Ratna. Kakak Penulis bernama Wayan Agus Indrawan. Penulis menyelesaikan Pendidikan Taman Kanak – Kanak di TK Setia Budi pada tahun 2005, Sekolah Dasar di SD Negeri 2 Rawa Laut (Teladan) Bandar Lampung pada tahun 2011, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 16 Bandar Lampung pada tahun 2014, Sekolah Menengah Atas di SMA Perintis 1 Bandar Lampung pada tahun 2017. Penulis melanjutkan pendidikan di Perguruan Tinggi Negeri pada Jurusan Budidaya Tanaman Pangan, Program Studi Teknologi Produksi Tanaman Hortikultura, Politeknik Negeri Lampung pada tahun 2022. Pada tahun 2023 Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Pascasarjana di Jurusan Magister Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Selama menempuh pendidikan Sarjana Penulis berkesempatan menerima Beasiswa Peningkatan Prestasi Akademik (PPA) pada tahun 2019, selain itu selama kuliah Penulis juga aktif mengikuti kegiatan organisasi yaitu organisasi Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM), menjabat sebagai Staf Ahli Pengembangan Sumberdaya Mahasiswa (PSDM) pada tahun 2018, Komunitas Hindu Polinela (KMHIPO) pada tahun 2017 – 2019. Penulis juga aktif mengembangkan salah satu *Teaching Farm* di Polinela Polihidro Farm pada tahun 2019 – 2020. Penulis juga mengikuti pemilihan Duta Kampus Polinela dan meraih gelar *Runner Up* Pertama pada tahun 2018.

Pada Tahun 2019 Penulis mengikuti kegiatan Praktik Kerja Nyata (PKN) di desa Bumisari Dusun I, kecamatan Natar, kabupaten Lampung Selatan. Kemudian, Penulis mengikuti kegiatan Praktik Kerja Lapang (PKL) di Laboratorium Kultur Jaringan Politeknik Negeri Lampung pada tahun 2020.

Asung Kerta Wara Nugraha

Dengan hati yang tulus dan penuh rasa syukur ku persembahkan karya ilmiah ini kepada:

Kedua orang tua ku bapak Nyoman Suwena dan ibu Nengah Ratna sebagai rasa terimakasih dan baktiku atas semua pengorbanan, penghormatan, do'a dan dukungan yang telah diberikan.

Bapak Prof. Dr. Ir. Soesiladi Esti Widodo, M.Sc., ibu Dr. RA. Diana Widyastuti, S.P., M.Si., bapak Ir. Sri Waluyo, S.T.P., M.Si., Ph.D., IPU, bapak Dr. Ir. Agus Karyanto, M.Sc., bapak Prof. Dr. Ir. Paul Benyamin Timotiwu, M.S. ibu Prof. Dr. Ir. Yusnita, M.Sc., ibu Dr. Ir. Desi Maulida, S.P. M.Si., bapak Fahri Ali, S.P., M.P. yang telah membimbing , memberi saran, motivasi, semangat selama Penulis melakukan penelitian sampai dengan menyelesaikan pendidikan Magister.

PT. Great Giant Pineapple, Departement Research & Development, ibu Yunita, bapak Supriyono selaku manager guava, bapak Danny Fhaisal Akbar, mba N. Hasyati, mas Ma'ruf Kurniawan, Raditya Mahendra, dan seluruh Tim Lapangan R&D yang telah membantu Penulis selama penyusunan dan pelaksanaan penelitian

Orang terdekat yang selalu memberikan dukungan, keluarga besar, serta orang terkasih I Ketut Hari Anggara S.Psi., sahabat ku Indah Filiani Putri S.Tr. P, rekan seperjuangan Adi Candra Saputra, S.Tr.P., M.P., dan rekan Agronomi angkatan 2023 yang selalu memberikan *support* dan membantu Penulis selama proses penelitian hingga menyelesaikan studi.

Serta Almamater tercinta Magister Agronomi, Fakultas Pertanian,

UNIVERSITAS LAMPUNG

“Seseorang yang menerima kesulitan sebagai bentuk belas kasih Tuhan, sembari dengan sabar menanggung hasil dari karmanya sendiri, dan tetap berserah diri kepada-Mu dengan hati, kata, dan tubuh – ia layak mencapai pembebasan.”

(Bhāgavata purāṇa 10.14.8)

“Be the change that you wish to see in the world.”

(Mahatma Gandhi)

“Manusia bukan diciptakan untuk selalu benar, tapi untuk selalu belajar dari setiap salah yang disadarinya”

(Purnami Sari)

SANWACANA

Atas Asung Kertha Wara Nugraha Sang Hyang Widhi Wasa, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulisan Tesis dengan judul : **“PENGARUH FOLIAR KALSIUM KLORIDA (CaCl₂) PRA-PANEN DAN UMUR PANEN TERHADAP HASIL DAN MUTU BUAH JAMBU BIJI KRISTAL (*Psidium guajava* L.)”** dapat terlaksana dengan baik. Semoga Tesis ini dapat memberikan manfaat kepada mahasiswa ataupun masyarakat umum. Dalam penyusunan Tesis ini, Penulis dibantu oleh banyak pihak dalam penyusunan, pelaksanaan, pengambilan data, hingga penyusunan dalam menulis Tesis ini. Pada kesempatan ini, Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A.IPM., selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
3. Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung;
4. Prof. Dr. Ir. Paul Benyamin Tomotiwu, M.Si., selaku Ketua Program Studi Magister Agronomi;
5. Prof. Dr. Ir. Soesiladi Esti Widodo, M.Sc., selaku Pembimbing Pertama yang senantiasa membimbing dengan sabar dan memberikan nasihat, masukan, ide, dan ilmu dalam penyempurnaan Tesis, sehingga Penulis dapat menyelesaikan penelitian dan menulis Tesis ini;
6. Dr. RA. Diana Widyastuti, S.P., M.Si., selaku Pembimbing Kedua atas motivasi, semangat, ilmu yang telah diberikan sehingga Penulis dapat menyelesaikan penelitian dan menulis Tesis ini;
7. Ir. Sri Waluyo, S.T.P., M.Si., Ph.D., IPU., selaku Pembimbing Ketiga atas segala ilmu dan semangat yang diberikan kepada Penulis sehingga Penulis dapat menyelesaikan Tesis ini dengan lancar;

8. Dr. Ir. Agus Karyanto, M.Sc., selaku Penguji sekaligus Pembimbing informal yang telah membimbing, mengarahkan, memberikan kritik dan saran yang berarti untuk Penulis dalam penyelesaian Tesis ini;
9. PT. Great Giant Pineapple, Departement Research & Development, ibu Yunita selaku manager R&D, bapak Supriyono selaku manager komoditi Guava, bapak Danny Fhaisal Akbar selaku Pembimbing Lapang Penulis, mba N. Hasyati, mas Ma'ruf Kurniawan, Raditya Mahendra, dan seluruh Tim Lapangan R&D yang telah memberikan tempat penelitian, ilmu, serta membantu Penulis dalam penyusunan, pelaksanaan penelitian, hingga penulisan Tesis ini, sehingga Tesis ini dapat terlaksana dengan lancar;
10. Kedua orang tuaku bapak Nyoman Suwena dan ibu Nengah Ratna yang telah memberikan dukungan, doa, dan semangat kepada Penulis dan dengan sabar menunggu dan menemani Penulis hingga Penulis menyelesaikan Tesis ini;
11. Kepada pasangan Penulis I Ketut Hari Anggara, S.Psi, yang tanpa henti mendoakan, mendukung, dan selalu menemani Penulis hingga Penulis dapat menyelesaikan Tesis ini dengan baik;
12. Sahabat Penulis Indah Filiani Putri, S.Tr.P, Hikmatusyifa Dwi Putri, S.P, Rheynda Audya Vasthie, S.E. yang dengan sabar selalu mendengarkan keluh kesah Penulis, dan memberikan semangat kepada Penulis;
13. Teman- Teman seperjuangan Magister Agronomi 2023, terimakasih atas waktu, kebersamaan, dan selalu memberikan semangat selama studi;
14. Almamaterku tercinta Universitas Lampung.

Dalam penulisan Tesis ini, Penulis menyadari bahwa Tesis ini belum sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan Penulis.

Bandar Lampung, 21 April 2026

Penulis,

Ni Nengah Yuliyani Purnami Sari

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.3 Kerangka Pemikiran.....	4
1.4 Hipotesis.....	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Mutu Buah Jambu Biji Kristal	8
2.2 Penanganan Pascapanen Jambu Biji Kristal	9
2.3 Kalsium Klorida (CaCl ₂).....	9
2.4 Transportasi Kalsium Buah	10
2.5 Umur Panen.....	11
III. METODE PENELITIAN	13
3.1 Waktu dan Tempat.....	13
3.2 Alat dan Bahan	13
3.3 Rancangan Penelitian	13
3.4 Pelaksanaan Penelitian	14
3.4.1 Pembuatan larutan CaCl ₂	14
3.4.2 Pengaplikasian.....	15
3.4.3 Panen	15
3.4.4 Pascapanen	16
3.5 Pengamatan	17
3.5.1 Bobot buah	17
3.5.2 Diameter buah	17
3.5.3 Susut bobot.....	18
3.5.4 Kekerasan buah	18
3.5.5 Warna buah.....	19
3.5.6 Respirasi.....	20
3.5.7 Vitamin C	21
3.5.8 Pengukuran kandungan padatan terlarut	21
3.5.9 Kandungan kalsium pada buah	22

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Bobot dan Diameter Buah Jambu Biji Kristal.....	23
4.2 Susut Bobot Buah Jambu Biji Kristal	24
4.3 Kekerasan Buah	25
4.4 Warna Buah	26
4.5 Respirasi	31
4.6 Total Padatan Terlarut dan Vitamin C	32
4.7 Kandungan Ca.....	33
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	36
5.1 Kesimpulan	36
5.2 Saran.....	36
DAFTAR PUSTAKA.....	37
LAMPIRAN.....	43
Tabel Anova	44
Dokumentasi	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Diagram kerangka pemikiran.....	6
2. Pengaruh konsentrasi Ca (a) dan umur panen (b) terhadap susut bobot buah jambu biji Kristal selama penyimpanan	25
3. Indeks warna red dan green pada buah jambu biji Kristal	30
4. Pengaruh konsentrasi Ca (a) dan umur panen (b) terhadap laju respirasi buah jambu biji Kristal selama penyimpanan.....	31

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Tata letak penelitian	14
2. Hasil rerata pengaruh konsentrasi Ca terhadap bobot dan diameter buah jambu biji Kristal.....	23
3. Hasil rerata pengaruh konsentrasi Ca terhadap kekerasan buah jambu biji Kristal pada penyimpanan hari ke – 15	26
4. Hasil rerata pengaruh konsentrasi Ca terhadap total padatan terlarut (°Brix) dan vitamin C buah jambu biji Kristal	32
5. Hasil rerata pengaruh konsentrasi Ca terhadap kandungan Ca pada daging dan kulit buah jambu biji Kristal	34

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Buah-buahan merupakan sumber utama nutrisi yang penting untuk tubuh manusia. Buah kaya akan vitamin, mineral, serat dan antioksidan yang membantu menjaga kesehatan tubuh secara keseluruhan. Vitamin C, vitamin A, folat dan kalium adalah beberapa nutrisi yang terkandung dalam buah – buahan serta berperan penting dalam menjaga jaringan tubuh, kesehatan mata, kulit dan sistem daya tahan tubuh (Slavin dan Lloyd, 2012). Banyak jenis buah yang bisa dikonsumsi secara segar, salah satunya adalah buah jambu biji Kristal (*Psidium guajava* L.).

Buah jambu biji Kristal merupakan salah satu buah jambu biji yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Buah jambu biji Kristal dapat menghasilkan buah secara terus menerus sepanjang tahun. Salah satu kelebihan utama jambu biji Kristal adalah kandungan nutrisi yang sangat tinggi. Buah ini kaya akan vitamin C, vitamin A, kalium, dan antioksidan seperti asam fenolik, flavonoid, dan saponin (Sasmi *et al.*, 2022). Kandungan nutrisi ini sangat bermanfaat untuk kesehatan tubuh, terutama dalam meningkatkan sistem kekebalan tubuh dan melindungi dari radikal bebas yang dapat menyebabkan berbagai penyakit degeneratif seperti kanker dan penyakit jantung.

Buah jambu biji Kristal tergolong buah klimaterik ditandai dengan peningkatan respirasi selama proses pemasakan dengan laju respirasi yang tinggi dan kulit jambu biji Kristal yang tipis sehingga buah jambu biji Kristal mudah rusak dan memiliki masa simpan yang pendek. Masa simpan jambu yang pendek menjadi tantangan signifikan bagi petani. Pelunakan buah dapat terjadi karena umur panen yang kurang tepat. Hasil penelitian Mufza *et al.* (2025) menghasilkan umur panen buah jambu biji Kristal 90 HSA dan 100 HSA (Hari setelah antesis) memiliki rerata tingkat kekerasan tertinggi pada hasil ke – 8 penyimpanan. Sehingga pemanenan dengan umur yang tepat dapat meminimalisir pelunakan buah. Selain

umur panen, pembongkaran dinding sel primer dan lamela tengah merupakan faktor utama yang terlibat dalam pelunakan buah. Modifikasi dinding sel membantu dalam pemeliharaan kualitas buah, karena kalsium memiliki pengaruh penting dalam pembentukan jembatan silang antar pektin, sehingga menghasilkan kompleks kalsium pektat. Struktur ini yang dapat memberikan ketahanan terhadap dinding sel dan mencegah degradasi. Oleh karena itu, perlu dilakukan penanganan pra-panen untuk memperkuat dinding sel yang salah satunya dengan pemberian kalsium klorida.

Aplikasi kalsium klorida pada buah-buahan dapat meningkatkan ketahanan terhadap dinding sel dan menjaga kekerasan buah. Senyawa ini digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti pengawetan makanan, pelapisan buah, dan pengolahan air. Unsur CaCl_2 mempunyai kemampuan memperkuat dinding sel dengan membentuk ikatan silang dengan pektin sehingga menghasilkan tekstur buah yang lebih keras. Buah – buahan yang kualitasnya lebih rendah, mempunyai kandungan CaCl_2 yang lebih rendah dan lebih rentan terhadap infeksi penyakit dan kerusakan fisiologis, sedangkan pada buah-buahan dengan unsur CaCl_2 yang cukup, hubungan antar sel tetap terjaga dengan baik. Pada penelitian Faiqoh (2014) pemberian kalsium klorida 6% mampu mempertahankan kekerasan buah.

Kalsium klorida dapat menghambat proses pemasakan (*ripening*) buah dengan cara mengoksidasi etilen. Dengan menghambat produksi etilen, CaCl_2 dapat memperlambat proses pemasakan dan memperpanjang umur simpan buah (Hasmoro *et al.*, 2014). Ion kalsium (Ca^{2+}) yang terkandung dalam CaCl_2 dapat berikatan dengan pektin dalam dinding sel buah, sehingga memperkuat struktur dinding sel. Hal ini menghambat hidrolisis pektin dan pati, yang merupakan proses penyebab pemecahan struktur sel dan pemasakan buah (Andriani *et al.*, 2016). Buah dengan kandungan kalsium yang tinggi memiliki laju respirasi yang lebih lambat (Sari *et al.*, 2004).

Penyemprotan kalsium pada masa pra – panen menjadi bagian dari strategi baru dalam sistem pertanian terpadu, karena dapat meningkatkan karakteristik buah dan meminimalkan fungisida menjelang panen. Penyemprotan kalsium juga dapat meningkatkan ketahanan buah terhadap penyakit busuk pascapanen. Teknik

penyemprotan juga merupakan cara yang aman untuk melengkapi kalsium endogen dalam buah. Dalam metabolisme tanaman, kalsium ditranslokasi melalui xilem melalui aliran transpirasi dan sebagian kalsium yang dialokasikan kembali dalam buah dipindahkan ke daerah meristematik dimana terdapat tingkat transpirasi yang lebih tinggi, seperti daun yang sedang tumbuh. Oleh karena itu, tanaman dengan pertumbuhan daun yang kuat, harus menerima kalsium eksogen yang cukup selama perkembangan buah, agar buah memiliki kadar kalsium yang cukup saat panen (Ribeiro *et al.*, 2020).

Perlakuan kalsium harus mempertimbangkan sumber, konsentrasi, dan metode aplikasi. Aplikasi pra – panen memungkinkan penanganan buah yang lebih efisien, sekaligus meningkatkan kemungkinan kerusakan mekanis, yang dapat dihindari dengan aplikasi pra – panen melalui tanah atau penyemprotan tanaman. Namun, kalsium tidak bergerak di dalam tanaman. Oleh karena itu, aplikasi kalsium melalui tanah bukanlah metode terbaik (Danner *et al.*, 2009). Namun, penyemprotan langsung pada buah lebih tepat dilakukan pada saat pra-panen (Ribeiro *et al.*, 2020), karena kalsium langsung menuju ke permukaan buah dan dapat dengan mudah diserap langsung oleh buah.

Madani *et al.* (2014) menyatakan bahwa penyemprotan kalsium klorida sebelum panen pada pemasakan pepaya menunjukkan hasil kekerasan buah pepaya yang lebih tinggi, penurunan laju respirasi dibandingkan dengan buah tanpa diberi perlakuan kalsium klorida. Selain itu, buah yang diberi kalsium memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan tanpa diberi kalsium. Pemberian kalsium sebelum panen juga dapat menurunkan aktivitas poli galakturonase (PG) dan pektin metil esterase (PME) selama penyimpanan buah pepaya. Adapun Jakhar dan Pathak (2016) melakukan penelitian pra – panen dengan menggunakan CaCl_2 2 % dan hasilnya dapat meningkatkan kualitas buah mangga yang berhubungan dengan bobot buah, tingkat kekerasan, total padatan terlarut, asam askorbat, total gula, kandungan β -karoten, dan dapat mempertahankan masa penyimpanan selama 18 hari.

Pentingnya penelitian ini dilakukan pada tanaman buah jambu biji Kristal adalah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi CaCl_2 dan umur panen yang baik sehingga dapat meningkatkan mutu buah jambu biji Kristal.

Berdasarkan latar belakang di atas penelitian ini dilakukan untuk menjawab perumusan masalah sebagai berikut.

1. Apakah pemberian CaCl_2 dan umur panen dapat meningkatkan hasil dan mutu buah jambu biji Kristal?
2. Berapa konsentrasi CaCl_2 dan umur panen yang tepat untuk meningkatkan hasil dan mutu buah jambu biji Kristal?

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan identifikasi dan perumusan masalah, tujuan dari penelitian ini dirumuskan sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui berapakah konsentrasi CaCl_2 yang terbaik terhadap hasil dan mutu buah jambu biji Kristal?
2. Untuk mengetahui berapakah umur panen yang terbaik terhadap hasil dan mutu buah jambu biji Kristal?
3. Untuk mengetahui apakah kombinasi terbaik antara konsentrasi CaCl_2 dan umur panen terhadap hasil dan mutu buah jambu biji Kristal?

1.3 Kerangka Pemikiran

Buah jambu biji Kristal banyak memiliki keunggulan yaitu memiliki rasa yang manis, daging buah yang renyah, biji yang sedikit atau hampir tanpa biji. Buah jambu biji Kristal memiliki daya tarik pada kualitas buahnya. Mutu buah jambu biji Kristal saat pascapanen sebagian bergantung pada berbagai faktor pra-panen seperti pemangkasan, penyemprotan, penyiraman, penyiangan, pemupukan, pemasangan perangkat alat buah dan sanitasi (Mauli *et al.*, 2024).

Buah jambu biji Kristal memiliki karakteristik mudah rusak dan memiliki masa simpan yang pendek. Jambu yang dipanen terlalu matang atau terlalu muda akan memiliki umur simpan yang pendek. Oleh karena itu salah satu cara untuk memperpanjang masa simpan adalah dengan melakukan panen pada tingkat

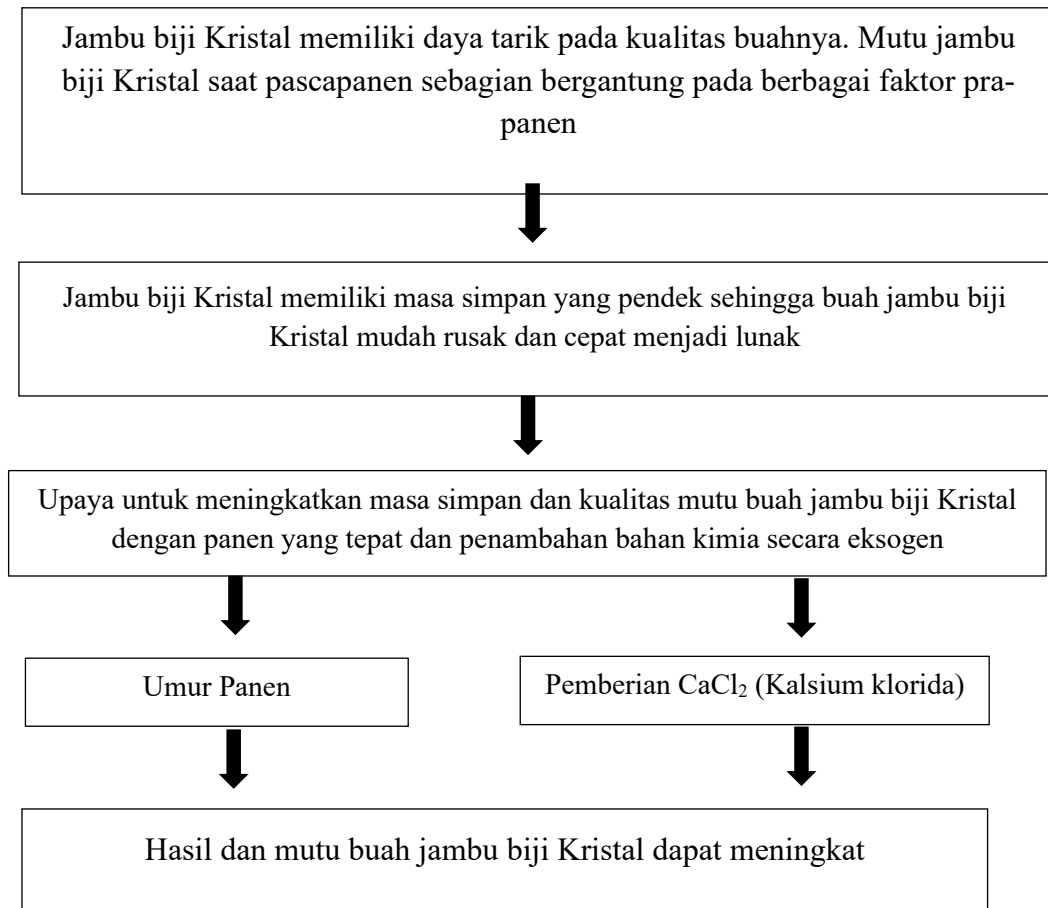
kematangan optimal. Buah belum matang pada saat pemanenan menghasilkan kualitas buah yang rendah sedangkan penundaan waktu panen dapat meningkatkan kepekaan buah terhadap pembusukan. Hasil penelitian Mufza *et al.* (2025) menjelaskan bahwa umur panen 90 hari setelah antesis (HSA) atau 9 minggu setelah *bagging* dapat mempertahankan nilai kekerasan buah jambu biji Kristal hingga hari ke-8 penyimpanan. Selain dengan umur panen salah satu cara memperpanjang umur simpan untuk mempertahankan kualitas buah jambu biji Kristal adalah dengan pemberian bahan kimia secara eksogen yaitu dengan pemberian kalsium klorida (CaCl_2).

Kalsium klorida memiliki mobilitas sangat rendah pada jaringan tanaman, terutama pada buah. Dengan kondisi itu, aplikasi kalsium melalui penyemprotan langsung pada buah atau daun menjadi pilihan yang lebih efektif (Ribeiro *et al.*, 2020). Hal ini didukung oleh beberapa hasil penelitian seperti Karemera dan Habimana (2014), pemberian CaCl_2 1,5% secara signifikan meningkatkan jumlah hari yang dibutuhkan dalam pematangan (*ripe*) buah, umur simpan buah, fisik, dan kimia buah mangga dibandingkan kontrol. Adapun Jakhar dan Pathak (2016) pemberian CaCl_2 2 % pada saat pra-panen dapat meningkatkan bobot buah, kekerasan, total gula dan dapat mempertahankan masa simpan buah mangga hingga 18 hari. Selain itu konsentrasi kalsium 1,5 dan 2% meningkatkan konsentrasi kalsium pada jaringan kulit dan pulpa, mempertahankan kekencangan, dan mengurangi insiden dan keparahan antraknosa pada buah pepaya (Madani *et al.*, 2014).

Pada buah jambu biji Kristal pemberian CaCl_2 juga sudah dilakukan, seperti hasil penelitian Kumar dan Misra (2012) pada perlakuan CaCl_2 1% dapat menunda hilangnya warna kulit dan menjaga kekerasan buah jambu pada penyimpanan suhu ruang selama 12 hari. Selain itu, penelitian Shabir *et al.* (2021) pada jambu biji yang dilapisi oleh CaCl_2 2% dan 10% gel lidah buaya secara nyata dapat mempertahankan karakteristik fisio – kimia dan juga dapat mempertahankan alat sensorik dalam mempertahankan kualitas buah dan memperpanjang umur simpan selama 35 hari. Dengan demikian pemberian CaCl_2 dan umur panen yang tepat

diduga dapat menjadi perlakuan yang mampu meningkatkan hasil dan mutu buah jambu biji Kristal.

Kerangka pemikiran penelitian ini dapat dirangkum sebagaimana ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram kerangka pemikiran

1.4 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah dikemukakan, hipotesis yang dapat diajukan sebagai berikut.

1. Konsentrasi CaCl_2 2% merupakan konsentrasi yang terbaik terhadap hasil dan mutu buah jambu biji Kristal.
2. Umur panen 9 minggu setelah *bagging* merupakan umur panen yang terbaik terhadap hasil dan mutu buah jambu biji Kristal.

3. Kombinasi konsentrasi CaCl_2 2% dan umur panen 9 minggu setelah *bagging* merupakan kombinasi konsentrasi terbaik terhadap hasil dan mutu buah jambu biji Kristal.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mutu Buah Jambu Biji Kristal

Mutu buah jambu biji Kristal ditentukan oleh karakteristik fisik, kimia, dan organoleptik yang meliputi ukuran buah, warna kulit, kekerasan daging buah, total padatan terlarut (TSS), kadar vitamin C. Sebagai kultivar unggulan, jambu biji Kristal dikenal memiliki tekstur renyah dan kandungan biji yang sangat sedikit, sehingga banyak diminati konsumen. Namun buah jambu biji Kristal memiliki laju respirasi yang relatif tinggi dan kulit yang tipis sehingga mudah mengalami penurunan kualitas selama penyimpanan, terutama ditandai dengan pelunakan daging buah dan meningkatnya susut bobot.

Upaya mempertahankan mutu jambu biji Kristal banyak dilaporkan melalui penerapan perlakuan pascapanen maupun pra – panen seperti pengemasan, pelapisan (*edible coating*), aplikasi kalsium, serta umur panen yang tepat. Hasil penelitian Widodo *et al.*, 2012 menghasilkan perlakuan kitosan 2,5% mampu memperpanjang masa simpan buah jambu biji Kristal 2,56 dan 6,45 hari lebih lama dibandingkan perlakuan kontrol (air) dan asam asetat 2,5%. Pada penelitian umur panen oleh Mufza *et al.* (2025) menunjukkan buah jambu biji Kristal yang di panen pada umur 90 HSA pada uji organoleptik kekerasan memiliki skor yang tinggi. Kemudian aplikasi 1% CaCl₂ pra – panen pada jambu biji ‘Paluma’ dapat meningkatkan parameter kualitas buah dan menurunkan susut bobot buah (Ribeiro *et al.*, 2020). Temuan tersebut menunjukkan bahwa perlakuan yang dapat memperkuat dinding sel buah, menambah ketersediaan kalsium, dan menentukan umur panen yang tepat sangat berpengaruh dalam menjaga kualitas fisik dan kimia jambu biji Kristal.

2.2 Penanganan Pascapanen Jambu Biji Kristal

Penanganan pascapanen buah jambu biji Kristal meliputi berbagai tahapan penting seperti pembersihan, penyortiran, pengemasan, dan penyimpanan yang bertujuan untuk mempertahankan kualitas buah agar tetap baik hingga sampai ke konsumen. Karena jambu biji Kristal adalah buah klimakterik yang terus mengalami proses respirasi dan metabolisme setelah panen, maka penanganan yang tepat sangat diperlukan untuk memperlambat pembusukan. Penanganan pascapanen jambu biji Kristal termasuk pengemasan yang baik menggunakan bahan yang dapat mengurangi gesekan dan benturan selama transportasi, serta pengendalian suhu penyimpanan agar proses respirasi dapat lebih lambat.

Penyemprotan dan penyiraman tanaman sebelum panen juga berperan dalam menjaga kesehatan dan kualitas buah yang dihasilkan sehingga mutu pascapanen lebih optimal. Penanganan yang sistematis dan hati-hati mulai dari proses panen sampai pascapanen akan berkontribusi signifikan dalam menjaga mutu fisik, kandungan nutrisi, serta daya tahan buah jambu biji Kristal. Penelitian Novita (2016) menghasilkan perlakuan dengan edible coating karagen dan gliserol dapat menekan perubahan susut bobot dan kekerasan buah serta mempertahankan kandungan total asam pada buah jambu Kristal selama penyimpanan. Selain itu penelitian Widodo *et al.*, 2012 menghasilkan perlakuan kitosan 2,5% mampu memperpanjang masa simpan buah jambu biji 'Crystal' 2,56 dan 6,45 hari lebih lama dibandingkan perlakuan kontrol (air) dan asam asetat 2,5%. Pada penelitian Susanto *et al.*, 2018 menghasilkan pelapis lilin 2% dan 4% mampu menekan susut bobot dan kelunakan buah serta memperpanjang masa simpan buah jambu 'Kristal' hingga 18 hari, dibandingkan dengan kontrol yang hanya mampu sampai dengan 9 hari.

2.3 Kalsium Klorida (CaCl₂)

Di antara berbagai sumber kalsium yang digunakan di bidang pertanian, kalsium klorida (CaCl₂) menjadi salah satu yang paling populer karena tingkat kelarutannya yang tinggi, mudah diaplikasikan baik secara penyemprotan daun maupun perlakuan pascapanen, serta harganya relatif lebih ekonomis dibandingkan sumber kalsium lainnya. Kalsium juga merupakan unsur penting

yang mendukung peningkatan produksi tanaman dan berperan dalam menjaga kualitas buah (Madani *et al.*, 2014).

Mobilitas kalsium di dalam jaringan tanaman tergolong rendah, terutama pada jaringan yang memiliki laju transpirasi kecil seperti buah. Hal ini karena ion Ca^{2+} bersifat *phloem-immobile*, sehingga penyalurannya dari akar ke organ tersebut menjadi terbatas. Oleh sebab itu, aplikasi kalsium melalui penyemprotan langsung (foliar) dianggap lebih efektif dibandingkan melalui tanah (Hocking *et al.*, 2016; Rosen *et al.*, 2006). Pemberian CaCl_2 sebelum panen terbukti dapat meningkatkan kandungan kalsium jaringan, menurunkan keretakan buah anggur dan menurunkan risiko gangguan *blossom-end rot* pada tomat (Mazumder *et al.*, 2021; Shi *et al.*, 2022). Pemberian kalsium 1,5 dan 2% juga meningkatkan kandungan kalsium pada jaringan kulit dan pulpa, serta mempertahankan kekerasan buah pepaya. (Madani *et al.*, 2014).

Selain aplikasi pra – panen, perlakuan pascapanen dengan larutan CaCl_2 juga banyak diterapkan, baik melalui perendaman maupun penyemprotan buah. Perlakuan ini berfungsi memperkuat struktur dinding sel melalui ikatan Ca^{2+} dengan pektin, menekan aktivitas enzim pelunak seperti poligalakturonase, dan memperlambat proses penuaan serta kerusakan jaringan selama penyimpanan (Guo *et al.*, 2023). Beberapa studi melaporkan bahwa perlakuan pascapanen CaCl_2 mampu menekan penurunan bobot buah, laju pembusukan dan laju respirasi (Eroğul *et al.*, 2024).

2.4 Transportasi Kalsium Buah

Distribusi kalsium (Ca) pada buah sangat ditentukan oleh mekanisme fisik dan molekuler yang mengatur aliran air dan ion Ca^{2+} , serta peran sinyal kalsium dalam memodulasi interaksi dinding sel, laju transpirasi, dan transportasi air. Pengiriman Ca ke jaringan udara terutama bergantung pada aliran massa air melalui xilem, mengingat Ca bersifat hampir tidak mobile dalam floem. Selain itu, distribusi Ca dipengaruhi oleh kompetisi ion pada situs pengikatan dinding xilem dan membran pit, di mana pH berperan penting melalui keberadaan ion H^+ , serta oleh pembentukan kompleks Ca yang sukar larut seperti kalsium oksalat. Pada tingkat seluler, perubahan konsentrasi Ca^{2+} di berbagai kompartemen sel dapat mengatur

jalur transportasi air berbasis membran; peningkatan Ca^{2+} sitosolik diketahui menurunkan permeabilitas aquaporin, sehingga mengubah keseimbangan aliran air apoplasmik dan simplasmik. Kondisi ini berdampak pada efisiensi pengiriman Ca, karena jalur simplasmik memiliki kapasitas yang terbatas untuk transport Ca jarak jauh.

Hubungan antara transportasi air dan akumulasi kalsium (Ca) pada buah sangat erat, terutama karena buah merupakan organ dengan laju transpirasi relatif rendah. Sebagian besar Ca^{2+} diakumulasikan pada tahap awal perkembangan buah ketika transpirasi masih tinggi dan aliran getah xilem aktif, sedangkan pada fase pematangan lanjut transpirasi buah menurun tajam sehingga suplai Ca menjadi terbatas. Karena Ca memiliki mobilitas yang sangat rendah di floem, pengirimannya ke buah sangat bergantung pada xilem, berbeda dengan ion lain seperti K^+ yang tetap terakumulasi hingga fase pematangan akhir. Kondisi lingkungan, khususnya defisit tekanan uap dan laju pertumbuhan buah, turut memengaruhi kontribusi xilem dan floem terhadap hidrasi buah serta efisiensi pengiriman Ca. Penurunan konduktivitas hidraulik xilem selama pematangan selanjutnya membatasi impor Ca ke buah, yang dapat menurunkan vitalitas sel dan meningkatkan risiko gangguan fisiologis terkait defisiensi Ca. Selain itu, kapasitas pertukaran kation dinding sel xilem yang relatif rendah menunjukkan bahwa peran membran pit dan mekanisme transpor membran seluler menjadi faktor penting dalam mengatur distribusi dan stabilitas Ca^{2+} selama perkembangan dan pematangan buah.

2.5 Umur Panen

Umur panen memegang peran penting dalam menentukan mutu akhir buah jambu biji Kristal, karena setiap tahap perkembangan buah membawa perubahan fisiologis yang memengaruhi karakter fisik, kimia, dan rasa. Buah yang dipanen terlalu muda biasanya memiliki ukuran lebih kecil, tekstur sangat keras, kadar gula rendah, sehingga mutu konsumennya rendah. Sebaliknya, panen yang terlalu tua dapat menyebabkan dinding sel mulai melunak, respirasi meningkat, dan risiko kerusakan seperti keriput atau bercak coklat semakin besar. Pada jambu Kristal yang dikenal bertekstur renyah, penetapan umur panen yang tepat sangat

diperlukan agar diperoleh keseimbangan antara kekerasan, rasa manis, kandungan vitamin, dan penampilan buah.

Umur panen yang sesuai memastikan buah mencapai tingkat kematangan optimal, sehingga mutu fisik dan kimia tetap baik selama distribusi dan penyimpanan. Penelitian Mufza *et al.* (2025) menunjukkan bahwa umur panen 90 hari setelah antesis (HSA) atau 9 minggu setelah *bagging* dapat mempertahankan nilai kekerasan buah jambu biji Kristal hingga hari ke-8 penyimpanan. Temuan lainnya dilaporkan pada komoditas lain. Pada buah pepaya Callina, perlakuan umur panen 130 HSA menghasilkan total padatan terlarut dan kandungan vitamin C tertinggi dibandingkan umur panen 115, 120, dan 125 HSA (Taris *et al.*, 2015). Sementara itu, pada buah manggis, umur panen 130 HSBM (hari setelah bunga mekar) memberikan nilai total padatan terlarut paling tinggi dibandingkan umur panen 120 dan 126 HSBM (Sutan, 2015).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2024 – Januari 2025 di PT. Great Giant Pineapple Plant Group 1 Terbanggi Besar, Lampung Tengah.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah timbangan digital, gelas ukur, botol timbang, jangka sorong, *refraktometer*, *handsprayer*, *penetrometer*, toples, CO₂ *longger*, labu *erlenmeyer*, *glassware*, *autoclave*, pipet, gunting, keranjang, alat tulis, sedangkan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah buah jambu biji Kristal yang ditanam di PT. Great Giant Pineapple, kalsium klorida (CaCl₂), *aquades*, *netfom*, plastik, tisu, dan label.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) Faktorial 3 x 3, dengan faktor pertama adalah konsentrasi CaCl₂ [Kontrol (A₀), 2% (A₁), dan 5% (A₂)], sedangkan faktor kedua adalah umur panen [7 minggu setelah *bagging* (MSB) (B₁), 8 minggu setelah *bagging* (MSB) (B₂), dan 9 minggu setelah *bagging* (MSB) (B₃)], sehingga menghasilkan 9 kombinasi perlakuan. Setiap perlakuan diulang sebanyak 5 kali sehingga terdapat 45 satuan percobaan. Setiap satuan percobaan terdapat 10 buah, sehingga diperlukan 450 buah yang diamati. Percobaan dikelompokkan berdasarkan ulangan. Data dianalisis dengan menggunakan sidik ragam (*Analysis of Variance*) menggunakan aplikasi R studio versi 4.3.1, apabila terdapat pengaruh nyata maka data akan diuji lanjut menggunakan Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%. Adapun tata letak perlakuan pada Tabel 1 dan kombinasi perlakuan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. A₀B₁ = Kontrol + umur panen 7 MSB
2. A₀B₂ = Kontrol + umur panen 8 MSB
3. A₀B₃ = Kontrol + umur panen 9 MSB
4. A₁B₁ = CaCl₂ 2% + umur panen 7 MSB
5. A₁B₂ = CaCl₂ 2% + umur panen 8 MSB

6. $A_1B_3 = \text{CaCl}_2$ 2% + umur panen 9 MSB
7. $A_2B_1 = \text{CaCl}_2$ 5% + umur panen 7 MSB
8. $A_2B_2 = \text{CaCl}_2$ 5% + umur panen 8 MSB
9. $A_2B_3 = \text{CaCl}_2$ 5% + umur panen 9 MSB

Berikut merupakan tata letak percobaan pada penelitian ini.

Tabel 1. Tata letak penelitian

Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Ulangan 4	Ulangan 5
A_0B_1	A_0B_3	A_2B_2	A_1B_1	A_0B_1
A_0B_3	A_0B_2	A_0B_1	A_0B_2	A_1B_2
A_1B_1	A_2B_1	A_0B_2	A_1B_3	A_2B_1
A_1B_3	A_0B_1	A_1B_2	A_2B_1	A_1B_1
A_0B_2	A_2B_2	A_1B_1	A_1B_2	A_2B_2
A_2B_3	A_1B_2	A_1B_3	A_0B_1	A_0B_2
A_1B_2	A_2B_3	A_2B_3	A_2B_3	A_0B_3
A_2B_1	A_1B_1	A_0B_3	A_0B_3	A_2B_3
A_2B_2	A_1B_3	A_2B_1	A_2B_2	A_1B_3

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Pembuatan larutan CaCl_2

Langkah pertama dalam pembuatan larutan CaCl_2 adalah menimbang kristal kalsium klorida (CaCl_2) dengan menggunakan timbangan analitik sesuai dengan konsentrasi yang diinginkan, yaitu sebanyak 20 gram untuk larutan CaCl_2 2% dan 50 gram untuk larutan CaCl_2 5%. Kristal CaCl_2 tersebut kemudian dimasukkan ke dalam gelas beaker berkapasitas 1000 mL. Selanjutnya, ditambahkan aquades sedikit demi sedikit dan diaduk hingga seluruh kristal CaCl_2 larut sempurna dan membentuk larutan homogen.

Setelah larutan benar-benar homogen, volume larutan kemudian ditera hingga 1000 mL. Larutan yang telah siap selanjutnya dipindahkan ke dalam handsprayer yang bersih dan diberi label sesuai dengan konsentrasi (2% dan 5%). Larutan CaCl_2 ini kemudian siap digunakan untuk perlakuan penyemprotan pada tanaman sesuai dengan rancangan percobaan.

3.4.2 Pengaplikasian

Tahap awal dilakukan dengan mempersiapkan tanaman jambu biji Kristal yang sehat dan bebas dari gejala serangan hama maupun penyakit, serta memiliki buah dengan diameter antara 2,5 – 3 cm dan kulit buah tampak bersih serta mulus. Sebelum penyemprotan dilakukan, mahkota (kelopak) pada ujung buah jambu biji Kristal dihilangkan secara hati-hati menggunakan tangan untuk menghindari luka mekanis pada kulit buah. Setelah itu, larutan CaCl_2 yang telah disiapkan sesuai dengan konsentrasi perlakuan (tanpa Ca, 2%, dan 5%) disemprotkan secara merata ke seluruh permukaan buah menggunakan handsprayer bertekanan halus. Penyemprotan dilakukan sebanyak 5 kali semprot atau sebanyak 5 mL/buah, sehingga seluruh permukaan buah tampak basah merata namun tidak menetes.

Setelah penyemprotan selesai, buah segera dibungkus (*dibagging*) menggunakan *netfoam* sebagai lapisan pelindung pertama, kemudian dilapisi lagi dengan plastik transparan untuk mencegah paparan langsung dari hujan dan serangga. Bagian ujung plastik kemudian diikat rapat menggunakan tali rafia agar tidak mudah lepas dan tidak ada celah untuk serangga masuk. Kemudian buah diberi label sesuai dengan kode perlakuan.

Pengaplikasian larutan CaCl_2 dilakukan sebanyak dua kali, yaitu pada minggu ke-0 (saat awal pembungkusan) dan minggu ke-4 setelah pembungkusan (*bagging*). Pada aplikasi kedua penyemprotan dilakukan pada tangkai dan 6 daun sekitar buah. Setiap pengaplikasian kondisi cuaca cerah matahari dan dilakukan pada pagi hari, guna menghindari penguapan yang berlebihan dan memastikan penyerapan kalsium yang lebih efektif.

3.4.3 Panen

Tahap panen dilakukan setelah buah jambu biji Kristal mencapai umur sesuai dengan perlakuan yang telah ditetapkan, yaitu 7, 8, dan 9 minggu setelah pembungkusan (*bagging*). Sebelum kegiatan panen dimulai, terlebih dahulu mempersiapkan peralatan panen yang meliputi gunting pemotong ranting buah (*pruning shears*) yang tajam dan bersih, keranjang panen yang dilapisi busa atau kain lembut, serta sarung tangan untuk menjaga kebersihan dan keamanan selama proses panen.

Buah yang akan dipanen dipilih berdasarkan umur perlakuan. Pemotongan dilakukan dengan menggunting tangkai buah pada jarak sekitar ± 1 cm dari pangkal buah menggunakan gunting steril untuk menghindari luka pada bagian tangkai buah. Setiap buah yang telah dipotong tidak langsung dilepaskan dari plastik pembungkusnya, tetapi dibiarkan tetap terbungkus *netfoam* dan plastik untuk menjaga kebersihan serta mencegah kontaminasi debu atau mikroorganisme selama penanganan.

Buah yang telah dipanen kemudian diletakkan secara hati-hati ke dalam keranjang panen dengan posisi tidak saling menekan agar tidak terjadi luka atau memar pada permukaan buah. Keranjang berisi buah hasil panen selanjutnya dibawa ke ruang pascapanen untuk dilakukan penanganan pascapanen.

3.4.4 Pascapanen

Setelah buah jambu biji Kristal dipanen dan dilakukan pengamatan bobot dan diameter buah, buah dibersihkan untuk menghilangkan kotoran, debu, dan mikroorganisme yang menempel pada permukaan kulit. Proses pencucian dilakukan dua tahap. Tahap pertama, buah dicuci dengan larutan klorin 0,50 mL per 10 liter air untuk mengurangi kontaminasi mikroba patogen pada permukaan buah. Larutan klorin disiapkan dengan melarutkan 0,50 mL natrium hipoklorit (NaOCl) ke dalam 10 liter air bersih, kemudian buah direndam selama 2–3 menit sambil digoyang perlahan agar seluruh permukaan buah terpapar larutan secara merata. Setelah itu, buah dibilas menggunakan air bersih untuk menghilangkan sisa residu klorin.

Tahap kedua, buah dicuci kembali menggunakan larutan kalsium propionat sebanyak 50 gram per 10 liter air. Buah direndam dalam larutan tersebut selama 3–5 menit, lalu diangkat dan dikeringkan dengan cara diangin-anginkan pada suhu ruang hingga seluruh permukaan buah benar-benar kering. Setelah proses pencucian dan pengeringan selesai, setiap buah dikemas secara individual menggunakan satu lapisan plastik *wrapping (cling film)* untuk menjaga kelembapan dan mencegah kehilangan air. Selanjutnya, buah dilapisi kembali dengan *netfoam* sebagai pelindung tambahan terhadap benturan mekanis. Buah yang telah terbungkus kemudian disusun secara hati-hati ke dalam box karton berlubang agar sirkulasi udara tetap terjaga selama penyimpanan.

Buah yang telah dikemas disimpan di ruang pendingin dengan suhu $10\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ selama 15 hari. Pengamatan terhadap mutu buah dilakukan setiap 3 hari sekali (hari ke-0, 3, 6, 9, 12, dan 15). Parameter yang diamati meliputi total padatan terlarut ($^{\circ}\text{Brix}$), kandungan vitamin C, kekerasan, susut bobot, serta kandungan kalsium (Ca) pada daging dan kulit buah.

3.5 Pengamatan

Adapun parameter yang akan diamati dalam penelitian ini antara lain:

3.5.1 Bobot buah

Pengukuran bobot buah dilakukan untuk mengetahui pengaruh perlakuan kalsium klorida (CaCl_2) dan umur panen terhadap bobot buah jambu biji Kristal selama penyimpanan. Penimbangan dilakukan menggunakan timbangan digital dengan ketelitian 0,01 gram, yang telah dikalibrasi sebelum digunakan untuk memastikan akurasi hasil pengukuran. Buah yang diamati merupakan buah sampel dari setiap perlakuan konsentrasi CaCl_2 dan umur panen. Setiap buah ditimbang secara individual (per satuan buah), kemudian hasilnya dicatat sebagai bobot buah segar (gram). Pengamatan bobot buah dilakukan setelah panen (hari ke-0).

3.5.2 Diameter buah

Pengukuran diameter buah dilakukan menggunakan jangka sorong digital (*digital vernier caliper*) dengan ketelitian 0,01 mm, yang sebelumnya telah dikalibrasi untuk memastikan ketepatan hasil pengukuran.

Setiap buah sampel diukur pada dua arah, yaitu:

1. Diameter longitudinal, yaitu jarak antara ujung pangkal dan ujung kelopak buah (arah vertikal).
2. Diameter transversal, yaitu jarak maksimum melintang buah pada posisi tegak lurus terhadap diameter longitudinal (arah horizontal).

Setiap hasil pengukuran diameter longitudinal dan transversal dicatat dalam satuan sentimeter (cm), kemudian digunakan untuk menghitung rata-rata diameter buah.

3.5.3 Susut bobot

Pengukuran susut bobot dilakukan untuk mengetahui pengaruh perlakuan kalsium klorida (CaCl_2) dan umur panen terhadap laju kehilangan bobot buah jambu biji Kristal selama penyimpanan. Penimbangan dilakukan menggunakan timbangan digital dengan ketelitian 0,01 gram yang telah dikalibrasi sebelum digunakan. Setiap buah sampel ditimbang secara individual (per satuan buah) pada awal penyimpanan (hari ke-0) dan kemudian setiap tiga hari sekali hingga hari ke-15 penyimpanan dingin (hari ke-3, 6, 9, 12, dan 15). Sebelum ditimbang, buah dikeringkan menggunakan tisu atau kain lembut untuk menghilangkan sisa air di permukaan buah agar tidak memengaruhi hasil pengukuran.

Nilai susut bobot dinyatakan dalam persentase (%), yang dihitung berdasarkan perbandingan antara bobot awal dan bobot buah pada waktu pengamatan tertentu. Perhitungan dilakukan menggunakan rumus yang diadaptasi dari Ramadani *et al.* (2013) sebagai berikut.

$$\text{Susut Bobot (\%)} = \frac{W_a - W_b}{W_a} \times 100\%$$

Keterangan:

W_a = bobot awal buah sebelum penyimpanan (gram)

W_b = bobot buah setelah periode penyimpanan ke-tiga hari (gram)

3.5.4 Kekerasan buah

Pengukuran kekerasan dilakukan untuk menilai pengaruh perlakuan kalsium klorida (CaCl_2) dan umur panen terhadap tingkat kekerasan buah jambu biji Kristal selama penyimpanan. Pengukuran kekerasan dilakukan menggunakan alat uji kekerasan buah (*Fruit Hardness Tester/Penetrometer*) merek digital force gauge dengan probe bulat tumpul, yang telah dikalibrasi sebelum digunakan. Sebelum dilakukan pengukuran, kulit buah jambu biji Kristal dikupas tipis pada area yang akan diuji ($\pm 1 \text{ cm}^2$) agar probe penetrometer dapat menembus jaringan daging buah secara langsung tanpa hambatan kulit. Kemudian tuas ditekan sehingga probe pada penetrometer akan menekan buah selama 1 detik pada tiap bagian dengan kedalaman 1 cm pada masing – masing bagian. Setiap buah diuji pada dua titik pengukuran, yaitu sisi depan dan

sisi samping. Hasil pengukuran dari kedua sisi tersebut kemudian dirata-ratakan untuk mendapatkan nilai kekerasan buah (kgf). Pengamatan dilakukan pada hari ke-0 (setelah panen) dan dilanjutkan setiap 3 hari sekali hingga hari ke-15 penyimpanan (hari ke-3, 6, 9, 12, dan 15).

3.5.5 Warna buah

Penentuan warna buah jambu biji Kristal dilakukan menggunakan metode pengolahan citra digital (digital image processing) dengan model warna RGB (Red, Green, Blue). Model RGB dipilih karena terdiri atas tiga warna primer yang dapat menghasilkan berbagai variasi warna melalui kombinasi intensitas cahaya merah, hijau, dan biru dalam proporsi yang berbeda.

Proses pengambilan citra dilakukan dengan menggunakan kamera Raspberry Pi Camera Module V3 NOIR yang memiliki resolusi 12 megapiksel dan dilengkapi dengan sensor Sony IMX708 berukuran 1/2.43 inci. Pengambilan gambar dilakukan di dalam kotak studio mini berukuran $36 \times 32 \times 32$ cm yang dilapisi latar belakang putih untuk memastikan pencahayaan dan pantulan warna yang seragam.

Setiap buah jambu biji Kristal difoto dari dua sisi (depan dan belakang) untuk mendapatkan representasi warna yang menyeluruh. Hasil pengambilan gambar disimpan dalam format JPG (Joint Photographic Group) agar mudah diolah secara digital. Nilai komponen warna R (merah), G (hijau), dan B (biru) dari setiap citra dianalisis menggunakan perangkat lunak MATLAB, dengan cara mengekstraksi intensitas warna dari area permukaan buah. Selanjutnya, nilai indeks RGB dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\mathbf{Indeks\ R} = \frac{R}{R + G + B}$$

$$\mathbf{Indeks\ G} = \frac{G}{R + G + B}$$

$$\mathbf{Indeks\ B} = \frac{B}{R + G + B}$$

Keterangan:

R = Nilai intensitas warna merah

G = Nilai intensitas warna hijau

B = Nilai intensitas warna biru

Data hasil pengolahan kemudian digunakan untuk menentukan laju perubahan warna selama penyimpanan berdasarkan nilai indeks Red dan indeks Green pada masing-masing perlakuan konsentrasi CaCl₂ dan umur panen

3.5.6 Respirasi

Laju respirasi buah jambu biji Kristal diukur berdasarkan jumlah gas karbon dioksida (CO₂) yang dihasilkan per satuan berat buah segar per satuan waktu, dengan satuan mg CO₂ g⁻¹ menit⁻¹. Pengukuran dilakukan menggunakan alat CO₂ Logger (*Portable Gas Analyzer*) yang berfungsi merekam konsentrasi CO₂ secara otomatis pada interval waktu tertentu.

Sebelum dilakukan pengukuran, buah jambu biji Kristal ditimbang terlebih dahulu menggunakan timbangan digital 0,01 g untuk mengetahui berat segar awal (berat sampel). Selanjutnya, volume buah diukur menggunakan metode perpindahan air (*displacement method*) dengan gelas ukur berskala agar diketahui volume aktual buah yang akan ditempatkan di dalam wadah pengukuran.

Buah yang telah ditimbang dan diukur volumenya kemudian dimasukkan ke dalam toples kedap udara, bersama dengan sensor CO₂ Logger. Toples ditutup rapat untuk mencegah kebocoran gas dan dibiarkan selama 40 menit pada suhu dingin (10±0,1°C). Selama periode tersebut, alat CO₂ Logger merekam konsentrasi gas CO₂ setiap 2 menit sekali. Setelah proses pengukuran selesai, data konsentrasi CO₂ yang terekam secara otomatis kemudian ditransfer ke laptop melalui perangkat lunak *HT Communication Tool* untuk dianalisis. Pengukuran dilakukan pada setiap interval penyimpanan, yaitu pada hari ke 0, 3, 6, 9, 12, dan 15 setelah penyimpanan dingin (10±0,1°C). Laju respirasi buah yang terukur dihitung dengan rumus berikut.

$$\text{Laju Respirasi (mL.CO}_2\text{/kg.jam)} = \frac{[(\text{GCO}_2)_{\tau} - (\text{GCO}_2)_{\tau+1}]}{\Delta T} \times \frac{Fv}{w}$$

Keterangan :

R_r : Laju Respirasi (mL CO₂/Kg*h)

GCO₂ : Konsentrasi gas CO₂ (mL/L)

τ : waktu penyimpanan (jam)

ΔT : Perbedaan waktu antara dua pengukuran (jam)

V_v : volume bebas ruang respirasi (L)

$V_v = \text{volume chamber} - \text{volume buah}$

W : bobot buah (kg)

3.5.7 Vitamin C

Buah jambu biji Kristal terlebih dahulu dikupas dan dipotong kecil-kecil agar memudahkan proses homogenisasi. Sebanyak 100 g daging buah jambu biji Kristal kemudian diblender bersama dengan 100 mL aquades hingga halus dan homogen. Hasil blender dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL.

Larutan homogen tersebut kemudian disaring menggunakan kertas saring Whatman No.1 untuk memperoleh filtrat jernih yang akan digunakan sebagai sampel analisis. Analisis ini dapat mereduksi 2,6-dichloroophenol indophenol (2,6D) menjadi tidak berwarna. Pada titik akhir, kelebihan (2,6D) yang tidak tereduksi akan menghasilkan warna merah muda dalam larutan asam. Untuk perhitungan dilakukan standarisasi larutan (2,6D) dengan vitamin C.

$$\text{Dye Faktor (D)} = C / a - b$$

Keterangan :

C : volume larutan asam askorbat yang digunakan untuk titrasi

a : mL titrasi 2,6 D askorbat acid b : mL titrasi blanko (0)

$$\text{vitamin C ppm} = (x - b) \times D \times 1000 / V$$

keterangan :

x : mL titrasi 2,6 D sampel D : Dye faktor V : volume sampel

b : mL titrasi blanko (0)

3.5.8 Pengukuran kandungan padatan terlarut

Mengukur kandungan padatan terlarut menggunakan alat Refraktometer merek Atago Salinity bekerja menggunakan prinsip pembiasan cahaya ketika melalui suatu larutan. Ketika cahaya datang dari udara ke dalam larutan maka kecepatannya akan berkurang. Memasukkan sampel buah jambu biji Kristal yang sudah diambil sarinya kedalam alat refraktometer, kemudian mengarahkan refraktometer ke arah sinar cahaya, ketika dibiaskan dengan cahaya, akan muncul sebuah bidang berwarna biru dan putih, garis batas antara kedua bidang menunjukkan nilai padatan terlarut, Setelah hasil pengukurannya sudah dicatat, kemudian membilas kembali alat dengan

aquades, dan dibersihkan hingga kering. Pengukuran Brix dilakukan pada hari ke 0, 3, 6, 9, 12, dan 15 penyimpanan.

3.5.9 Kandungan kalsium pada buah

Pengukuran kandungan kalsium dilakukan segera setelah buah jambu biji Kristal dipanen. Sampel buah diambil secara acak dari masing-masing perlakuan konsentrasi kalsium klorida (CaCl_2). Setiap buah yang digunakan dicuci bersih menggunakan air mengalir untuk menghilangkan kotoran dan sisa pestisida yang mungkin menempel pada permukaan kulit buah. Setelah itu, buah dikupas untuk memisahkan bagian kulit dan daging buah secara hati-hati agar tidak terjadi kontaminasi silang antar bagian jaringan.

Masing-masing bagian (kulit dan daging buah) ditimbang sebanyak 20 gram untuk kulit dan 100 gram untuk daging buah. Selanjutnya, sampel diblender secara terpisah dengan penambahan akuades menggunakan perbandingan 1:2 (b/v) untuk kulit buah dan 1:1 (b/v) untuk daging buah, hingga diperoleh homogenat yang halus.

Homogenat hasil blender kemudian dimasukkan ke dalam wadah tertutup yang bersih dan diberi label sesuai kode perlakuan.

Sampel homogen tersebut selanjutnya segera dibawa ke Laboratorium PT. Great Giant Pineapple (GGP) untuk dilakukan analisis kandungan kalsium. Analisis kadar kalsium dilakukan menggunakan metode Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) dengan satuan hasil pengukuran dinyatakan dalam ppm.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Pemberian CaCl_2 pra – panen berpengaruh signifikan terhadap beberapa karakter fisik dan mutu buah jambu biji Kristal. Konsentrasi CaCl_2 2% menghasilkan bobot, diameter, total padatan terlarut ($^{\circ}\text{Brix}$), vitamin C, kandungan Ca pada kulit buah jambu biji Kristal terbaik dibandingkan kontrol. Sedangkan pemberian CaCl_2 tidak berpengaruh nyata pada parameter susut bobot, kekerasan buah, laju respirasi, warna buah, kandungan Ca pada daging .
2. Umur panen juga berpengaruh signifikan terhadap beberapa karakter fisik dan mutu buah jambu biji Kristal. Umur panen 9 minggu setelah *bagging* (MSB) menunjukkan hasil terbaik dalam hal bobot, diameter, kandungan vitamin C. Sedangkan pada umur panen 8 minggu setelah *bagging* (MSB) menunjukkan hasil terbaik pada parameter kandungan Ca pada kulit dan daging. Sedangkan pada parameter susut bobot, kekerasan buah, laju respirasi, warna buah, total padatan terlarut ($^{\circ}\text{Brix}$) perlakuan umur panen tidak memberikan pengaruh yang nyata.
3. Tidak terdapat interaksi yang signifikan antara konsentrasi CaCl_2 dan umur panen terhadap parameter yang diamati.

5.2 Saran

1. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengevaluasi efektivitas pemberian CaCl_2 dengan frekuensi penyemprotan berbeda dan peningkatan konsentrasi CaCl_2 untuk mengetahui respon lebih lanjut.
2. Penelitian lanjutan guna untuk mengetahui aplikasi dan jumlah konsentrasi CaCl_2 yang tepat supaya kandungan Ca dapat lebih menyerap ke dalam daging buah jambu biji Kristal.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Hosni, A., Joyce, D. C., Hunter, M., Perkins, M., and Al Yahyai, R. 2025. Altered calcium and potassium distribution maps in tomato tissues cultivated under salinity: studies using X-ray fluorescence (XFM) microscopy. *Irrigation Science*, 43(3), 613-636. <https://doi.org/10.1007/s00271-025-01012-1>
- Andriani, L., Yahdi, Y., dan Krismayanti, L. 2016. Pengaruh konsentrasi kalsium klorida (CaCl₂) dan lama perendaman terhadap umur simpan dan pematangan buah mangga (*Mangifera indica* L) Cv. manalagi. *Biota*, 9(2), 226-240. <https://doi.org/10.20414/jb.v9i2.50>
- Arti, I. M., dan Manurung, A. N. H. 2020. Pengaruh etilen apel dan daun mangga pada pematangan buah pisang kepok (*Musa paradisiaca* formatypica). *Jurnal Pertanian Presisi (Journal of Precision Agriculture)*, 2(2), 77-88. https://www.researchgate.net/publication/341869940_PENGARUH_ETILEN_APEL_DAN_DAUN_MANGGA_PADA_PEMATANGAN_BUAH_PISANG_KEPOK_Musa_paradisiaca_formatypica
- Avianto, Y. 2025. The impact of calcium supplementation on physiological activity and cherelle wilt reduction in cocoa (*Theobroma cacao* L.). *Jurnal Biologi Tropis*, 25(1), 179-189. <https://doi.org/10.29303/jbt.v25i1.8292>
- Baihaqi, B., dan Fridayati, D. 2024. Analisis warna, TSS dan kekerasan tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) pada tingkat kematangan berbeda. *Jurnal Minfo Polgan*, 13(2), 2424-2432. <https://doi.org/10.33395/jmp.v13i2.14512>
- Danner, M. A., Citadin, I., Sasso, S. A. Z., Zarth, N. A., and Mazaro, S. M. 2009. Sources of calcium applied in the soil and its relationship to the quality of 'Vênus' grape. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31, 881-889. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452009000300035>
- Ernest, E., Onyeka, O., Ozuah, A. C., and Onwubiko, R. O. 2017. Comparative assessment of the effect of ripening stage on the vitamin C content of selected fruit grown within Nsukka axis of Enugu Nigeria. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB)*, 2(2), 712.. <http://dx.doi.org/10.22161/ijeab/2.2.19>
- Eroğul, D., Gundogdu, M., Sen, F., and Tas, A. 2024. Impact of postharvest calcium chloride treatments on decay rate and physicochemical quality properties in strawberry fruit. *BMC Plant Biology*, 24(1), 1088. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-05792-0>

- Eugène, P., Ovaric, K. J., and Jean, A. 2019. Effects of calcium chloride treatment on the photosynthetic capacity and intensity of banana fruit during ripening. *J Adv Biology Biotech*, 21(4), 1-9.
<https://DOI:10.9734/JABB/2019/v21i430098>
- Faiqoh, E. N. 2014. Pengaruh konsentrasi dan lama perendaman dalam CaCl₂ (kalsium klorida) terhadap kualitas dan kuantitas buah naga super merah (*Hylocereus costaricensis*). *Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi*. Thesis. UIN. <http://etheses.uin-malang.ac.id/id/eprint/445>
- Guo, X., Li, Q., Luo, T., Han, D., Zhu, D., and Wu, Z. 2023. Postharvest calcium chloride treatment strengthens cell wall structure to maintain litchi fruit quality. *Foods*, 12(13), 2478. <https://doi.org/10.3390/foods12132478>
- Hasmoro, H. B., Trisnowati, S., dan Rogomulyo, R. 2014. Pengaruh kadar CaCl₂ terhadap pematangan dan umur simpan buah sawo (*Manilkara zapota* L.) van Royen). *Vegetalika*, 3(4), 52-62.
<https://journal.ugm.ac.id/jbp/article/view/5761>
- Hocking, B., Tyerman, S. D., Burton, R. A., and Gilliam, M. 2016. Fruit calcium: transport and physiology. *Frontiers in Plant Science*, 7, 569.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00569>
- Ikhsan, M. K. (2024). *Pengaruh pelapis sodium alginat dan kalsium klorida terhadap kualitas apel (Malus sylvestris Mill.) potong segar* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
<http://etheses.uin-malang.ac.id/62317/>
- Jakhar, M. S., and Pathak, S. 2016. Effect of pre-harvest nutrients application and bagging on quality and shelf life of mango (*Mangifera indica* L.) fruits cv. Amrapali. *J. Agr. Sci, Tech. Vol. 18. 717-729*.
https://www.sid.ir/en/VEWSSID/J_pdf/84820160311.pdf
- Kalase, M. B., Walanda, D. K., dan Napitupulu, M. 2019. Analysis of vitamin C and calcium in jongi fruits (*Dillenia serrata* Thunb) based on their maturity level. *Jurnal Akademika Kimia*, 8(3), 147-152.
<https://jurnal.fkipuntad.com/index.php/jak/article/view/44>
- Karemera, N. U., and Habimana, S. 2014. Effect of pre-harvest calcium chloride on post-harvest behavior of mango fruits (*Mangifera indica* L.) cv. Alphonso. *Universal Journal of Agricultural Research*, 2(3), 119-125.
<http://www.hrpub.org.10.13189/ujar.2014.020307>
- Kumar, R., Lal, S., and Misra, K. K. 2012. Effect of post harvest calcium treatments on shelf life of Guava cv Sardar. *Hort Flora Spectr*, 4, 344-347.
https://www.academia.edu/download/30227029/4.11_Post_harvest_treatment_of_guava_Rajesh_Kamboj.pdf
- Lestari, W., dan Kurnia, T. D. 2019. Pengaruh konsentrasi kalsium klorida (CaCl₂) dan suhu simpan terhadap kualitas buah stroberi (*Fragaria x ananassa*). *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 23(2), 117-124.
<https://fileservr.core.ac.uk/pdf/pdf/297834197.pdf>

- Madani, B., Mohamed, M. T. M., Watkins, C. B., Kadir, J., Awang, Y., and Shojaei, T. R. 2014. Preharvest calcium chloride sprays affect ripening of Eksotika II papaya fruits during cold storage. *Scientia Horticulturae*, 171, 6-13. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.03.032>
- Madani, B., Mirshekari, A., and Yahia, E. 2016. Effect of calcium chloride treatments on calcium content, anthracnose severity and antioxidant activity in papaya fruit during ambient storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(9), 2963-2968. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7462>
- Manganaris, G. A., Vasilakakis, M., Mignani, I., Diamantidis, G., and Tzavella-Klonari, K. 2005. The effect of preharvest calcium sprays on quality attributes, physicochemical aspects of cell wall components and susceptibility to brown rot of peach fruits (*Prunus persica* L. cv. Andross). *Scientia Horticulturae*, 107(1), 43-50. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2005.06.005>
- Mauli, F. D., Cahyana, A. S., Sukmono, T., dan Jakaria, R. B. 2024. Revolutionizing Crystal Guava Production through Six Sigma and Kaizen Insights: Merevolusi Produksi Jambu Kristal melalui Wawasan Six Sigma dan Kaizen. *Indonesian Journal of Innovation Studies*, 25(3), 10-21070. <https://doi.org/10.21070/ijins.v25i3.1169>
- Mazumder, M. N. N., Misran, A., Ding, P., Wahab, P. E. M., and Mohamad, A. 2021. Preharvest foliar spray of calcium chloride on growth, yield, quality, and shelf life extension of different lowland tomato varieties in Malaysia. *Horticulturae*, 7(11), 466. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7110466>
- Mudawamah, N. 2014. *Pengaruh konsentrasi dan lama perendaman dalam kalsium klorida (CaCl₂) terhadap kualitas dan kuantitas pascapanen buah jambu biji merah (Psidium guajava Linn)* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim). <http://etheses.uin-malang.ac.id/482/>
- Mufza, H. F., Pribadi, E. M., Miska, M. E. E., dan Arti, I. M. 2025. Pengaruh umur panen terhadap susut bobot dan organoleptik buah jambu biji (*Psidium guajava* L) Kristal selama penyimpanan. *Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 19(1), 39-48. <https://journal.trunojoyo.ac.id/agrointek/article/view/18080/0>
- Musyarofah, N. 2022. *Karakterisasi dan perbaikan penampilan buah jambu biji (Psidium guajava L.) varietas 'Kristal'*. Doctoral dissertation, IPB University. <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/110767>
- Novita, D. D. 2016. Pengaruh konsentrasi karagenan dan gliserol terhadap perubahan fisik dan kandungan kimia buah jambu biji varietas "Kristal"

- selama penyimpanan. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 5(1).
<https://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/JTP/article/view/1178/0>
- Pratiwi, A.Y. 2015. *Pengaruh pemberian ekstrak etanol jintan hitam (Nigella sativa) terhadap integritas membran spermatozoa dan kadar malondialdehyde (MDA) epididimis mencit yang dipapar timbal (Pb) esetat peroral*. Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. <http://etheses.uin-malang.ac.id/442/>
- Ramadani, M., Linda, Riza, dan, dan Mukarlina. 2013. Penggunaan larutan kalsium klorida (CaCl₂) dalam menunda pematangan buah pepaya (*Carica papaya* L.). *Jurnal Protobiont*, 2(3), 161–166.
<https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jprb/article/view/3887>
- Ribeiro, L. R., Leonel, S., Souza, J. M. A., Garcia, E. L., Leonel, M., Monteiro, L. N. H., and Ferreira, R. B. 2020. Improving the nutritional value and extending shelf life of red guava by adding calcium chloride. *Lwt*, 130, 109655. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109655>
- Rosen, C. J., Bierman, P. M., Telias, A., dan Hoover, E. E. 2006. Foliar-and fruit-applied strontium as a tracer for calcium transport in apple trees. *HortScience*, 41(1), 220-224.
<https://www.academia.edu/download/105977969/article-p220.pdf>
- Santos, A. S. D., Pereira, G. A., Fonseca, W. L., Zuffo, A. M., Cunha, J. G., Soares, N. P., and Alejo, R. C. 2023. Photosynthetic assimilation of the guava (*Psidium guajava*) cv. Paluma under different pruning and fruit thinning intensities. *Agronomy*, 13(6), 1610.
<https://doi.org/10.3390/agronomy13061610>
- Sari, F. E., Trisnowati, S., dan Mitrowihardjo, S. 2004. Pengaruh kadar CaCl₂ dan lama perendaman terhadap umur simpan dan pematangan buah mangga arumanis (The effect of CaCl₂ and dipping time on shelve life and ripening of arumanis mango). *Ilmu Pertanian*, 11(1), 42-50.
<https://core.ac.uk/download/pdf/298722247.pdf>
- Sari, L. D. A., Kurniawati, E., Ningrum, R. S., dan Ramadani, A. H. 2021. Kadar vitamin C buah tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill) tiap fase kematangan berdasar hari setelah tanam. *Jurnal Farmasi Dan Ilmu Kefarmasian Indonesia*, 8(1), 74-82.
<https://www.academia.edu/download/76750162/13983.pdf>
- Sasmi, W., Sayuti, M., Yulianti, H., dan Sulastri, F. 2022. Manfaat jambu biji Kristal sebagai daya tahan tubuh di masa pandemi Covid-19. *Prosiding Konferensi Nasional Penelitian dan Pengabdian Universitas Buana Perjuangan Karawang*, 2(1), 902-909.
<https://journal.ubpkarawang.ac.id/index.php/ProsidingKNPP/article/download/2535/1648>

- Saure, M. C. 2005. Calcium translocation to fleshy fruit: its mechanism and endogenous control. *Scientia Horticulturae*, 105(1), 65-89. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2004.10.003>
- Shabir, R., Riaz, A., Shah, S. M., and Sohail, A. 2021. Aloe vera gel coating along with calcium chloride treatment enhance guava (*Psidium guajava* L.) fruit quality during storage. *Pure and Applied Biology (PAB)*, 10(3), 549-565. <https://pdfs.semanticscholar.org/c74f/a865dcff93b9cfc8bc600584b11be355f1ec.pdf>
- Shi, H., Zhou, X., Qin, M., Wang, W., He, X., and Zhou, W. 2022. Effect of CaCl₂ sprays in different fruit development stages on grape berry cracking. *Frontiers in plant science*, 13, 870959. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.870959>
- Slavin, J. L., and Lloyd, B. 2012. Health benefits of fruits and vegetables. *Advances in nutrition*, 3(4), 506-516. doi: <https://doi.org/10.3945/an.112.002154>
- Susanto, S., Inkorisa, D., dan Hermansyah, D. 2018. Pelilinan efektif memperpanjang masa simpan buah jambu biji (*Psidium guajava* L.) 'Kristal'. *Jurnal Hortikultura Indonesia (JHI)*, 9(1), 19-26. <https://doi.org/10.29244/jhi.9.1.19-26>
- Sutan, S. M. 2015. Karakteristik Sifat Fisik-Kimia Buah Manggis Pada Beberapa Umur Panen. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 19(2), 37-44. <http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=961714&val=14780&title=KARAKTERISTIK%20SIFAT%20FISIK-KIMIA%20BUAH%20MANGGIS%20PADA%20%20BEBERAPA%20UMUR%20PANEN>
- Taris, M. L., Widodo, W. D., dan Suketi, K. 2015. Kriteria kemasakan buah pepaya (*Carica papaya* L.) IPB Callina dari beberapa umur panen. *Jurnal Hortikultura Indonesia (JHI)*, 6(3), 172-176. <https://doi.org/10.29244/jhi.6.3.172-176>
- Vani, N. U., Bhagwan, A., Kumar, A. K., and Sreedhar, M. 2020. Effect of pre-harvest spray of different forms of calcium on post-harvest quality of guava cv. Allahabad Safeda. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(7), 197-209. <https://doi.org/10.20546/ijemas.2020.907.023>
- Widodo, S. E., Zulferiyenni, dan Maretha I. 2012. Pengaruh penambahan indole acetic acid (IAA) pada pelapis kitosan terhadap mutu dan masa simpan buah jambu biji (*Psidium guajava* L.) 'Crystal'. *Jurnal Agrotropika*. 17(1):14-18. <http://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/JAT/article/view/4275>
- Widodo, S. E., Kamal, M., dan Aprianti, D. 2016. Pengaruh 1-Methylcyclopropene (1-MCP), kitosan, dan suhu simpan terhadap masa simpan dan mutu jambu biji (*Psidium guajava* L.) 'CRYSTAL.' 4(1), 29-35. <https://doi.org/10.23960/jat.v4i1.1896>

Wulandari, L. A., Siswoyo, T. A., dan Hariyono, K. 2019. Pengaruh konsentrasi dan waktu aplikasi CaCl₂ terhadap fisikokimia buah tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.). *jurnal bioindustri (journal of bioindustry)*, 2(1), 261-273.
<https://www.academia.edu/download/71683928/pdf.pdf>