

**PERUBAHAN KUALITAS BUAH ANGGUR SHINE MUSCAT DALAM
ACTIVE PACKAGING BERBAHAN AKTIF KMnO_4 , ASAM L-ASKORBAT,
DAN *SILICA GEL* DI SUHU DINGIN**

(Skripsi)

Oleh

Pernanda Purba
2214161058



**UNIVERSITAS LAMPUNG
2026**

**PERUBAHAN KUALITAS BUAH ANGGUR SHINE MUSCAT DALAM
ACTIVE PACKAGING BERBAHAN AKTIF KMnO_4 , ASAM L-ASKORBAT,
DAN *SILICA GEL* DI SUHU DINGIN**

Oleh

Pernanda Purba

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN**

Pada

**Jurusan Agronomi dan Hortikultura
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

PERUBAHAN KUALITAS BUAH ANGGUR SHINE MUSCAT DALAM *ACTIVE PACKAGING* BERBAHAN AKTIF KMnO_4 , ASAM L-ASKORBAT, DAN *SILICA GEL* DI SUHU DINGIN

OLEH

PERNANDA PURBA

Produk hortikultura, di antaranya buah anggur, memiliki kendala utama, yaitu umur simpan yang relatif singkat serta mudah rusak. Salah satu metode untuk mengatasi permasalahan kerusakan buah pascapanen adalah dengan menerapkan kemasan aktif (*active packaging*). *Active packaging* berfungsi mengendalikan kondisi di dalam kemasan melalui penambahan bahan aktif tertentu seperti KMnO_4 sebagai penyerap etilen, L-askorbat (vitamin C) sebagai penjerap oksigen, dan *silica gel* sebagai penjerap kelembapan. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari perubahan kualitas buah anggur hijau Shine Muscat dalam kemasan *active packaging* berbahan aktif *silica gel*, KMnO_4 , dan asam L-askorbat. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus-Oktober 2025 di Laboratorium Hortikultura dan Pascapanen, Jurusan Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial ($2 \times 2 \times 3$), dengan faktor I: KMnO_4 (0 dan 60 mg/mL), II: vitamin C (0 dan $0,4 \text{ mg/mL}$), III: *silica gel* (0, 5, dan 10 g), diulang sebanyak 5 kali, sampel buah 250 g/unit . Hasil penelitian menunjukkan bahan-bahan aktif KMnO_4 , asam L-askorbat, dan *silica gel* yang disisipkan ke dalam kemasan aktif baik secara tunggal maupun kombinasinya mampu meningkatkan masa simpan dan mempertahankan kualitas fisik dan kimia buah anggur hijau Shine Muscat. Kombinasi perlakuan $60 \text{ mg/mL KMnO}_4 + 0 \text{ mg/mL Vitamin C} + 5 \text{ g/sachet silica gel}$ dan $60 \text{ mg/mL KMnO}_4 + 0,4 \text{ mg/mL Vitamin C} + 10 \text{ g/sachet silica gel}$ merupakan sistem kemasan aktif terbaik yang mampu memperpanjang masa simpan anggur hijau Shine Muscat hingga 56-58 hari (meningkat 49-51 hari dibandingkan dengan kontrol).

Kata Kunci: *Active packaging*, Anggur, KMnO_4 , Vitamin C, *Silica gel*.

ABSTRACT

CHANGES IN THE QUALITY OF SHINE MUSCAT GRAPES IN ACTIVE PACKAGING CONTAINING KMnO₄, L-ASCORBIC ACID, AND SILICA GEL IN COLD TEMPERATURES

BY

PERNANDA PURBA

Horticultural products, including grapes, face major challenges, namely a relatively short shelf life and are easily damaged. One method to overcome the problem of post-harvest fruit damage is by implementing active packaging. Active packaging functions to control conditions inside the packaging by adding certain active ingredients such as KMnO₄ as an ethylene absorber, L-ascorbate (vitamin C) as an oxygen absorber, and silica gel as a moisture absorber. This study aims to study the changes in the quality of green Shine Muscat grapes in active packaging containing silica gel, KMnO₄, and L-ascorbic acid. This study was conducted from August to October 2025 at the Horticulture and Postharvest Laboratory, Department of Agronomy and Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Lampung. The study used a factorial Completely Randomized Design (CRD) (2 x 2 x 3), with factors I: KMnO₄ (0 and 60 mg/mL), II: vitamin C (0 and 0.4 mg/mL), III: silica gel (0, 5, and 10 g), repeated 5 times, fruit sample 250 g/unit. The results showed that the active ingredients of KMnO₄, L-ascorbic acid, and silica gel inserted into active packaging either singly or in combination were able to increase shelf life and maintain the physical and chemical quality of Shine Muscat green grapes. The combination of 60 mg/mL KMnO₄ + 0 mg/mL Vitamin C + 5 g/sachet silica gel and 60 mg/mL KMnO₄ + 0.4 mg/mL Vitamin C + 10 g/sachet silica gel treatments was the best active packaging system that was able to extend the shelf life of Shine Muscat green grapes to 56-58 days (an increase of 49-51 days compared to the control).

Keywords: *Active packaging, Grapes, KMnO₄, Vitamin C, Silica gel*

Judul Skripsi : **PERUBAHAN KUALITAS BUAH ANGGUR
SHINE MUSCAT DALAM *ACTIVE
PACKAGING* BERBAHAN AKTIF KMnO_4 ,
ASAM L-ASKORBAT DAN *SILICA GEL*, DI
SUHU DINGIN**

Nama Mahasiswa : Pernanda Purba

Nomor Pokok Mahasiswa : 2214161058

Program Studi : Agronomi

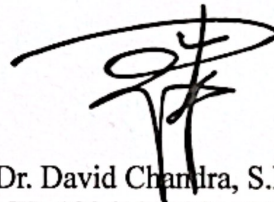
Fakultas : Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



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



Dr. David Chandra, S.P., M.Si.
NIP. 198610212010011005

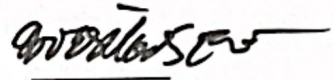
2. Ketua Jurusan Agronomi dan Hortikultura



Prof. Ir. Maria Viva Rini, M.Agr.Sc., Ph.D.
NIP. 196603041990122001

LEMBAR PENGESAHAN

1. Tim Penguji

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

Sekretaris : Dr. David Chandra, S.P., M.Si. 

Penguji : Prof. Dr. Ir. Kukuh Setiawan, M.Sc. 

Bukan Pembimbing :

2. Dekan Fakultas Pertanian


Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP. 1964111181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 30 Juni 2026

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “ **Perubahan Kualitas Buah Anggur Shine Muscat Dalam *Active Packaging* Berbahan Aktif KMnO_4 , Asam L-askorbat, dan *Silica Gel* di Suhu Dingin** ” merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Tulisan ilmiah ini merupakan gabungan dari hasil pengetahuan yang telah saya dapatkan selama masa studi dan rujukan-rujukan dari karya ilmiah lain dengan topik yang sama yang telah dipublikasikan sebelumnya. Apabila dikemudian hari ditemukan bukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 21 April 2026

Penulis



Pernanda Purba

NPM 2214161058

RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir di desa Air Genting, kecamatan Air Batu, kabupaten Asahan, provinsi Sumatera Utara pada tanggal 6 Oktober 2003, yang merupakan anak pertama dari tiga bersaudara yang lahir dari hasil cinta dan kasih sayang pasangan bapak Trisen Arnold Purba dan ibu Desy Veranica Br. Silaban. Penulis menamatkan pendidikan Sekolah Dasar Negeri 018447 Air Genting, Sekolah Menengah Pertama Tritunggal Tanjung Balai, Asahan, Sumatera Utara dan Sekolah Menengah Atas Panti Budaya, Kisaran.

Penulis terdaftar sebagai salah satu mahasiswa Jurusan Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian Universitas Lampung pada tahun 2022 dengan jalur SBMPTN (Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri). Selama terdaftar sebagai mahasiswa Penulis telah menjalani program Praktik Pengenalan Pertanian (P3) di Kabupaten Tanggamus. Penulis telah melakukan program wajib Kuliah Kerja Nyata (KKN) di desa Tulung Kakan, kecamatan Bumi Ratu Nuban, Lampung Tengah selama 40 hari. Penulis juga telah melakukan program Praktik Umum (PU) di CV Pendawa Kencana Multifarm Cangkring, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta pada bulan Juli – Agustus 2025. Selain itu, Penulis juga menjadi mentor bidang Akademik dan Profesi (AKPROF) periode 2024-2025, menjadi anggota bidang Publikasi dan Advokasi Dewan Perwakilan Mahasiswa Fakultas Pertanian, dan anggota bidang Akprof di Himpunan Mahasiswa Agronomi dan Hortikultura (HIMAGRHO), Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto

“Semua jatuh bangunmu hal yang biasa, angan dan pertanyaan waktu yang menjawabnya, berikan tenggat waktu bersedihlah secukupnya, rayakan perasaanmu sebagai manusia”

Baskara Putra – Hindia

Persembahan

Tiada lembar yang paling inti dalam laporan skripsi ini kecuali lembar persembahan. Laporan skripsi ini saya persembahkan sebagai tanda bukti kepada kedua orang tua, sahabat, serta teman – teman yang selalu memberi dukungan untuk menyelesaikan skripsi ini. Terlambat lulus atau lulus tidak tepat waktu bukanlah sebuah kejahatan, bukan pula sebuah aib. Alangkah kerdilnya jika mengukur kecerdasan seseorang hanya dari siapa yang paling cepat lulus. Bukankah sebaik – baiknya skripsi adalah skripsi yang selesai? Karena mungkin ada suatu hal di balik itu semua, dan percayalah alasan saya di sini merupakan alasan yang sepenuhnya baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur Penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya Penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “**Perubahan Kualitas Buah Anggur Shine Muscat Dalam *Active Packaging* Berbahan Aktif KMnO_4 , Asam L-askorbat, dan *Silica Gel* di Suhu Dingin**” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pertanian di Universitas Lampung. Dengan selesainya skripsi ini, Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung atas bantuan dana penelitian melalui DIPA FP UNILA;
2. Ibu Prof. Ir. Maria Viva Rini, M.Agr.Sc., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Agronomi dan Hortikultura atas segala dukungan, arahan, serta kebijakan yang telah diberikan selama proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi;
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Soesiladi Esti Widodo, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan ide dalam penelitian ini, bimbingan, saran, waktu, nasihat, ilmu, perhatian serta motivasi yang telah diberikan selama penyusunan skripsi ini;
4. Bapak Dr. David Chandra, S.P., M.Si. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, waktu, ilmu, arahan, nasihat saran, serta motivasi yang telah diberikan kepada Penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini;
5. Bapak Ir. Dad Resiworo J. Sembodo, M.S. selaku Dosen pembimbing Akademik yang telah memberikan saran, arahan, dan nasihat selama masa studi serta dalam penyusunan skripsi ini;
6. Seluruh dosen Jurusan Agronomi dan Hortikultura atas ilmu yang telah diberikan selama masa studi di Universitas Lampung;

7. Teruntuk Ayahanda dan Ibunda, dua permata hati yang dititipkan Tuhan untuk membantu mengarungi deras arus kehidupan. Terasa sulit hidup ini tanpa kehadiranmu. Selalu ku rayu Tuhan agar diberikannya kalian berdua umur yang panjang. Selama 22 tahun aku dididik dan dibina, selalu kuberharap agar ketulusan itu dihadiahi sepotong surga oleh Tuhan Yang Maha Esa. Hari ini, kuhadiahkan gelar S.P. ini sebagai bentuk bakti syukurku. Bujuklah Tuhan agar Ia memberikan ketegaran di dalam relung jiwaku, agar tiap tetes darah kalian yang mengalir berdenyut di nadi ini dapat menghadiahi kalian berdua kesuksesan dan kemudahan hidup, untuk menjalani sisa waktu yang ditakdirkan untuk kita, sebelum kembali menghadap-Nya dengan hati yang penuh bahagia;
8. Keluarga seperantuan INSANK, Made Andika Pratama, Nuzul Hidayatullah, David Fernando Rakasiwi, Ananta Wahyu Gusdiantoro, Ramdan Firdaus, Gusti Putu Wisnu Surya Pratama, Akbar Dewantara Feroza, Miftakhhul Rifa'i, Fathur Ramadhan, dan, Arif Darmawan, yang telah memberikan kebersamaan, bantuan, saran dan dukungan selama masa studi hingga penyusunan skripsi;
9. Keluarga Besar Agronomi dan Hortikultura Angkatan 2022, atas bantuan dan kebersamaannya;
10. Kepada seseorang yang tak kalah penting kehadirannya, Vanescya Margaret Sirait. Terima kasih menjadi bagian dari perjalanan hidup Penulis. Berkontribusi baik tenaga maupun waktu kepada Penulis, telah mendukung, menghibur, mendengarkan keluh kesah, dan memberikan semangat untuk pantang menyerah.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas kebaikan atas semua bantuan dan dukungan yang telah diberikan kepada Penulis. Amin.

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Landasan Teori	4
1.5 Kerangka Pemikiran.....	6
1.6 Hipotesis.....	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Kualitas Fisik dan Kimia Buah Anggur Hijau Shine Muscat	9
2.2 Kandungan Nutrisi Anggur Hijau Shine Muscat	10
2.3 Parameter Kualitas Fisik dan Kimia Anggur Hijau Shine Muscat.....	10
2.4 Teknologi <i>Active Packaging</i> dalam Penyimpanan Buah	11
2.5 Pengaruh Suhu Simpan terhadap Anggur Hijau Shine Muscat.....	11
2.6 Silica Gel.....	12
2.7 Kalium Permanganat (KMnO ₄)	13
III. METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1 Waktu dan Tempat.....	14
3.2 Alat dan Bahan	14
3.3 Metodologi Penelitian	15
3.5 Variabel Pengamatan	17
3.5.1 Pengamatan visual.....	17
3.5.2 Penurunan bobot buah	17
3.5.3 Kandungan asam bebas	17

3.5.4 Total padatan terlarut.....	18
3.6 Analisis Data	18
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Deskripsi Umum Hasil Pengamatan Parameter Fisik dan Kimia Buah Anggur Shine Muscat Terhadap Perlakuan Tunggal	19
4.2 Analisis Pengaruh Kombinasi Perlakuan terhadap Parameter Fisik dan Kimia Anggur Shine Muscat.....	22
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	26
5.1 Kesimpulan	26
5.2 Saran.....	26
DAFTAR PUSTAKA.....	28
LAMPIRAN.....	36
Hasil uji statistika pada variabel pengamatan	37
Dokumentasi penyimpanan buah anggur hijau Shine Muscat di suhu dingin 40	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Umur simpan, susut bobot, kandungan padatan terlarut (°Brix), kandungan asam, dan kemanisan anggur Shine Muscat yang dipengaruhi oleh masing-masing sachet yang mengandung KMnO ₄ , vitamin C, dan silika-gel dalam sistem pengemasan aktif.....	19
2. Umur simpan, susut bobot, kandungan padatan terlarut (°Brix), kandungan asam, dan kemanisan anggur Shine Muscat yang dipengaruhi oleh kombinasi KMnO ₄ , vitamin C, dan silika-gel dalam sistem pengemasan aktif.....	25
3. Analisis ragam susut bobot anggur hijau Shine Muscat	37
4. Analisis ragam lama simpan anggur hijau Shine Muscat	37
5. Analisis ragam kandungan padatan terlarut anggur hijau Shine Muscat	38
6. Analisis ragam tingkat kemanisan anggur hijau Shine Muscat.....	38
7. Analisis ragam kandungan asam bebas anggur hijau Shine Muscat	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Skema Kerangka Pemikiran.....	7
2. Wadah <i>Active Packaging</i>	14
3. Denah tata letak percobaan	16
4. Penyimpanan hari pertama sampel A0B0C0.....	40
5. Busuk pada hari ke-14 sampel A0B0C1	40
6. Penyimpanan anggur hijau Shine Muscat selama 58 hari pada sampel A1B1C.....	41
7. <i>Botrytis cinirea</i>	41
8. Penyimpanan buah anggur Shine Muscat a). Ruang pendingin A0B0C0 b). Suhu ruang A1B1C2.....	42

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Produk-produk pertanian terutama hortikultura memiliki kendala utama pada tahapan pascapanen, yaitu umur simpan yang relatif singkat serta *pershable* ‘mudah rusak’. Buah-buahan memiliki kadar air yang cukup tinggi, hal ini sering kali menjadi masalah dalam proses penyimpanan buah segar. Suhu udara, dan kelembapan yang relatif tinggi mengakibatkan buah memiliki umur simpan yang pendek dan mudah mengalami pembusukan (Nurani, 2020). Buah merupakan struktur hidup yang akan mengalami perubahan fisik dan kimia setelah dipanen karena proses pemasakan akan terus berlangsung sebab jaringan dan sel di dalam buah masih hidup dan melakukan respirasi, proses respirasi akan menyebabkan penurunan mutu dan umur simpan buah (Harahap, 2018).

Buah-buahan adalah salah satu jenis tanaman hortikultura yang memiliki sumber vitamin dan mineral dan bersifat menahun (Adeliane dan Diah, 2015). Buah-buahan termasuk makhluk hidup yang mampu bernafas walaupun setelah panen dan tetap segar jika metabolisme normal masih berlanjut. Buah memiliki kandungan kelembapan yang tinggi berkisar 75-95% (Nayik and Muzaffar, 2014). Meskipun buah dalam kondisi kelembapan yang tinggi, buah-buahan dapat kehilangan air dan layu sehingga dibutuhkan cara pengemasan yang tepat supaya sampai di tangan konsumen dalam kondisi tetap segar.

Perubahan fisik pada buah-buahan menjadi masalah yang sering dijumpai penjual ataupun konsumen. Umumnya perubahan fisik tersebut akibat dari perubahan suhu lingkungan di sekitar buah. Gas-gas berupa O₂, CO₂, dan etilen memiliki peran utama, khususnya dalam pascapanen. Ketiga gas tersebut menjadi

masalah utama sehingga perlu dikendalikan untuk memperpanjang masa simpan serta mempertahankan kualitas buah. Upaya pengendalian gas-gas yang terdapat pada buah-buahan dapat diatasi dengan menambahkan bahan tambahan ke dalam kemasan yang dikenal sebagai *active packaging* yang memiliki fungsi untuk mempertahankan masa simpan dan meningkatkan kualitas buah (Widodo, 2005). *Active packaging* menjadi rancangan kemasan yang mampu memperpanjang masa simpan buah serta di desain untuk mempertahankan mutu buah.

Salah satu metode untuk mengatasi permasalahan kerusakan buah pascapanen adalah dengan menerapkan *active packaging* yang mampu memperpanjang masa simpan serta mempertahankan kualitas buah (Ihsan dan Derosya, 2024). *Active packaging* berfungsi mengendalikan kondisi di dalam kemasan melalui penambahan bahan aktif tertentu seperti penyerap etilen atau penjerap oksigen (Dutta *et al.*, 2023).

Penambahan penjerap oksigen dalam *active packaging*, efektif mampu mencegah oksidasi dan pertumbuhan mikroorganisme aerob yang dapat menurunkan kualitas buah. Salah satu penyebab utama pembusukan buah adalah kelembapan yang berlebihan (Trinetta *et al.*, 2020). Oleh karena itu berbagai penyerap digunakan untuk menyerap kelembapan, menjaga kualitas makanan, dan memperpanjang masa simpannya dengan menghambat pertumbuhan mikroba dan degradasi tekstur dan rasa terkait kelembapan.

Active packaging merupakan sistem kemasan yang dikembangkan dengan menambahkan komponen aktif tertentu untuk berinteraksi dengan produk pangan maupun lingkungan di sekitarnya. Bahan aktif yang digunakan dapat berupa asam askorbat sebagai penyerap oksigen (*O₂ scavenger*), KMnO_4 sebagai penyerap etilen (*ethylene scavenger*), kitosan sebagai antimikroba, asam sitrat sebagai penghasil karbon dioksida (CO_2 emitter), serta senyawa fenolik sebagai antioksidan. Penambahan bahan-bahan tersebut bertujuan untuk mempertahankan mutu produk, meningkatkan keamanan pangan, dan memperpanjang umur simpan selama penyimpanan (Vilela *et al.*, 2018).

Teknologi *active packaging* memberikan kontribusi besar dalam pemanfaatan sumber daya buah yang lebih efisien dan berkelanjutan. Teknologi *active packaging* dalam pengemasan dapat menyelesaikan masalah kerusakan buah selama penyimpanan karena etilen. Pemasakan buah diikuti oleh laju respirasi yang tinggi serta peningkatan produksi etilen. Oleh karena itu, untuk menjaga umur simpan buah, produksi etilen harus dikurangi. Setelah pascapanen, buah mengalami banyak perubahan fisik dan kimia selama proses pemasakan. Penggunaan bahan kimia atau alat yang dapat mengurangi konsentrasi gas etilen di lingkungan tertentu merupakan salah satu cara menghentikan proses pemasakan dan mempertahankan kualitas buah (Silvia *et al*, 2023).

Menurut Firouz *et al* (2021), teknik *active packaging* untuk pengawetan, peningkatan kualitas dan keamanan makanan dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu sistem *scavenger* dan sistem *diffusion*. Sistem *scavenger* adalah menghilangkan komponen yang tidak diinginkan seperti oksigen, karbondioksida, etilen, kelebihan air, noda dan spesifik komponen lainnya. *Oxygen scavengers*, *ethylene scavengers* dan *moisture absorbers* merupakan bagian dari sistem *scavenger*.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, maka penelitian ini dilakukan untuk menjawab pertanyaan berikut.

1. Bagaimana pengaruh penggunaan wadah *active packaging* berbahan aktif KMnO_4 sebagai *ethylene scavenger* terhadap perubahan fisik buah anggur hijau shine muscat selama penyimpanan?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan *active packaging* berbahan aktif *silica-gel* sebagai *humidity scavenger* terhadap perubahan kualitas fisik buah anggur hijau shine muscat selama penyimpanan?
3. Bagaimana pengaruh penggunaan wadah *active packaging* berbahan aktif vitamin C (*L-ascobic acid*) sebagai *oxygen scavenger* terhadap perubahan kualitas fisik buah anggur hijau shine muscat selama penyimpanan?

4. Bagaimana pengaruh penggunaan wadah *active packaging* berbahan aktif kombinasi *ethylene*, *humidity*, dan *oxygen scavenger* terhadap perubahan kualitas fisik dan kimia buah anggur hijau shine muscat selama penyimpanan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui efektifitas *active packaging* berbahan aktif KMnO₄ terhadap kualitas fisik dan kimia buah anggur hijau Shine Muscat;
2. Mengetahui efektifitas *active packaging* berbahan aktif *silica-gel* terhadap kualitas fisik dan kimia buah anggur hijau Shine Muscat;
3. Mengetahui efektifitas *active packaging* berbahan aktif vitamin C terhadap kualitas fisik dan kimia buah anggur hijau Shine Muscat;
4. Mengetahui efektifitas *active packaging* berbahan aktif kombinasi terhadap kualitas fisik dan kimia buah anggur hijau Shine Muscat.

1.4 Landasan Teori

Produk-produk pertanian terutama hortikultura memiliki kendala utama yaitu umur simpan yang relatif singkat serta mudah rusak. Salah satu produk hortikultura adalah buah anggur (*Vitis vinifera* L.). Anggur adalah salah satu buah-buahan yang mempunyai sifat mudah rusak dan tidak tahan lama jika disimpan dalam keadaan segar. Buah anggur memiliki masa simpan yang singkat, anggur akan mengalami penyusutan setelah 3 hari penyimpanan. Penelitian Darsana *et al.* (2001) menunjukkan bahwa buah anggur kultivar Alphonso yang tidak diberi perlakuan bertahan selama 7 hari pada suhu penyimpanan. Perubahan proses pemasakan atau penuaan pada buah anggur menyebabkan meningkatnya kerentanan komoditas terhadap kerusakan mekanis maupun mikrobiologis. Selama proses tersebut, susutnya bobot buah anggur dapat terjadi baik saat prapanen maupun pascapanen sehingga mengakibatkan berkurangnya jumlah

bagian yang dapat dimakan dan mengakibatkan mutu buah tidak layak dikonsumsi (Damayanti, 2001).

Pengemasan aktif telah muncul sebagai solusi inovatif dalam memperpanjang umur simpan produk hortikultura, termasuk buah anggur. Teknologi ini melibatkan penggunaan bahan pengemas yang tidak hanya berfungsi sebagai pelindung fisik, tetapi juga berinteraksi dengan lingkungan internal kemasan untuk mengendalikan faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas produk (Mulla *et al.*, 2025). Contohnya, penambahan agen anti mikroba alami seperti minyak atsiri ke dalam bahan pengemas dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen, sehingga menjaga kesegaran dan keamanan buah selama penyimpanan (Syska, 2023).

Salah satu komponen kunci dalam pengemasan aktif adalah penggunaan *oxygen scavenger* yang berfungsi mengurangi kadar oksigen di dalam kemasan. Oksigen dalam kemasan dapat memicu oksidasi lemak dan pigmen, serta mendukung pertumbuhan mikroba aerob, yang semuanya berkontribusi pada penurunan kualitas buah anggur (Catherine, 2023). Dengan mengurangi oksigen, *oxygen scavenger* membantu mencegah kerusakan oksidatif dan memperlambat pertumbuhan mikroba, sehingga memperpanjang umur simpan produk. Bahan yang umum digunakan sebagai *oxygen scavenger* antara lain asam askorbat, besi dan enzim seperti glukosa oksidase (Gupta, 2024).

Selain pengendalian oksigen, pengaturan kelembapan dalam kemasan juga krusial untuk menjaga kualitas anggur. Kelembapan yang berlebihan dapat menyebabkan kondensasi yang menyebabkan pertumbuhan jamur dan bakteri, sementara kelembapan yang terlalu rendah dapat menyebabkan dehidrasi dan pengerutan pada buah. Oleh karena itu, penggunaan *moisture absorber (silica-gel)* dalam *active packaging* dapat membantu menjaga keseimbangan kelembapan yang optimal, mencegah kerusakan akibat kelembapan dan mempertahankan tekstur serta penampilan buah anggur (Ihsan dan Derosya, 2024).

Penggunaan *ethylene scavenger* dalam pengemasan aktif dapat menyerap atau menetralkan etilen, memperlambat proses pemasakan, dan memperpanjang umur simpan anggur. Bahan seperti kalium permanganat sering digunakan sebagai *ethylene scavenger* dalam kemasan untuk memperpanjang masa simpan buah-buahan (Shahida and Swarup, 2024).

1.5 Kerangka Pemikiran

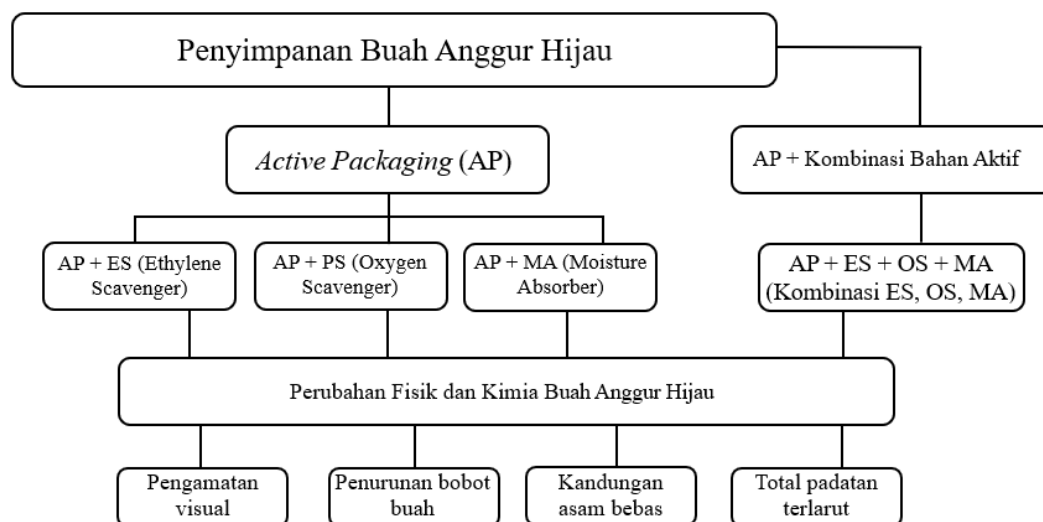
Anggur merupakan buah non klimaterik, yaitu pada proses pematangan pola respirasinya akan meningkat, kemudian turun secara perlahan-lahan. Penggunaan *ethylene scavenger* seperti kalium permanganat (KMnO_4) yang diimobilisasi pada *silica-gel* atau alumina dapat menyerap etilen yang dilepaskan selama penyimpanan, sehingga memperlambat proses pematangan dan mempertahankan tekstur buah (Khairunnisa, 2021).

Kelembapan tinggi dalam kemasan dapat menyebabkan kondensasi, mendorong pertumbuhan mikroorganisme, dan mempercepat pembusukan buah. *Silica-gel* sebagai *humidity scavenger* efektif menyerap kelembapan berlebih, menjaga kondisi kering dalam kemasan, dan mengurangi risiko kerusakan akibat kelembapan (Catherine, 2020).

Oksigen dalam kemasan dapat menyebabkan oksidasi vitamin, lemak, dan pigmen, yang mengakibatkan perubahan warna, rasa, dan nilai gizi buah. Vitamin C (asam L-askorbat) berfungsi sebagai *oxygen scavenger* alami yang mengurangi kadar oksigen dalam kemasan, sehingga memperlambat reaksi oksidatif dan mempertahankan kualitas buah (Emai dan Jati, 2024).

Penerapan dengan kombinasi *scavengers* (KMnO_4 , *silica-gel*, dan vitamin C) dalam *active packaging* dapat memberikan perlindungan menyeluruh terhadap faktor-faktor yang mempercepat kerusakan buah. Kombinasi ini diharapkan lebih efektif dalam mempertahankan kualitas fisik (tekstur, warna) dan kimia (vitamin, pH) buah anggur selama penyimpanan dibandingkan penggunaan scavenger

tunggal. Hubungan kausal antara bahan aktif dan perbaikan kualitas buah merupakan inti dari kerangka pemikiran ini. Dengan demikian, penelitian ini akan menguji apakah modifikasi lingkungan penyimpanan melalui *active packaging* berbanding lurus dengan penurunan laju degradasi kualitas buah (Lestari *et al.*, 2024) (Gambar 1).



Gambar 1. Skema Kerangka Pemikiran

1.6 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran di atas, maka dapat disusun hipotesis sebagai berikut.

1. Penggunaan *active packaging* dengan KMnO_4 sebagai *ethylene scavenger* akan memperlambat penurunan mutu dan memperpanjang masa simpan buah anggur Shine Muscat selama penyimpanan, dibandingkan dengan kontrol;
2. Penggunaan *active packaging* dengan *silica-gel* sebagai *humidity scavenger* akan memperlambat penurunan mutu dan memperpanjang masa simpan buah anggur Shine Muscat selama penyimpanan, dibandingkan dengan kontrol;
3. Penggunaan *active packaging* dengan vitamin C sebagai *oxygen scavenger* akan memperlambat penurunan mutu dan memperpanjang masa simpan buah anggur Shine Muscat selama penyimpanan, dibandingkan dengan kontrol;

4. Penggunaan kombinasi KMnO_4 , *silica-gel*, dan vitamin C dalam wadah *active packaging* akan lebih aktif dalam mempertahankan kualitas fisik dan kimia buah anggur Shine Muscat dibandingkan dengan kontrol dan penggunaan masing-masing *scavenger* secara terpisah.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kualitas Fisik dan Kimia Buah Anggur Hijau Shine Muscat

Shine Muscat, anggur hasil persilangan diploid yang dibudidayakan di Jepang, sangat mirip dengan spesies Eropa dan anggur tipe Alexandria berwarna kuning-hijau (Shirasawa *et al.*, 2022). Di Korea, budidaya Shine Muscat, hibrida diploid interspesifik dari *V. Labruscana* Bailly dan *V. Vinifera* L., telah berkembang pesat karena meningkatnya preferensi konsumen. Kultivar ini dikenal karena kandungan karbohidratnya yang tinggi dan dapat dinikmati dengan mengupas kulitnya, mirip dengan anggur Eropa. Shine Muscat telah mendapatkan popularitas di Korea dan memiliki karakteristik yang mirip dengan kultivar yang dikembangkan di Jepang.

Buah Anggur (*Vitis vinifera* L.) memiliki karakteristik fisik yang mudah rusak, ditandai dengan perubahan tekstur, susut bobot, dan perubahan warna selama penyimpanan. Tekstur buah cenderung melunak seiring waktu akibat degradasi pektin dan hemiselulosa, sementara susut bobot terjadi karena penguapan air selama penyimpanan. Perubahan kualitas fisik buah anggur antara lain perubahan warna dan perubahan tekstur. Perubahan warna ini disebabkan oleh oksidasi asam klorogenat oleh enzim polifenol oksidase menjadi melanoidin sehingga terbentuk warna coklat kehitaman (Rachmawati *et al.*, 2009)

Kualitas kimia buah anggur meliputi kandungan vitamin C, antosianin resveratrol (polifenol golongan stilbenoid), proanthocyanidins (condensed tanin), asam tartarat, asam malat, pektin, tanin, flavon glikosida. Kandungan vitamin C dapat menurun selama penyimpanan akibat proses oksidasi, sementara total padatan terlarut yang berkontribusi pada rasa manis dapat meningkat seiring pemasakan.

Antosianin, pigmen yang memberikan warna merah pada anggur juga rentan terhadap degradasi, terutama jika terpapar cahaya dan suhu yang tinggi.

2.2 Kandungan Nutrisi Anggur Hijau Shine Muscat

Anggur (*Vitis vinifera* L.) merupakan salah satu buah-buahan yang memiliki kandungan vitamin C, senyawa polifenol, dan resveratrol yang mampu mencegah kanker (Astria *et al*, 2018). Dalam 100 g anggur segar terkandung sekitar 69 kal, 0,72 g protein, 0,16 g lemak, dan 18,1 g karbohidrat. Anggur juga mengandung vitamin C 43,79 mg/ 100 g, vitamin E 0,16 mg/ 100 g, vitamin B, dan vitamin A. Kadar vitamin C pada buah anggur hijau dengan variasi lama penyimpanan pada suhu ruang diperoleh yaitu bekisar antara 8,52–16,84 mg/g sampel, sedangkan pada suhu pendingin yaitu bekisar antara 8,11–16,62 mg/g sampel (Linda *et al*, 2018).

2.3 Parameter Kualitas Fisik dan Kimia Anggur Hijau Shine Muscat

Anggur merupakan salah satu buah yang mempunyai sifat mudah rusak dan tidak tahan lama jika disimpan dalam keadaan segar. Untuk menjaga agar produk selepas panen lebih tahan lama, maka proses metabolisme yang terjadi harus ditekan serendah mungkin. Beberapa faktor luar yang dapat dikendalikan untuk menjaga keawetan produk adalah menjaga kelembapan, suhu penyimpanan dan kandungan gas tertentu dalam ruang penyimpanan sehingga kesegarannya dapat tahan lama. Kadar air dalam buah juga berkurang seiring waktu akibat proses transpirasi, kandungan vitamin C menurun selama penyimpanan karena sifatnya yang mudah teroksidasi. Total padatan terlarut meningkat seiring pemasakan buah akibat konversi pati menjadi gula sederhana. Penggunaan *active packaging* dengan bahan aktif seperti etilen, *oxygen scavenger*, dan *silica-gel* dapat memperlambat laju kerusakan ini. Utami *et al.*, (2021) menyatakan bahwa *active packaging* dapat mempertahankan kualitas fisik dan kimia stroberi lebih baik dibandingkan dengan kemasan konvensional.

2.4 Teknologi *Active Packaging* dalam Penyimpanan Buah

Active packaging merupakan inovasi pengemasan dengan penambahan senyawa aktif dari bahan dalam bentuk sachet atau film untuk mencegah terjadinya kerusakan dan memperpanjang umur simpan produk buah anggur (Duque *et al.*, 2021). Senyawa aktif yang digunakan merupakan senyawa aktif yang memiliki sifat antimikroba seperti essential oil, CO₂ emitters seperti asam sitrat, antioksidan seperti senyawa fenol, O₂ scavengers seperti besi (Fe), ethylene scavengers seperti karbon aktif, dan ethanol emitters menggunakan etanol. Keunggulan *active packaging* dibandingkan dengan kemasan konvensional terletak pada kemampuannya untuk proaktif mengendalikan kondisi internal kemasan, sehingga lebih efektif dalam mencegah kerusakan dan mempertahankan kesegaran produk (Banua dan Jati, 2024).

Selain itu, *active packaging* dapat mengurangi atau menghilangkan kebutuhan akan bahan pengawet kimia, menjadikannya pilihan yang lebih aman dan alami bagi konsumen. Jenis bahan aktif yang umum digunakan dalam kemasan pangan meliputi penyerap oksigen (*oxygen scavenger*), penyerap etilen, dan *silica-gel* (Banua dan Jati, 2024). Penyerap etilen membantu mengendalikan hormon pematangan pada buah dan sayuran, sehingga memperlambat proses pematangan dan pembusukan. Sementara itu, *silica-gel* menjaga keseimbangan kadar air dalam kemasan, mencegah kondensasi yang dapat memicu pertumbuhan jamur dan bakteri (Achmadi, 2023).

2.5 Pengaruh Suhu Simpan terhadap Anggur Hijau Shine Muscat

Anggur merupakan produk yang tersusun atas berbagai komponen kimia yang kompleks dan sensitif terhadap perubahan lingkungan, terutama suhu. Suhu memegang peranan penting pada berbagai tahapan siklus hidup anggur, mulai dari proses penghancuran buah, fermentasi, pencampuran, pematangan, hingga penyimpanan. Pada setiap tahapan tersebut, peningkatan suhu yang tidak terkontrol dapat menyebabkan perubahan bahkan degradasi senyawa kimia yang

terkandung dalam anggur. Akibatnya, atribut fisik, kimia, dan sensorik anggur dapat mengalami penurunan kualitas yang signifikan.

Secara ideal, anggur disimpan pada ruang sejuk atau fasilitas berpendingin dengan suhu berkisar antara 15–20°C. Namun, selama proses distribusi dan penyimpanan, anggur sering kali terpapar kondisi lingkungan yang kurang optimal, seperti suhu yang tinggi dan berfluktuasi, sehingga berpotensi mempercepat penurunan mutu produk (Robinson *et al.*, 2010; Cejudo-Bastante *et al.*, 2013; Perestrelo *et al.*, 2020). Meskipun demikian, tidak terdapat suhu penyimpanan yang dapat dianggap ideal untuk semua jenis anggur, karena perkembangan kualitas anggur merupakan hasil keseimbangan antara proses pembentukan kompleksitas dan kematangan dengan upaya pencegahan munculnya karakteristik oksidatif maupun kerusakan akibat suhu. Penyimpanan pada suhu rendah, di bawah 10°C dapat mengurangi risiko kerusakan dan mempertahankan kualitas anggur, tetapi kondisi tersebut juga dapat memperlambat proses perkembangan dan pematangan anggur.

2.6 Silica Gel

Silika gel adalah senyawa hasil polimerisasi asam silikat, yang terdiri atas globula – globula SiO_4 tetrahedral yang tersusun secara tidak teratur dan beragregasi membentuk kerangka tiga dimensi yang lebih besar (Sartika, 2014). Silika gel memiliki sifat adsorpsi kelembaban yang besar pada tingkat kelembaban tinggi (Chua dan Islam, 2015). Silika gel banyak digunakan sebagai pengering untuk melindungi produk dari kerusakan akibat kelembaban, yang memiliki kapasitas untuk menyerap kelembaban dari sekitarnya (Guntor, 2020). Hasil penelitian Daniel *et al.* (2008) menunjukkan bahwa penggunaan silika gel sebagai bahan pengemas penyimpanan berpengaruh nyata terhadap peningkatan daya simpan benih jagung dibandingkan dengan perlakuan kontrol tanpa silika gel. Penyimpanan benih dalam wadah dengan rasio silika gel sebesar 1:1 per 100 g dan 1:2,5 per 40 g terbukti mampu memaksimalkan perpanjangan umur simpan benih jagung.

2.7 Kalium Permanganat (KMnO₄)

Kalium permanganat (KMnO₄) merupakan salah satu bahan aditif yang berfungsi sebagai penyerap etilen. Produksi etilen yang tinggi dapat mempercepat proses pematangan sehingga masa simpan buah menjadi lebih singkat dan kualitas buah cepat mengalami penurunan. Mekanisme penyerapan atau pengikatan etilen yang dihasilkan buah-buahan terjadi karena KMnO₄ sebagai pengoksidasi dapat bereaksi atau mengikat etilen dengan memecah ikatan rangkap yang ada pada senyawa etilen menjadi bentuk etilen glikol dan mangan dioksida (Abeles *et al.*, 1992 dalam Napitupulu, 2013).

Sholihati (2004) menyatakan bahwa secara umum perlakuan bahan penyerap etilen, KMnO₄ 10, 20, dan 30 g memberikan pengaruh terhadap penghambatan pemasakan, yaitu dapat dipertahankannya warna hijau, tekstur, serta aroma pisang buah raja selama 15 hari pada suhu 28 °C, dan 45 hari pada suhu 13 °C. KMnO₄ bersifat efektif jika diberikan sampai sebanyak total 200 mg KMnO₄ per 368,59 g duku per 2064,59 cm³ ruang kemasan, yang mampu memperpanjang masa simpan buah duku dari 3 hari (tanpa kemasan) atau 5 hari (tanpa KMnO₄ tetapi dalam chamber) menjadi 8,67 hari. Peningkatan pemberian KMnO₄ melebihi 200 mg KMnO₄ tidak mampu meningkatkan masa simpan buah duku (Widodo, 2005)

Perlakuan penyerap KMnO₄ memperlambat proses perubahan fisik dan kimia pisang 'Raja' yang ditandai dengan warna tetap hijau sampai pada akhir penyimpanan dan kekerasan yang dapat dipertahankan serta tingginya kadar pati, rendahnya kadar gula, dan susut bobot yang cenderung rendah (Sholihati, 2004). Prinsipnya, KMnO₄ yang ada di dalam bahan penyerap akan menyerap etilen yang berada di sekitar produk. Reaksi pengikatan etilen oleh KMnO₄ sebagai berikut : $2 \text{KMnO}_4 + 3 \text{C}_2\text{H}_4 + 4 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{MnO}_2 + 3 \text{CH}_2\text{OHCH}_2\text{OH} + 2 \text{KOH}$ (Widodo, 2005).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan September hingga Oktober 2025. Tempat penelitian dilaksanakan di Laboratorium Hortikultura dan Pascapanen, Jurusan Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah wadah *active packaging* (Gambar 2), *hand refraktometer*, timbangan digital, gelas ukur, botol timbang, jangka sorong, *glasswares*, gunting, foto kamera *handphone*, dan alat tulis. Bahan yang digunakan adalah buah anggur hijau Shine Muscat segar, KMnO_4 , *silica gel*, dan asam L-askorbat. Buah anggur hijau Shine Muscat diperoleh dari toko Jajan Buah yang berlokasi di Jl.Sultan H, Sepang jaya, kecamatan Kedaton, kota Bandar Lampung.



Gambar 2. Wadah *active packaging*

3.3 Metodologi Penelitian

Penelitian pengaruh bahan aktif dari *active packaging* menggunakan rancangan acak lengkap faktorial ($2 \times 2 \times 3$), dengan faktor I: KMnO_4 (0 dan 60 mg/mL), II: vitamin C (0 dan $0,4 \text{ mg/mL}$), III: silica gel (0, 5, dan 10 g), diulang sebanyak 5 kali, dengan sampel buah 250 g/unit . Larutan KMnO_4 dan vitamin C (asam L-askorbat) yang digunakan pada setiap unit adalah sebanyak 10 mL, dan dijerap ke spon (oase kering berwarna hijau yang biasa digunakan dalam vas bunga), sebelum dimasukkan ke dalam sachet masing-masing. Pengaruh *packaging* membandingkan penggunaan *packaging* pada penyimpanan buah anggur hijau shine muscat dengan tanpa *packaging*.

Pada prinsipnya, KMnO_4 yang ada di dalam bahan penyerap akan menyerap etilen yang berada di sekitaran produk. Reaksi yang akan terjadi selama proses penyerapan etilen sebagai berikut: $2 \text{KMnO}_4 + 3 \text{C}_2\text{H}_4 + 4 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{MnO}_2 + 3 \text{CH}_2\text{OHCH}_2\text{OH} + 2 \text{KOH}$, sedangkan vitamin C (asam L-askorbat) akan bereaksi dengan O_2 berdasarkan reaksi sebagai berikut: Asam L-askorbat + $\text{O}_2 \leftrightarrow$ Asam dehidro L-askorbat + H_2O . Untuk mengaktifkan reaksi oksidasi vitamin C (asam L-askorbat), vitamin C yang dijerap di spon akan di tetesi dengan 1-2 tetes jus jeruk orange (*Citrus sinensis*). Sampel di dalam kemasan *active packaging* disimpan di ruangan berpendingin ($18 \pm 1^\circ\text{C}$) dan diamati hingga buah menampakkan penurunan mutu (mulai keriput dan/atau berpenyakit). Data penelitian dianalisis dengan sidik ragam dan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Kombinasi bahan aktif dimasukkan ke bagian bawah *packaging* yang telah dirancang sedemikian rupa (Gambar 2). Buah anggur masing-masing 250 g dimasukkan ke bagian dalam wadah *active packaging*. *Active packaging* yang telah berisi bahan aktif dan buah anggur dimasukkan ke dalam ruang penyimpanan bersuhu 18 ± 1 °C. Berikut merupakan gambar tata letak percobaan (Gambar 3).

Baris/Kolom	Baris 1	Baris 2	Baris 3	Baris 4	Baris 5
Kolom 1	A1B1C0	A0B1C0	A1B1C0	A1B1C0	A1B0C2
Kolom 2	A0B0C0	A1B0C0	A1B0C1	A1B0C2	A0B0C0
Kolom 3	A1B1C2	A1B0C1	A0B1C2	A0B1C1	A1B1C0
Kolom 4	A0B0C1	A1B1C1	A1B0C0	A0B0C0	A0B1C2
Kolom 5	A0B1C0	A0B1C1	A1B1C2	A1B1C1	A1B1C2
Kolom 6	A1B0C1	A0B1C0	A1B0C2	A1B0C0	A0B0C1
Kolom 7	A1B0C1	A1B0C2	A0B0C2	A1B1C2	A1B0C2
Kolom 8	A0B1C1	A1B1C0	A0B1C2	A0B1C1	A1B1C1
Kolom 9	A0B1C0	A0B0C1	A1B1C1	A0B0C2	A0B1C2
Kolom 10	A0B0C2	A0B0C0	A0B0C1	A0B0C1	A1B0C1
Kolom 11	A0B0C0	A1B0C0	A0B0C2	A0B1C1	A1B1C1
Kolom 12	A1B0C0	A1B1C2	A0B1C2	A0B1C0	A0B0C2

Keterangan:

- $\text{KMnO}_4 = 0 \text{ mg/mL}$
- $\text{KMnO}_4 = 60 \text{ mg/mL}$
- Asam askorbat (Vitamin C) = 0 mg/mL
- Asam askorbat (Vitamin C) = $0,4 \text{ mg/mL}$
- *Silica gel* = 0 gram
- *Silica gel* = 5 gram
- *Silica gel* = 10 g

Gambar 3. Denah tata letak percobaan

3.5 Variabel Pengamatan

3.5.1 Pengamatan visual

Pengamatan visual buah anggur selama penyimpanan meliputi warna, perubahan kondisi anggur (busuk dan berjamur), dan aroma, dari buah anggur selama penyimpanan pada ruang pendingin. Pengamatan visual diamati setiap interval hari ke-0, hari ke-3, sampai hari ke-n.

3.5.2 Penurunan bobot buah

Penurunan bobot buah anggur selama penyimpanan terjadi akibat kehilangan air melalui proses evaporasi dan respirasi. Pengukuran bobot buah dilakukan dengan timbangan analitik sebelum dan sesudah penyimpanan untuk mengetahui persentase penurunan bobot. Jika bobot berkurang secara signifikan, buah akan mengalami pengerutan, penurunan kualitas tekstur, dan lebih cepat mengalami kerusakan. Oleh karena itu, pengamatan terhadap penurunan bobot buah menjadi indikator penting dalam menilai efektivitas kemasan aktif dalam mempertahankan kesegaran anggur selama penyimpanan. Pengukuran dilakukan dengan cara membandingkan bobot awal dan bobot akhir (hari ke-0, hari ke-3, sampai hari ke-n). Persen susut bobot dapat dihitung dengan rumus

$$\% \text{ Susut bobot} = \frac{\text{bobot awal} - \text{bobot akhir}}{\text{bobot awal}} \times 100\%$$

3.5.3 Kandungan asam bebas

Kandungan asam bebas pada buah anggur hijau mencerminkan tingkat degradasi lipid dan aktivitas metabolisme selama penyimpanan. Peningkatan asam bebas dapat menunjukkan terjadinya kerusakan sel akibat stres oksidatif atau aktivitas mikroba. Perlakuan seperti KMnO_4 berperan sebagai agen pengikat etilen yang dapat memperlambat proses pematangan dan degradasi, sementara vitamin C sebagai antioksidan maupun menghambat reaksi oksidatif yang menyebabkan

pembentukan asam bebas. *Silica gel* membantu mengontrol kelembapan dalam kemasan, sehingga menekan aktivitas mikroba yang juga berkontribusi terhadap peningkatan asam bebas. Pengukuran kandungan asam bebas dilakukan dengan cara titrasi dan dinyatakan dalam satuan % asam sitrat. Penetapan kandungan asam bebas dalam sari buah dilakukan dengan titrasi asam-basa: sampel sari buah yang telah disaring ditakar volumenya, kemudian di titrasi secara perlahan dengan larutan NaOH standar (0,1 N) hingga perubahan warna fenolftalein menjadi merah muda yang stabil, menandakan titik ekuivalen volume NaOH yang digunakan dicatat dan selanjutnya dihitung kadar asam bebas sebagai % asam sitrat.

3.5.4 Total padatan terlarut

Total padatan terlarut (TPT) pada buah anggur merupakan indikator tingkat kematangan buah, yang dipengaruhi oleh kadar gula, asam, dan senyawa terlarut lainnya. Pengukuran TPT dilakukan menggunakan refraktometer untuk mendapatkan nilai dan satuan Brix. Selama penyimpanan, nilai TPT dapat meningkat karena proses pematangan atau fermentasi, tetap bisa juga menurun jika terjadi kehilangan cairan yang signifikan.

3.6 Analisis Data

Data hasil pengamatan yang diperoleh dari penelitian ini dianalisis secara statistik menggunakan analisis ragam pada taraf nyata 5% untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap parameter yang diamati. Apabila hasil analisis ragam menunjukkan pengaruh yang nyata, maka dilanjutkan dengan uji perbandingan nilai tengah menggunakan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5% untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat interaksi antara perlakuan KMnO_4 , silica gel, Vitamin C serta kombinasi KMnO_4 x Silica gel, x Vitamin C kesimpulannya adalah sebagai berikut.

1. Bahan aktif KMnO_4 yang disisipkan ke dalam kemasan yang diperlakukan secara tunggal mampu meningkatkan masa simpan dan mempertahankan kualitas fisik dan kimia buah anggur hijau Shine Muscat.
2. Bahan aktif silica gel yang disisipkan ke dalam kemasan yang diperlakukan secara tunggal mampu meningkatkan masa simpan dan mempertahankan kualitas fisik dan kimia buah anggur hijau Shine Muscat.
3. Bahan aktif asam L-askorbat (vit C) yang disisipkan ke dalam kemasan yang diperlakukan secara tunggal mampu meningkatkan masa simpan dan mempertahankan kualitas fisik dan kimia buah anggur hijau Shine Muscat.
4. Kemasan aktif dengan bahan-aktif $60 \text{ mg/mL } \text{KMnO}_4 + 5 \text{ g silica gel/sachet}$ dan $60 \text{ mg/mL } \text{KMnO}_4 + 0.4 \text{ mg/mL Vit. C} + 10 \text{ g silica gel/sachet}$ merupakan sistem kemasan aktif terbaik yang mampu memperpanjang masa simpan anggur hijau Shine Muscat hingga 56-58 hari (meningkat 49-51 hari dibandingkan kontrol).

5.2 Saran

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji variasi konsentrasi *silika gel*, KMnO_4 , dan asam L-askorbat pada tingkat konsentrasi yang lebih beragam serta komposisi yang lebih sistematis. Variasi konsentrasi yang lebih rinci diharapkan dapat membantu menentukan konsentrasi paling efektif dari masing-masing bahan aktif, baik secara tunggal maupun dalam bentuk kombinasi. Selain itu, studi

berikutnya perlu mempertimbangkan pengaruh interaksi antar bahan aktif terhadap parameter fisik dan kimia buah, mengingat setiap komponen memiliki mekanisme kerja yang berbeda, yaitu silika gel sebagai penyerap kelembapan, KMnO_4 sebagai penyerap etilen, dan asam L-askorbat sebagai antioksidan. Pengujian berbagai komposisi yang lebih beragam diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai kombinasi yang paling efektif dalam memperlambat kerusakan fisiologis buah. Dengan demikian, hasil penelitian tersebut dapat menjadi dasar dalam pengembangan formulasi *active packaging* yang lebih efisien untuk komoditas anggur maupun jenis buah lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriani, E. S., N. Nurwantoro dan A Hintono. 2018. Perubahan fisik tomat selama penyimpanan pada suhu ruang akibat pelapisan dengan agar-agar. *Jurnal Teknologi Pangan*. 2(2): 176-183.
<https://doi.org/10.14710/jtp.2018.20958>
- Abeles, F. B, Morgan, P. W., and Salveit, M. E. 1992. *Ethylene in plant biology*, vol. 15, 2nd ed., Academic Press, San Diego, California. [Ethylene in Plant Biology | ScienceDirect](#)
- Achmadi, E. R. 2023. Strategies managing smart packaging for food application. *Journal of Food and Agricultural Product*. 3(1): 9-26.
<https://doi.org/10.32585/jfap.v3i1.3593>
- Adeliane, I. G. A. D., dan Diah, G. A. 2015. Alasan dan hambatan penyajian buah lokal dalam operasional hotel berbintang di Sanur. *Jurnal Master Pariwisata*. 2(1): 150-164.
<https://doi.org/10.24843/JUMPA.2015.v02.i01.p09>
- Agustiningrum, D. A., E. Darmawati, S. M., dan Widayanti. 2018. Penundaan kematangan menggunakan oksidan etilen dan pengaruhnya terhadap perubahan fisiologi pisang barangan. *Jurnal Keteknik Pertanian*. 53(9):1689-1699. <https://doi.org/10.19028/jtep.06.3.311-318>
- Alonso-Salinas, R., López-Miranda, S., González-Báidez, A., Pérez-López, A. J., Noguera-Artiaga, L., Núñez-Delicado, E., Carbonell Barrachina, Á., and Acosta-Motos, J. R. 2023. Effect of potassium permanganate, ultraviolet radiation and titanium oxide as ethylene scavengers on preservation of postharvest quality and sensory attributes of broccoli stored with tomatoes. *Foods*. 12(12): 2418. <https://doi.org/10.3390/foods12122418>
- Anak Guntor, NA., Lim Meng Siang, AJ., and Prasetyo, J. . 2020. Performance of Silica Gel as Moisture Removal from Mortar. *International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology*. 11(1): 164-174.
<https://publisher.uthm.edu.my/ojs/index.php/IJSCET/article/view/6238>

- Aprilliani, F., Warsiki, E., and Iskandar, A. 2018. Kinetic studies of potassium permanganate adsorption by activated carbon and its ability as ethylene oxidation material. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 141(1): 012003. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/141/1/012003>
- Astria, L. Y., Bohari., dan Alimuddin. 2018. Analisa kadar vitamin C pada buah anggur hijau (*Vitis vinifera*) dengan variasi lama penyimpanan pasca panen. *Jurnal Atomik*. 03(2): 68–72. <https://jurnal.kimia.fmipa.unmul.ac.id/index.php/JA/article/view/377>
- Banua, A. C., dan Jati I. R. A. P. 2024. Penggunaan *active packaging* pada kemasan produk bakery. *Zigma*. 39(2): 132-143. <https://journal.ukwms.ac.id/index.php/zipma/article/view/7221>
- Buzón-Durán, L., Sánchez-Hernández, E., Sánchez-Báscones, M., García-González, M. C., Hernández-Navarro, S., Correa-Guimarães, A., and Martín-Ramos, P. 2023. A coating based on bioactive compounds from *Streptomyces* spp. and chitosan oligomers to control *Botrytis cinerea* preserves the quality and improves the shelf life of table grapes. *Plants*. 12(3): 577. <https://doi.org/10.3390/plants12030577>
- Catherine. 2023. Inovasi smart packaging untuk menjaga kualitas produk pangan dari kerusakan oksidatif. *Zigma*. 38(2): 19-28. <https://journal.ukwms.ac.id/index.php/zipma/article/download/5179/3484/15363>
- Cejudo-Bastante, M. J., Hermosín-Gutiérrez, I., and Pérez-Coello, MS. 2013. Accelerated aging against conventional storage: Effects on the volatile composition of chardonnay white wines. *J Food Sci*. 78(4): C507-C513. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12077>
- Chen, W., Zhang, Z., Shen, Y., Duan, X., and Jiang, Y. 2014. Effect of tea polyphenols on lipid peroxidation and antioxidant activity of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit during cold storage. *Molecules*. 19(10): 16837-16850. <https://doi.org/10.3390/molecules191016837>
- Chomkitichai, W. 2020. Oxidative damage and total antioxidant capacity involved in pericarp browning during storage of longkong fruit. *Burapha Science Journal*. 25 (1): 102–116. <https://scijournal.buu.ac.th/index.php/sci/article/view/2807>
- Chua, K. J and M. R. Islam. 2015. On the experimental study of composite dessicants for energy efficient air dehumidification. *IIUM Engineering Journal*. 16(2): 1-11. <https://doi.org/10.31436/iiumej.v16i2.600>

- Conde, C., Silva, P., Fontes, N., Dias, A. C. P., Tavares, R. M., Sousa, M. J., Agasse, A., Delrot, S., and Gerós, H. 2007. Biochemical changes throughout grape berry development and fruit and wine quality. *Food*. 1(1): 1–22.
<https://repositorium.uminho.pt/server/api/core/bitstreams/bb4cd610-a20f-47dc-9090-7b11e8d9c381/content>
- Daniel, I. O., Oyekale, K. O., Ajala, M. O., Sanni, L. O., and Okelana, M. O. 2009. Physiological quality of hybrid maize seeds during containerized-dry storage with silica gel. *African Journal of Biotechnology*. 8(2). 181-186. <https://academicjournals.org/journal/AJB/article-full-text-pdf/1A94A287589>
- Damayanti, I. 2001. Seleksi dan Karakteristik Bakteri Endofit Untuk Menekan Kejadian Penyakit Layu Bakteri (*Ralstonia solanaceanum*) Pada Tomat. Skripsi. IPB. Bogor. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/27404>
- Darsana, L., Endang, S., dan Mey, A. P. 2001. Pengaruh saat panen dan suhu penyimpanan terhadap kualitas dan umur simpan buah anggur (*Vitis vinifera* L.) varietas alphonso lavelle. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
https://www.researchgate.net/publication/240619293_PENGARUH_SAA_T_PANEN_DAN_SUHU_PENYIMPANAN_TERHADAP_KUALITAS_DAN_UMUR_SIMPAN_BUAH_ANGGUR_Vitis_vinifera_L_Varietas_Alphonso_Lavalle_The_Effect_of_Harvest_Time_and_Storage_Temperature_on_The_Quality_of_G
- Duque, L. F., Amador, M. V., Guzmán, M., Asensio, C., and Valenzuela, J. L. 2021. Development of a new essential oil-based technology to maintain fruit quality in tomato. *Horticulturae*. 7(9): 303
<https://doi.org/10.3390/horticulturae7090303>
- Dutta, S. A., Barua, P. C., Sharma, S., and Kalita, P. 2023. Role of active packaging in enhancing the shelf life of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *The Pharma Innovation Journal*. 12(2): 1104-1108.
<https://www.doi.org/10.22271/tpi>
- Emai, R. J., dan Jati, I. R. A. P. 2024. Kajian pemanfaatan asam askorbat pada active packaging untuk memperpanjang umur simpan pangan berlemak. *Zigma*. 39(2): 119-131.
<https://jurnal.ukwms.ac.id/index.php/zipma/article/view/7222>
- Faraniti, D. R. 2017. Kombinasi zeolit dan kalium permanganat (KMnO₄) untuk memperpanjang masa simpan pisang barangan (*Musa paradisiaca* var. sapientum L). (Thesis) IPB. Bogor.
<http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/91781>

- Firouz, M. S., Mohi-Alden, K., and Omid, M. 2021. A critical review on intelligent and active packaging in the food industry: Research and development. *Food Research Internasional*. 141: 110113. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110113>
- Gorrasi, G., Bugatti, V., Vertuccio, L., Vittoria, V., Pace, B., Cefola, M., Quintieri, L., Bernardo, P., and Clarizia, G. 2020. Active packaging for table grapes: Evaluation of antimicrobial performances of packaging for shelf life of the grapes under thermal stress. *Food Packaging and Shelf Life*. 25: 100545. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2020.100545>
- Gutierrez-Aguirre, B. R., Llave-Davila, R. E., Olivera-Montenegro, L. A., Herrera-Núñez, E., and Marzano-Barreda, L. A. 2023. Effect of potassium permanganate as an ethylene scavenger and physicochemical characterization during the shelf life of fresh banana (*Musa paradisiaca*). *International Journal of Food Science*. 4650023. <https://doi.org/10.1155/2023/4650023>
- Gupta, P. 2024. Role of oxygen absorbers in food as packaging material, their characterization and applications. *J. Food Sci. Technol.* 61(2): 242–252. <https://doi.org/10.1007/s13197-023-05681-8>
- Harahap, I. S. 2018. Kajian analisis pelilinan terhadap sifat fisik-kimia jeruk keprok di Kabupaten Tapanuli Selatan. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran MIPA*. 3(1): 2598-2400. <http://jurnal.um-tapsel.ac.id/index.php/eksakta/article/view/338>
- Ihsan, T. dan Derosya, V. 2024. Tinjauan strategi pengemasan buah dan sayur dalam memerangi food loss dalam rantai pasokan pascapanen di Indonesia. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 22(4): 1078-1087. <https://doi.org/10.14710/jil.22.4.1078-1087>
- Imansyah, F. 2024. Inovasi atmosfer terkendali: Pemeliharaan kesegaran buah pisang untuk peningkatan ketersediaan dan kualitas konsumsi. *Jurnal Abdi Insani*. 11(3): 2295–2307. <https://doi.org/10.29303/abdiinsani.v11i3.1678>
- Jang, K., Lee, J., Kim, K., Jeong, H., and Lee, H. 2006. Quality of stored grape (*Vitis labruscana*) treated with ethylene-absorbent and activated charcoal. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 35(9): 1237–1244. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2006.35.9.1237>
- Khairunnisa, A., Darmawati, E., dan Widayanti, S. M. 2021. Aplikasi zeolit-KMnO₄ dan silika gel untuk memperpanjang green life mangga arumanis (*Mangifera indica* L.). *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 9(3): 135–142. <https://doi.org/10.19028/jtep.09.3.135-142>

- Lestari, K. I. D., Yulianti, N. L., dan Gunadnya, I. B. P. 2024. Pengaruh variasi konsentrasi KMnO_4 dan suhu gelatinisasi terhadap karakteristik fisik dan efektivitas kemasan aktif bioplastik. *Jurnal Beta*. 12(1): 71-79. <https://doi.org/10.24843/JBETA.2024.v12.i01.p08>
- Linda, Y. A., Bohari, dan Alimuddin. 2018. Analisis kadar vitamin C pada buah anggur hijau (*Vitis vinifera* L.) dengan variasi lama penyimpanan pasca panen. *Jurnal Atomik*. 03(2): 68-72. <https://jurnal.kimia.fmipa.unmul.ac.id/index.php/JA/article/view/377>
- Mansourbahmani, S., Ghareyazie, B., Zarinnia, V., Kalatejari, S., and Mohammadi, R. S. 2018. Study on the efficiency of ethylene scavengers on the maintenance of postharvest quality of tomato fruit. *Food Measurement*. 12: 691–701. <https://doi.org/10.1007/s11694-017-9682-3>
- Mariah, M. A. A., Vonnice, J. M., Erna, K. H., Nur'Aqilah, N. M., Huda, N., Wahab, R. A., and Rovina, K. 2022. The emergence and impact of ethylene scavengers techniques in delaying the ripening of fruits and vegetables. *Membranes*. 12(2): 117. <https://doi.org/10.3390/membranes12020117>
- Mope, C., Adegroye, A., Oluwalade, T. A., and Adeyelu, A. A. 2024. Ethylene management in fresh produce transport. *Asian Journal of Food Research and Nutrition*. 3(1): 60–71. <https://journalajfrn.com/index.php/AJFRN/article/view/109>
- Mulla, M. F. Z., Shonte, T. T., and Pathania, S. 2025. Quality parameters and shelf life of strawberry (cv. Centenary) fruits as affected by active modified atmosphere packagin. *International Journal of Food Science and Technology*. 60(1): vvaf010. <https://doi.org/10.1093/ijfood/vvaf010>
- Murmu, S. B. and Mishra, H. N. 2018. Selection of the best active modified atmosphere packaging with ethylene and moisture scavengers to maintain quality of guava during low-temperature storage. *Food Chemistry*, 253: 55–62. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.134>
- Napitupulu, B. 2013. Kajian beberapa bahan penunda kematangan terhadap mutu buah pisang Barangan selama penyimpanan. *Jurnal Hortikultura*. 23(3): 263-275. <https://www.neliti.com/publications/81527/kajian-beberapa-bahan-penunda-kematangan-terhadap-mutu-buah-pisang-barangan-sela#>
- Nath, A., Bagchi, B., Verma, V. K., Rymbai, H., Jha, A. K., and Deka, B. C. 2015. Extension of shelf life of tomato using KMnO_4 as ethylene absorbent. *Indian Journal of Hill Farming*. 28(1): 77-80. <https://epubs.icar.org.in/index.php/IJHF/article/view/51201>

- Nayik, G. A. and Muzaffar, K. 2014. Developments in packaging of fresh fruits-shelf life perspective: A review. *American Journal of Food Science and Nutrition Research*. 1(5): 34-39.
<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:126865116>
- Nurani, F. P. 2020. Penambahan pektin, gula, dan asam sitrat dalam pembuatan selai dan marmalade buah-buahan. *Jurnal of Food Technology and Agroindustry*. 2(1): 27-32. <https://doi.org/10.24929/jfta.v2i1.924>
- Perestrelo, R., Silva, C., Gonçalves, C., Castillo, M., and Câmara, J. S. 2020. An Approach of the Madeira Wine Chemistry. *Beverages*. 6(1): 12.
<https://doi.org/10.3390/beverages6010012>
- Pradhana, AY, Hasbullah, R., dan Purwanto, Y. A. 2013. Pengaruh penambahan kalium permanganat terhadap mutu pisang (cv. Mas Kirana) pada kemasan atmosfer termodifikasi aktif. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*. 10(2): 83-94. <https://repository.pertanian.go.id/handle/123456789/1472>
- Pratama, M. dan Sonajaya, A. M. 2023. Pengaruh kemasan aktif silika gel terhadap pertumbuhan mikroba lemak tanjung sirih. *JITIPARI (Jurnal Ilmiah Teknologi dan Industri Pangan UNISRI)*. 8(1): 32-39.
<https://doi.org/10.33061/jitipari.v8i1.8165>
- Rahayuningsih, J., Vivi, S., dan Angasa, E. E. 2022. Analisis vitamin C pada buah jeruk Pasaman untuk meningkatkan kekebalan tubuh pada masa pandemi Covid-19. *Journal of Research and Education Chemistry (JREC)*. 4(1): 29-33. [https://doi.org/10.25299/jrec.2022.vol4\(1\).9363](https://doi.org/10.25299/jrec.2022.vol4(1).9363)
- Rachmawati, R., Defiani, M. R., dan Suriani, N. L. 2009. Pengaruh suhu dan lama penyimpanan terhadap kandungan vitamin C pada cabai rawit putih (*Capsicum frutescens*). *Jurnal Biologi*. 13(2): 36 - 40.
<https://ojs.unud.ac.id/index.php/bio/article/view/584>
- Robinson, A. L., Mueller, M., Heymann, H., Ebeler, S. E., Boss, P. K., Solomon, P. S., and Trengove, R. D. 2010. Effect of simulated shipping conditions on sensory attributes and volatile composition of commercial white and red wines. *American Journal of Enology and Viticulture*. 61(3): 337-347.
<https://doi.org/10.5344/ajev.2010.61.3.337>
- Salgado, P. R., Giorgio, L., Musso, Y. S., and Mauri, A. N. 2021. Recent developments in smart food packaging focused on biobased and biodegradable polymers. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 5: 630393. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.630393>

- Sartika, N. D., Sa'id, G. E., Sunarti, C. T. dan Pari, Gustan. 2014. Kajian pembuatan arang aktif berbahan baku bagas tebu melalui kombinasi proses karbonisasi hidrotermal dan aktivasi kimia. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 24(2): 157-165.
<https://journal.ipb.ac.id/jurnaltin/article/view/8596>
- Shahida, C. and Swarup, D. 2024. Active packaging for improving the shelf life and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa Duch.*). *International Journal of Environment and Climate Change*. 14(1): 369-373.
<https://doi.org/10.9734/ijecc/2024/v14i13842>
- Shirasawa, K., Hirakawa, H., Azuma, A., Taniguchi, F., Yamamoto, T., Sato, A. and Isobe, S. N. 2022. De novo whole-genome assembly in an interspecific hybrid table grape, 'Shine Muscat'. *DNA Research*. 29(6): dsac040. <https://doi.org/10.1093/dnares/dsac040>
- Sholihati. 2004. Kajian penggunaan bahan penyerap etilen kalium permanganat untuk memperpanjang umur simpan pisang Raja (*Musa paradisiaca* var. Sapientum L.) [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Silvia, D., Kesuma, A. A., dan Ningtyas, R., 2023. Analisis sensorik pisang Ambon (*Musa acuminata* Cavendish) dengan kombinasi KMnO₄, tanah liat dan zeolite sebagai pengoksidasi etilen untuk menunda pematangan pascapanen. *The First National Conference on Innovative Agriculture 2023*, Department of Agricultural Technology, Politeknik Negeri, Jember, 25 November 2023, Jember. Indonesia. pp. 36-43.
<https://ocs.polije.ac.id/index.php/pnacia/article/view/57>
- Soneji, I. B., Bakane, P. H., Mohod, V. D., Bisen, R. D., and Khobragade, U. H. 2024. Ethylene management strategies for fresh produce preservation: A comprehensive review. *International Journal of Advanced Biochemical Research*. 8(12S): 1110–1120.
<https://doi.org/10.33545/26174693.2024.v8.i12Sn.3305>
- Syska, K. 2024 Ulasan kritis: Kemajuan nano formulasi minyak atsiri untuk pengawetan pangan. *Agritech*. 17(2): 149-159.
<http://agritech.unhas.ac.id/ojs/index.php/at>
- Trinetta, V., McDaniel, A., Batziakas, K. G., Yucel, U., Nwadike, L., and Pliakoni, E. 2020. Antifungal packaging film to maintain quality and control postharvest diseases in strawberries. *Antibiotics*. 9(9): 618.
<https://doi.org/10.3390/antibiotics9090618>

- Utami, R., Kawiji, Atmaka, W., Nurmaya, L., Khasanah, L. U., and Manuhara, G. J. 2021. The effect of active paper packaging enriched with oleoresin from solid waste of pressed *Curcuma xanthorrhiza* roxb. placement methods on quality of refrigerated strawberry (*Fragaria x ananassa*). *Caraka Tani Journal of Sustainable Agriculture*. 36(1): 155-164.
<http://dx.doi.org/10.20961/carakatani.v36i1.43027>
- Vilela, C., Kurek, M., Hayouka, Z., Röcker, B., Yildirim, S., Antunes, M. D. C., Nilsen-Nygaard, J., Pettersen, M. K., and Freire, C. S. R. 2018. A concise guide to active agents for active food packaging. *Trends in Food Science and Technology*. 80: 212-222. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.08.006>
- Widodo, S. E. 2005. Bahan penyerap KMnO_4 dan asam L-askorbat dalam pengemasan aktif (*active packaging*) untuk memperpanjang masa simpan dan mempertahankan mutu duku (*Lansium domesticum* Corr.). *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 16(2): 113-118.
<https://journal.ipb.ac.id/jtip/article/view/480>
- Widyastuti, T. and Gahayu, R. 2022. Extending the shelf life of curly red chili (*Capsicum annuum*) using KMnO_4 . *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing. 985(1): 012041
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/985/1/012041>
- Yasin, T., Hartanto, R., dan Haryano, A. (2013). The influence of gas composition on the respiration rate of banana (Var. Janten) on modified atmosphere storage. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*. 2(3): 147-160.
<https://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/JTP/article/view/264>
- Yimmongkol, S., Pratumpong, P., Boonyuen, S., and Pechyen, C. 2018. Preparation and evaluation of ethylene absorbers from zeolite A/ KMnO_4 composite for monitoring of silk banana (*Musa sapientum* L.) ripening. *Chiang Mai Journal of Science*. 45(5): 2152-2167.
<https://www.thaiscience.info/Journals/Article/CMJS/10990479.pdf>