

Efektivitas Metode Aplikasi Edible Coating Kitosan dan Suhu Penyimpanan terhadap Pengendalian *Botrytis cinerea* serta Kualitas Pascapanen Buah Anggur

Dini Sundari^{1*)}, Deviana Primayuri²⁾, Kifayati Rosiyanti Dewi³⁾

1,2) Proteksi Tanaman, Jurusan Agroteknologi/Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Indonesia

3) Jurusan Ilmu Gizi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Jenderal Soedirman, Indonesia
Email*) : dini.sundari@unsoed.ac.id

Abstrak

Buah anggur bernilai ekonomi tinggi namun sangat rentan terhadap kerusakan pascapanen akibat infeksi jamur Botrytis cinerea penyebab penyakit kapang abu. Penggunaan fungisida sintetik secara terus-menerus memicu dampak negatif bagi kesehatan dan lingkungan, sehingga pelapis alami (edible coating) berbasis kitosan menjadi alternatif yang prospektif. Meskipun potensial, interaksi antara metode aplikasi fisik pelapisan dan fluktuasi suhu penyimpanan komersial belum dievaluasi secara terintegrasi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas edible coating kitosan dalam menekan kejadian penyakit kapang abu serta menganalisis interaksi antara metode aplikasi dan suhu penyimpanan terhadap kualitas pascapanen anggur. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial 3x2 dengan tiga ulangan menggunakan anggur varietas Ninel. Faktor yang diuji meliputi metode aplikasi kitosan (kontrol, semprot, celup) dan suhu penyimpanan (4°C dan 27°C) yang diamati selama 14 hari. Hasil analisis menunjukkan adanya interaksi yang nyata antara metode aplikasi dan suhu penyimpanan terhadap tingkat kejadian penyakit. Metode celup dan semprot pada suhu ruang (27°C) mampu menurunkan intensitas serangan secara signifikan dibandingkan kontrol, sementara perlindungan terbaik dengan 0% kejadian penyakit dicapai melalui kombinasi aplikasi kitosan dan penyimpanan dingin bersuhu 4°C. Suhu terbukti memengaruhi susut bobot, tetapi interaksi aplikasi kitosan tidak memengaruhi susut bobot maupun Total Padatan Terlarut (Brix) secara nyata. Kesimpulannya, kitosan bekerja presisi sebagai agen bioproteksi eksternal yang efektif tanpa menyumbat kutikula buah. Temuan ini sangat penting karena mengonfirmasi bahwa kitosan aman diaplikasikan dalam rantai distribusi komersial tanpa mengganggu respirasi basal dan integritas biokimia internal buah.

Kata Kunci: Anggur, Botrytis Cinerea, Chitosan, Edible Coating, Suhu Penyimpanan

Abstract

Grapes have high economic value but are highly susceptible to postharvest damage due to infection by the fungus Botrytis cinerea, the cause of gray mold disease. The continuous use of synthetic fungicides triggers negative impacts, making chitosan-based natural coatings (edible coatings) a prospective alternative. The interaction between the physical application methods of the coating and commercial storage temperature fluctuations has not been evaluated in an integrated manner.

Therefore, this study aims to evaluate the effectiveness of chitosan edible coating in suppressing the incidence of gray mold disease and to analyze the interaction between application methods and storage temperatures on the postharvest quality of grapes. This research employed a Completely Randomized Design with a 3×2 factorial pattern, involving three replications using the Ninel variety of grapes. The factors tested included the chitosan application method (control, spray, dip) and storage temperature (4°C and 27°C), which were observed for 14 days. The analysis results showed a significant interaction between the application method and storage temperature on the disease incidence rate. The dipping and spraying methods at room temperature (27°C) significantly reduced the attack intensity compared to the control, while the best protection with 0% disease incidence was achieved through a combination of chitosan application and cold storage at 4°C. Temperature was proven to affect weight loss, but the interaction of chitosan application did not significantly affect weight loss or Total Soluble Solids (Brix). In conclusion, chitosan works precisely as an effective external bioprotection agent without clogging the fruit cuticle.

Keywords: Botrytis cinerea, Chitosan, Edible Coating, Grapes, Storage temperature

PENDAHULUAN

Anggur (*Vitis vinifera* L.) merupakan salah satu komoditas buah yang bernilai ekonomi dan nutrisi tinggi, namun sangat rentan terhadap kerusakan fisiologis maupun patologis pascapanen (Dong et al., 2026; Zhai et al., 2026; Zhang et al., 2025). Karakteristik fisik anggur yang memiliki kulit tipis, tingginya kandungan air, serta tingginya rasio gula dan asam menjadikannya sebagai inang yang sangat ideal bagi mikroorganisme pembusuk selama masa penyimpanan dan transportasi (Ma et al., 2026). Salah satu

ancaman paling merusak yang menyebabkan kerugian ekonomi secara masif di seluruh dunia adalah infeksi patogen *Botrytis cinerea* yang memicu penyakit kapang abu atau *gray mold* (Fan et al., 2026; Shao et al., 2026). Jamur nekrotrofik ini memiliki daya hancur yang tinggi karena mampu menginfeksi buah melalui luka mikroskopis maupun penetrasi langsung pada kulit, serta dapat terus berkembang pada suhu dingin (Liu et al., 2025). Secara tradisional, upaya yang telah dilakukan untuk mengendalikan penyakit ini sangat bergantung pada

penggunaan fungisida sintetis atau perlakuan fumigasi sulfur dioksida (Hassan et al., 2026). Akan tetapi, aplikasi bahan kimia sintetis secara terus-menerus telah menimbulkan berbagai permasalahan krusial, termasuk pencemaran lingkungan, kekhawatiran terkait residu beracun yang membahayakan kesehatan konsumen, serta memicu mutasi genetik yang menyebabkan munculnya galur patogen yang resisten terhadap fungisida (Fan et al., 2026; Hassan et al., 2026). Oleh karena itu, pengembangan pendekatan alternatif yang ramah lingkungan, aman bagi manusia, dan berkelanjutan menjadi sebuah urgensi dalam manajemen penyakit pascapanen.

Sebagai pendekatan pemecahan masalah yang prospektif, pemanfaatan biopolimer alami sebagai pelapis buah (*edible coating*) telah mendapatkan perhatian yang luas dari para peneliti (Ma et al., 2026). Kitosan, sebuah polisakarida kationik linier yang diekstraksi melalui deasetilasi kitin dari cangkang krustasea,

muncul sebagai kandidat bahan pelapis yang sangat menjanjikan. Biopolimer ini diakui secara luas karena sifatnya yang biokompatibel, dapat terurai secara hayati, tidak beracun, dan secara inheren memiliki aktivitas antimikroba berspektrum luas (Liu et al., 2025; Xu et al., 2025). Aplikasi kitosan pada permukaan buah mampu membentuk lapisan semipermeabel yang membatasi pertukaran gas, mengurangi laju respirasi dan transpirasi, serta secara langsung merusak membran sel bakteri dan jamur. Kitosan juga terbukti mampu bertindak sebagai elisitor yang merangsang respons pertahanan bawaan pada jaringan tanaman (Liu et al., 2025; Xu et al., 2025).

Sejumlah studi telah membuktikan bahwa pelapisan kitosan efektif dalam menekan pembusukan pascapanen pada berbagai buah-buahan (Romanazzi et al., 2007). Penggunaan kitosan pada anggur terbukti dapat menunda kerusakan kualitas, meminimalisir kehilangan bobot (susut bobot buah), serta mempertahankan Total Padatan Terlarut (*Brix*) dengan cara

membatasi penguapan air dan proses oksidasi (Godana et al., 2021; Yuan et al., 2022). Di samping itu, suhu juga memainkan peran krusial. Penyimpanan pada suhu dingin sering dikombinasikan dengan perlakuan pelapisan untuk memaksimalkan umur simpan, karena suhu sangat memengaruhi laju jamur patogen *Botrytis cinerea* (Bona et al., 2021).

Meskipun potensi kitosan dan berbagai modifikasi komposisinya telah banyak dibuktikan dalam skala laboratorium (Gumede et al., 2025; Hassan et al., 2026), mayoritas studi terdahulu cenderung berfokus pada rekayasa material pelapis yang kompleks di tingkat molekuler atau perumusan agen bioaktif baru, sementara evaluasi komprehensif yang membandingkan efektivitas teknis metode aplikasi pelapisan tunggal terhadap dinamika infeksi patogen masih sangat terbatas (Zhu et al., 2025). Alasan utama dilakukannya penelitian ini adalah karena interaksi antara metode aplikasi pelapisan kitosan secara fisik seperti metode celup (*dip*) dibandingkan metode

semprot (*spray*) dengan fluktuasi suhu penyimpanan komersial belum dievaluasi secara terintegrasi. Padahal, pemerataan distribusi polimer pelapis pada permukaan buah dan kondisi mikroklimat lingkungan simpan merupakan dua faktor penentu utama yang secara langsung memengaruhi laju kehilangan air (transpirasi) dan efisiensi penekanan patogen, yang mereplikasi skenario rantai distribusi nyata di pasaran.

Berdasarkan urgensi dan celah penelitian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas *edible coating* kitosan dalam menekan tingkat kejadian penyakit kapang abu yang disebabkan oleh infeksi *B. cinerea*, serta menganalisis pengaruh interaksi antara metode aplikasi dan kondisi suhu penyimpanan dalam mempertahankan kualitas pascapanen anggur, yang difokuskan pada parameter susut bobot buah dan stabilitas derajat Brix, selama periode penyimpanan 14 hari.

METODE PENELITIAN

Seluruh rangkaian eksperimen, mulai dari preparasi, inokulasi, perlakuan, hingga pengamatan pascapanen dilakukan di Laboratorium Perlindungan Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah.

Alat-alat utama yang digunakan dalam penelitian ini meliputi refractometer, timbangan digital, *haemocytometer* dan mikroskop, *sprayer*, *colony counter*, pipet tetes, tabung reaksi, serta peralatan gelas standar laboratorium lainnya. Bahan utama yang digunakan adalah buah anggur segar varietas Ninel, isolat jamur patogen *Botrytis cinerea* yang diisolasi dari buah Strawberry (Sundari et al., 2025), bubuk kitosan, pelarut asam lemah berupa asam asetat (CH_3COOH), serta air suling steril (akuades).

Penelitian ini merupakan eksperimen laboratorium yang disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Pola Faktorial 3×2 dengan tiga ulangan. Faktor pertama adalah metode

aplikasi *edible coating* kitosan yang terdiri dari tiga taraf:

- K0: kontrol (tanpa kitosan/hanya air suling),
- K1: metode semprot/ *spray*, dan
- K2: metode celup/ *dip*.

Faktor kedua adalah suhu penyimpanan (T) yang terdiri dari dua taraf:

- T1: suhu dingin (4°C), dan
- T2: suhu ruang (27°C).

Masing-masing kombinasi perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Total Satuan Percobaan: $3 \text{ (Faktor 1)} \times 2 \text{ (Faktor 2)} \times 3 \text{ (Ulangan)} = 18$ satuan percobaan. Setiap satuan percobaan menggunakan buah anggur ukuran, dan kualitas yang seragam.

Tahapan Penelitian

1. Persiapan Inokulum *Botrytis cinerea*

Isolat *B. cinerea* ditumbuhkan pada media agar di dalam cawan petri. Spora dipanen dengan menambahkan air steril ke permukaan koloni, kemudian disaring untuk memisahkan hifa. Kerapatan spora dihitung menggunakan *haemocytometer* dan disesuaikan menggunakan air steril hingga mencapai konsentrasi standar

(sekitar 1×10^5 hingga 1×10^6 spora/mL) yang ditampung dalam tabung reaksi.

2. Pembuatan Larutan Edible Coating Kitosan

Larutan kitosan dibuat dengan konsentrasi 2% (Primayuri et al., 2025) dengan melarutkan bubuk kitosan ke dalam larutan asam lemah (asam asetat) 1% (v/v) di dalam air steril. Campuran ini diaduk secara konstan hingga larutan kitosan homogen dan jernih, kemudian pH-nya disesuaikan menjadi pH 7.

3. Inokulasi dan Aplikasi Perlakuan

Buah anggur varietas Ninel disterilisasi permukaannya menggunakan air steril dan dikeringanginkan. Buah kemudian dilukai secara seragam menggunakan jarum steril, dan diinokulasi dengan meneteskan suspensi spora *B. cinerea* menggunakan pipet tetes ke bagian luka. Setelah spora mengering, perlakuan diaplikasikan. Pada perlakuan K1, larutan kitosan diaplikasikan secara merata menggunakan sprayer. Pada perlakuan K2, buah dicelupkan ke dalam larutan kitosan. Untuk kontrol (K0), buah hanya

disemprot/dicelup menggunakan air steril.

4. Penyimpanan

Buah anggur dari masing-masing perlakuan kemudian ditempatkan kedalam *thinwall* 200 ml dan diinkubasi pada dua kondisi suhu (4°C dan 27°C) selama masa pengamatan 14 hari (2 minggu).

Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) dua arah untuk mengetahui pengaruh utama metode aplikasi kitosan, suhu penyimpanan, dan interaksi keduanya. Jika terdapat beda nyata antar perlakuan secara statistik, data diuji lanjut menggunakan Uji Jarak Berganda Duncan (DMRT) atau Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf signifikansi 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis varians menunjukkan bahwa metode aplikasi *edible coating* kitosan (semprot dan celup), suhu penyimpanan (4°C dan 27°C), serta interaksi antara keduanya memberikan

pengaruh yang berbeda nyata secara statistik terhadap persentase kejadian penyakit (*disease incidence*) kapang abu yang disebabkan oleh *Botrytis cinerea* pada buah anggur. Tingkat kejadian penyakit pada buah yang diaplikasikan kitosan secara signifikan lebih rendah dibandingkan dengan buah kontrol.

Hasil analisis statistik yang menunjukkan penurunan nyata pada kejadian penyakit (*disease incidence*) kapang abu selaras dengan pengamatan morfologi visual buah anggur pada akhir masa penyimpanan 14 hari (Gambar 1). Keberhasilan penekanan patogen *B. cinerea* ini didorong oleh interaksi yang kuat antara metode pelapisan kitosan dan suhu penyimpanan, yang secara komprehensif bekerja melalui mekanisme fisik, biokimia, dan termodinamika.

Tabel 1. Hasil Analisis Pengaruh Metode Perlakuan Chitosan dan Suhu Penyimpanan Terhadap Kejadian Penyakit Kapang Abu

Perlakuan	Suhu	
	4 °C	27 °C
Chitosan		
Kontrol	0 a	89 % c
Penyemprotan	0 a	44.3 % b
Pencelupan	0 a	33.3 % b

Keterangan: Notasi huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji Duncan taraf nyata α 5%.

Pada penyimpanan tanpa pendinginan (suhu ruang 27°C) setelah 14 hari, buah anggur kontrol (Gambar 1a) menunjukkan kerusakan struktural yang paling parah, ditandai dengan kolonisasi miselium jamur yang masif di permukaan buah, pelunakan jaringan, dan pengerutan (*shrinkage*). Hal ini mengonfirmasi sifat nekrotrofik *B. cinerea* yang secara agresif mendegradasi dinding sel inang pada kondisi suhu yang mendukung (Ren et al., 2025). Sebaliknya, aplikasi kitosan baik melalui semprot (Gambar 1b) maupun celup (Gambar 1c) setelah penyimpanan 14 hari pada suhu ruang secara visual mampu menghambat laju penyebaran miselium tersebut. Hal ini disebabkan oleh sifat

polikationik dari kitosan. Gugus amino bebas (NH_3^+) pada kitosan berinteraksi secara elektrostatis dengan membran sel jamur *B. cinerea* yang bermuatan negatif. Interaksi ini merusak integritas dan

permeabilitas membran sel patogen, memicu kebocoran komponen intraseluler esensial, dan berujung pada kematian sel jamur (Li et al., 2025; Ma et al., 2026; Zhu et al., 2025).

Perlakuan	Buah Anggur Sesaat Setelah Inokulasi	Buah Anggur 14 Hari Setelah Inokulasi
a. Kontrol suhu ruang		
b. Semprot suhu ruang		
c. Celup suhu ruang		
d. Kontrol suhu dingin		
e. Semprot suhu dingin		
f. Celup suhu dingin		

Gambar 1. Penampakan Visual Buah Anggur Pada Saat Setelah Aplikasi Chitosan (Kiri) dan Setelah Penyimpanan Selama 14 Hari (Kanan).

Secara fisik, terlihat bahwa metode celup (Gambar 1c) memberikan penampakan visual yang sedikit lebih baik dalam menahan laju kerusakan

dibandingkan metode semprot (Gambar 1b). Metode celup memungkinkan larutan polimer kitosan menutupi seluruh permukaan buah dan mikroluka secara

lebih homogen dan presisi. Lapisan film yang terbentuk ini memodifikasi atmosfer mikro dengan membatasi pasokan oksigen, sehingga menciptakan kondisi yang tidak menguntungkan bagi pertumbuhan *B. cinerea* yang bersifat aerobik (Romanazzi et al., 2007; Xu et al., 2025).

Peran suhu pendinginan (4°C) juga terlihat sangat krusial dalam menekan insidensi penyakit. Pada anggur kontrol dengan pendinginan (Gambar 1d), meskipun laju pembusukan lebih lambat dibandingkan kontrol suhu ruang (Gambar 1a), gejala bercak infeksi tetap muncul. Hal ini membuktikan bahwa suhu dingin saja tidak mampu mematikan *B. cinerea* secara absolut karena patogen ini mampu beradaptasi dan tumbuh pada suhu rendah (psikrotrofik). Namun, ketika suhu dingin diintegrasikan dengan aplikasi kitosan (Gambar 1e untuk semprot dan Gambar 1f untuk celup), terjadi sinergisme proteksi yang menghasilkan visual buah anggur paling utuh, segar, dan bebas dari gejala kapang abu (Zhu et al.,

2025). Suhu rendah secara termodinamika menekan laju respirasi dan metabolisme buah, menunda senesensi, dan memperlambat elongasi tabung kecambah spora patogen (Wu et al., 2023). Pada saat yang bersamaan, kitosan yang menempel pada kulit buah tidak hanya bertindak sebagai fungisida langsung, tetapi juga sebagai elisitor yang menginduksi respons pertahanan sistemik (inang) buah anggur. Aplikasi kitosan terbukti mampu meregulasi peningkatan aktivitas enzim pertahanan inang seperti phenylalanine ammonia-lyase (PAL), peroksidase (POD), dan superoksida dismutase (SOD), yang mendorong akumulasi senyawa fenolik dan fitoaleksin sebagai benteng pertahanan biokimia jaringan buah (Dong et al., 2026).

Hasil analisis varians menunjukkan bahwa suhu penyimpanan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap susut bobot buah anggur, di mana penyimpanan pada suhu ruang (27°C) memicu susut bobot yang nyata lebih tinggi dibandingkan suhu pendinginan (4°C).

Secara termodinamika, suhu ruang (27°C) memiliki energi panas yang lebih tinggi yang memicu peningkatan laju respirasi dan laju transpirasi, yaitu migrasi cairan dan nutrisi dari dalam jaringan sel buah ke lingkungan sekitarnya (Zhang et al., 2025). Sebaliknya, suhu dingin (4°C) secara efektif meminimalkan defisit tekanan uap air (*Vapor Pressure Deficit*/VPD) dan menekan laju metabolisme basal buah, sehingga evaporasi berjalan sangat lambat pada semua perlakuan.

Tabel 2. Hasil Analisis Pengaruh Metode Perlakuan Chitosan dan Suhu Penyimpanan Terhadap Susut Bobot Buah Anggur

Perlakuan Chitosan	Suhu		Rerata
	4 °C	27 °C	
K	0.42 ± 0.07 a	1.65 ± 1.12 b	1.04
S	0.42 ± 0.11 a	1.00 ± 0.59 ab	0.71
C	0.36 ± 0.03 a	1.30 ± 0.04 b	0.83
Rerata	0.4	1.32	

Keterangan: K (Kontrol tanpa Kitosan), S (Perlakuan Chitosan dengan Semprot), dan C (Perlakuan Chitosan dengan Pencelupan). Notasi huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji Duncan taraf nyata α 5%.

Namun demikian, interaksi antara metode aplikasi *edible coating* kitosan (baik celup maupun semprot) dengan kontrol (tanpa pelapis) terbukti tidak berbeda

nyata dalam menahan laju susut bobot, baik pada suhu 4°C maupun 27°C. Fenomena ini dapat dijelaskan melalui dua faktor utama:

1. **Barrier Lilin Alami (Epikutikula) Buah Anggur.** Buah anggur secara anatomis telah dilengkapi dengan lapisan lilin alami (epikutikula) yang tebal di permukaan epidermisnya. Lapisan lilin bawaan ini bersifat hidrofobik kuat (menolak air) dan memiliki resistensi alami yang sangat efisien dalam menekan laju transpirasi uap air dari dalam jaringan. Oleh karena itu, tanpa adanya kerusakan mekanis pada kulit, lapisan pelindung alami ini sudah memainkan peran maksimal dalam mempertahankan turgor (kadar air) sel (Xu et al., 2025; Zhang et al., 2025).

2. **Sifat Hidrofilik dan Permeabilitas Uap Air Polimer Kitosan.** Meskipun larutan kitosan mampu membentuk lapisan selaput tipis di permukaan kulit buah, biopolimer kitosan murni pada dasarnya kaya akan gugus hidroksil (-OH) dan amino bebas (-NH₂) yang membuatnya bersifat sedikit hidrofilik. Karena sifat

hidrofilik ini, pelapis kitosan tunggal memiliki tingkat permeabilitas transmisi uap air (*Water Vapor Permeability/WVP*) yang masih dapat ditembus oleh uap air, berbeda dengan pelapis yang dimodifikasi dengan penambahan komponen lipid atau hidrofobik khusus (Hu et al., 2025). Akibatnya, pelapisan film kitosan di atas permukaan lilin anggur tidak memberikan lapisan reduksi uap air tambahan yang cukup masif untuk bisa dideteksi secara signifikan melalui uji statistik, terutama dalam rentang masa simpan 14 hari.

Berdasarkan hasil analisis statistik dari data (Tabel 3), nilai Total Padatan Terlarut (Brix) tidak menunjukkan perbedaan yang nyata antar perlakuan metode aplikasi kitosan (kontrol, semprot, celup), suhu penyimpanan (4°C dan 27°C), maupun interaksi keduanya. Nilai Brix tetap stabil di kisaran 13,3 hingga 14,3. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa aplikasi pelapisan kitosan maupun perbedaan suhu penyimpanan tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap Total Padatan Terlarut (Brix)

buah anggur. Kandungan padatan terlarut (*Soluble Solids Content/SSC*) sejatinya merupakan indikator biokimia utama yang mencerminkan tingkat kematangan, akumulasi gula, dan kualitas penyimpanan anggur. Stabilitas derajat Brix yang seragam pada seluruh perlakuan ini dapat dijelaskan melalui mekanisme laju respirasi buah non-klimakterik dan korelasinya dengan dinamika penyusutan air.

Pertama, stabilitas ini sangat berkaitan dengan sifat bawaan anggur sebagai buah non-klimakterik. Secara fisiologis, pelapis polimer seperti kitosan bertindak sebagai penghalang fisik semi-permeabel yang membatasi pertukaran gas oksigen dan karbon dioksida di permukaan buah, yang pada gilirannya menekan laju respirasi dan mencegah perombakan cadangan nutrisi seperti gula (Xu et al., 2025). Namun, berbeda dengan buah klimakterik, anggur secara alami memiliki laju respirasi pascapanen yang sangat rendah, di mana fluktuasi respirasinya tidak digerakkan oleh sinyal pematangan endogen, melainkan lebih banyak dipicu

oleh stres fisik eksternal atau invasi patogen. Karena laju metabolisme perombakan gula pada anggur sudah sangat lambat secara alamiah, efek modifikasi atmosfer dan penekanan respirasi tambahan yang diberikan oleh lapisan kitosan tidak menghasilkan selisih degradasi gula yang cukup besar untuk terdeteksi secara statistik jika dibandingkan dengan buah kontrol.

Kedua, nilai Brix sangat berkorelasi dengan tingkat kehilangan air (susut bobot) buah. Pada komoditas pascapanen, peningkatan nilai Brix bukan disebabkan oleh sintesis gula baru, melainkan akibat dari efek pemekatan konsentrasi zat terlarut (solut) di dalam sel ketika buah mengalami dehidrasi atau kehilangan volume air akibat transpirasi. Berdasarkan data susut bobot, meskipun terdapat perbedaan penyusutan air yang nyata antara suhu pendinginan (rata-rata 0,40 gram) dan suhu ruang (rata-rata 1,32 gram), persentase kehilangan bobot absolut tersebut masih tergolong sangat minim (di bawah 2 gram). Karena volume cairan

internal di dalam sel buah anggur masih terjaga dengan sangat baik pada semua perlakuan, tidak terjadi efek pemekatan gula (*concentration effect*) yang drastis. Rasio antara pelarut (air) dan gula di dalam jaringan tetap konstan, sehingga derajat Brix yang diukur tidak menunjukkan fluktuasi atau perbedaan yang nyata secara statistik.

Tabel 3. Hasil Analisis Pengaruh Metode Perlakuan Chitosan dan Suhu Penyimpanan Terhadap Total Padatan Terlarut (*Brix*) Buah Anggur

Perlakuan Chitosan	Suhu		Rerata
	4 °C	27 °C	
K	13.6 ± 0.005 a	13.6 ± 0.09 a	13.6
S	14.3 ± 0.05 a	13.3 ± 0.05 a	13.8
C	13.8 ± 0.07 a	14.0 ± 0.01 a	13.9
Rerata	13.9	13.6	

Keterangan: K (Kontrol tanpa Kitosan), S (Perlakuan Chitosan dengan Semprot), dan C (Perlakuan Chitosan dengan Pencelupan). Notasi huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji Duncan taraf nyata α 5%

Aplikasi *edible coating* kitosan baik melalui metode semprot maupun celup tidak mengubah laju penyusutan bobot dan parameter Brix secara signifikan merupakan temuan yang sangat menguntungkan dari perspektif teknologi

dan kualitas pascapanen. Hal ini memvalidasi bahwa kitosan bekerja secara optimal dan presisi sebagai agen bioproteksi eksternal yang aman, yakni ampuh membentuk *barier* pelindung yang merusak membran sel patogen *Botrytis cinerea* serta memicu elisitasi pertahanan inang, tanpa harus menyumbat pori-pori stomata atau kutikula buah. Kondisi ini memungkinkan anggur untuk tetap melakukan respirasi basalnya secara normal dan terhindar dari stres anaerobik akibat kekurangan oksigen, sehingga integritas biokimia dan parameter kesegaran internalnya tidak terganggu.

KESIMPULAN

Aplikasi *edible coating* kitosan terbukti efektif dalam menekan tingkat kejadian penyakit kapang abu yang disebabkan oleh *Botrytis cinerea*. Pada kondisi suhu ruang, metode semprot dan celup mampu menurunkan intensitas serangan jamur *B. cinerea* secara signifikan dibandingkan kontrol. Namun, efektivitas tertinggi dicapai melalui integrasi perlakuan kitosan dengan suhu rendah,

yang mampu menekan kejadian penyakit hingga 0%. Terdapat interaksi yang nyata antara metode pemberian kitosan dan suhu penyimpanan terhadap parameter Kejadian Penyakit (*Disease Incidence*), namun tidak berpengaruh nyata terhadap nilai susut buah dan total padatan terlarut (brix).

DAFTAR PUSTAKA

- Bona, G. S. De, Vincenzi, S., Marchi, F. De, & Angelini, E. 2021. Chitosan induces delayed grapevine defense mechanisms and protects grapevine against *Botrytis cinerea*. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 128(3), 715–724.
- Dong, T., Shi, Q., Li, S., Xuan, X., Ren, Y., & Sun, Z. 2026. Food Bioscience Antifungal activity of grape seed polyphenol extract against *Botrytis cinerea* and induction of disease resistance in grape berries. *Food Bioscience*, 75(October 2025).
- Fan, Z., Pu, S., Dong, Y., Li, L., & Liu, Y. (2026). *Scientia Horticulturae* Antifungal mechanism of selenium against *Botrytis cinerea* on grapes: Insights from metabolomic and transcriptomic analyses. 358(December 2025). <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2026.14703>
- Godana, E. A., Yang, Q., Zhao, L., Zhang,

- X., & Liu, J. (2021). *Pichia anomala* Induced With Chitosan Triggers Defense Response of Table Grapes Against Post-harvest Blue Mold Disease. 12(July). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.704519>
- Gumede, S., Mpai, S., & Pillai, S. K. (2025). Nano Emulsion of Essential Oils Loaded in Chitosan Coating for Controlling Anthracnose in Tomatoes (*Solanum lycopersicum*) During Storage. 1–17.
- Hassan, M. F., Luo, L., Du, T., Li, B., Ping, Y., Abou, M. M., Shaaban, N. M., Alnaggar, A. M., Salah, M., & Wang, J. (2026). Chitosan-Loaded Inorganic Oxide Nanocomposites (SiO_2 , ZnO , CuO) for Effective Control of Postharvest Fungal Diseases and Maintaining Apple Fruit Quality. 1–20.
- Hu, G., Yang, C., Yi, H., Li, J., Wang, Z., Wang, Z., Yang, W., & Hu, Y. (2025). Preparation of polylactic acid / chitosan oligosaccharide films loaded metal-organic framework composite L-theanine and eugenol and its antibacterial and antioxidant properties. *Food Chemistry*, 486(April), 144580. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.144580>
- Li, Q., Chen, Q., Yang, K., Liu, H., Xu, D., Gu, Y., Sun, L., Lei, P., Wang, R., & Xu, H. (2025). ϵ -Poly-L-lysine/rhamnolipid bifunctional coating based on green electrostatic assembly technology for fruit packaging and preservation. *Chemical Engineering Journal*, 503, 158425. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2024.158425>
- Liu, J., Sui, Y., Wisniewski, M., Droby, S., Tian, S., Norelli, J. L., & HersHKovitz, V. (2012). Effect of heat treatment on inhibition of *Monilinia fructicola* and induction of disease resistance in peach fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 65, 61–68. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:55391414>
- Liu, Y., Wang, W., Cao, Y., Li, L., Fan, Z., Di, J., Wang, Y., & Zhang, L. (2025). Selenium-Chitosan Reduces Postharvest Decay of Red Globe Grapes by Improving Disease Resistance During.pdf. *EFood*, 6, 1–11. <https://doi.org/10.1002/efd2.70050>
- Ma, X., Guo, J., Shen, S., Liu, D., Liu, Y., & Chen, X. (2026). Postharvest Biology and Technology *S. cerevisiae* NX2320 primes JA / ET signaling and phenylpropanoid metabolism to enhance postharvest resistance of grape fruit against *Botrytis cinerea*: An integrated transcriptome-metabolome study. *Postharvest Biology and Technology*, 232(October 2025), 113997. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2025.113997>
- Primayuri, D., Sundari, D., & Purba, D. P. (2025). Pemanfaatan edible coating berbahan kitosan untuk mencegah (Edible Coating Chitosan as an Antimicrobial to Prevent *Botrytis cinerea* on Cherry Tomatoes). *Jurnal Agroteknologi*, 16(1), 57–64.

- <https://doi.org/10.24014/ja.v16vi1.37944>
- Ren, J., Zheng, P., Yu, J., Zhang, N., Liang, L., Ban, Z., Şen, A., Lu, Y., Chen, C., & Li, X. (2025). Enhancing cold storage quality of 'Muscat Hamburg' grapes: SO₂ slow-release preservative and aroma dynamics. *Food Control*, 178, 111501.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2025.111501>
- Romanazzi, G., Karabulut, O. A., & Smilanick, J. L. (2007). Combination of chitosan and ethanol to control postharvest gray mold of table grapes. 45, 134–140.
<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.01.004>
- Shao, Y., Yin, C., Wu, G., Li, W., Xiang, J., Wang, M., Li, S., Sedjoah, R. A., Abdalmegeed, D., & Xin, Z. (2026). Postharvest Biology and Technology Ketoacylsynthase-driven screening of antifungal *Streptomyces* sp . XH2 and its biocontrol efficacy against *Botrytis cinerea* in table grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 232(October 2025), 113936.
<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2025.113936>
- Sundari, D., Purba, D. P., & Primayuri, D. (2025). Pengaruh perlakuan jangka pendek co₂ tinggi terhadap masa simpan dan perkembangan. *Jurnal Seminar Nasional Integrasi Pertanian Dan Peternakan*, 3(1), 317–325.
- Wu, H., Zhang, Y., Chen, H., Liu, J., Xiu, L., & Huang, J. (2023). Preparation, antioxidant and antibacterial activities of cryptate copper(II)/sulfonate chitosan complexes. *International Journal of Biological Macromolecules*, 231, 123200.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.123200>
- Xu, R., Wang, L., Wang, C., Ju, C., Yang, C., Jia, X., Wang, G., & Yu, S. (2025). *International Journal of Biological Macromolecules Preparation , characterization , biological activity of ' Chuju ' polysaccharides / chitosan and its application on the preservation of red grapes fruit*. 301(June 2024).
- Yuan, X., Li, C., Xie, J., Li, K., Chen, S., Yuan, L., Hu, C., Wang, X., & Zhao, X. (2022). Combination of Selenium and Methyl Jasmonate Controls Postharvest Tomato Gray Mold by Damaging the Membrane System.
- Zhai, S., Guo, H., Sun, T., Gui, M., Chen, J., Cao, J., Yang, W., & Chen, G. (2026). Plant Biotechnology Journal - 2025 - Zhai - 3-Methyl-1-Butanol Enhances Postharvest Resistance of Red Grapes to *Botrytis*.pdf. *Plant Biotechnology Journal*, 24, 2673–2684.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/pbi.70517>
- Zhang, Y., Wu, P., Duan, X., Lv, S., Zhang, S., Shen, S., Guo, J., Liu, D., Liu, Y., & Zhao, X. (2025). International Journal of Food Microbiology Microencapsulated *Saccharomyces cerevisiae* NX2320 via fluidized bed drying suppresses *Botrytis cinerea* in grapes: Cell membrane disruption and oxidative stress as key antifungal mechanisms. *International Journal of*

Food Microbiology, 441(May), 111321.
<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2025.111321>

Zhu, X., Yang, P., Zeng, Y., Chen, L., & Guo, X. (2025). An antimicrobial packaging film based on a copolymer of lipoic acid-quaternary ammonium

salt derivative and chitosan for its utilization in the preservation of grapes. *Food Research International*, 220(July), 117162.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.117162>