

**UJI JENIS BAHAN PELAPIS BUAH SEBAGAI PERLAKUAN
PASCAPANEN TERHADAP 2 KLON NANAS (*Ananas comosus* L. Merr.)
BERPOTENSI EKSPOR**

Tesis

Oleh

AHMAD ZIAURRAHMAN

NPM 2024012002



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

**UJI JENIS BAHAN PELAPIS BUAH SEBAGAI PERLAKUAN
PASCAPANEN TERHADAP 2 KLON NANAS (*Ananas comosus* L. Merr.)
BERPOTENSI EKSPOR**

Oleh

AHMAD ZIAURRAHMAN

Tesis

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
MAGISTER PERTANIAN**

Pada

**Program Studi Pascasarjana Magister Agronomi
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

UJI JENIS BAHAN PELAPIS BUAH SEBAGAI PERLAKUAN PASCAPANEN TERHADAP 2 KLON NANAS (*Ananas comosus* L. Merr.) BERPOTENSI EKSPOR

Oleh

AHMAD ZIAURRAHMAN

Mempertahankan umur simpan nanas segar merupakan tantangan yang signifikan saat memasuki pasar. Salah satu cara untuk menjaga kualitas buah selama penyimpanan adalah pelapisan, namun bahan yang dibutuhkan untuk proses ini masih sangat bergantung pada produk impor. Hal ini menunjukkan bahwa ada kebutuhan untuk mengembangkan alternatif dari sumber daya lokal yang tersedia. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui respon klon nanas GP3 dan MD2 terhadap bahan pelapis yang berbeda sebagai perlakuan pascapanen, antara lain Sta-Fresh 2952, OE6012, *palm stearin*, dan chitosan. Semua perlakuan disimpan pada suhu 7°C dan diamati pada hari ke 0, 7, 14, 21, 28, dan 35. Hasil penelitian menunjukkan bahwa klon GP3 lebih rentan terhadap gangguan *internal browning* (IB) sehingga terjadi lebih awal pada hari ke 14 dibandingkan dengan MD2. Nanas klon GP3 juga memiliki nilai °Brix sebesar 13,9% dan kandungan vitamin C sebesar 52 ppm pada akhir penyimpanan, jauh lebih rendah dibandingkan dengan MD2 yang masing-masing sebesar 16,4% dan 586 ppm. Berdasarkan temuan tersebut, disimpulkan bahwa kualitas klon GP3 tidak layak untuk dikonsumsi sebagai buah nanas segar untuk pengiriman ekspor yang membutuhkan waktu pengiriman lebih dari 2 minggu, namun untuk pengiriman pasar lokal masih dapat dipertimbangkan. Selain itu, pelapisan tidak mampu mencegah gangguan IB atau mempengaruhi laju respirasi, tetapi memiliki efek yang signifikan terhadap penurunan bobot buah. Perlakuan Sta-Fresh 2952 secara konsisten mengurangi penurunan bobot buah sebesar 11,8% selama 35 hari umur simpan.

Kata kunci: *Internal browning*, nanas, pascapanen, pelapisan, umur simpan.

ABSTRACT

TEST OF FRUIT COATING AS POST-HARVEST TREATMENT OF 2 PINEAPPLE CLONES (*Ananas comosus* L. Merr) WITH EXPORT POTENTIAL

By

AHMAD ZIAURRAHMAN

The preservation of fresh pineapple shelf life poses a significant challenge when entering the market. One way to maintain the quality of the fruits during storage is coating, but the materials required for this process are still very dependent on imported products. This indicates that there is a need to develop alternatives from locally available resources. Therefore, this study aims to determine responses of GP3 and MD2 pineapple clones to different coating materials as post-harvest treatments, including Sta-Fresh 2952, OE6012, palm stearin, and chitosan. All the treatments were stored at 7°C and observed on days 0, 7, 14, 21, 28, and 35. The results showed that GP3 clones was more susceptible to internal browning (IB) disorders, leading to an early on day 14 compared to MD2. Furthermore, it showed a °Brix value of 13.9% and vitamin C content of 52 ppm at the end of storage, which were significantly lower compared to MD2 with 16.4% and 586 ppm, respectively. Based on these findings, it was concluded that the quality of GP3 clones was not suitable for consumption as fresh pineapple for export shipments that require a delivery time of more than 2 weeks, however for local market deliveries can still be considered. Furthermore, the coating were not able to prevent IB disorders or affect respiration rate, but they had significant effects on fruit weight loss. The Sta-Fresh 2952 treatment consistently reduced weight loss by 11.8% over 35 days of shelf life.

Keywords: Coating, internal browning, pineapple, post-harvest, shelf life.

Judul Tesis : **UJI JENIS BAHAN PELAPIS BUAH
SEBAGAI PERLAKUAN PASCAPANEN
TERHADAP 2 KLON NANAS (*Ananas
comosus* L. Merr.) BERPOTENSI EKSPOR**

Nama Mahasiswa : Ahmad Ziaurrahman

Nomor Pokok Mahasiswa : 2024012002

Program Studi : Magister Agronomi

Fakultas : Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



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

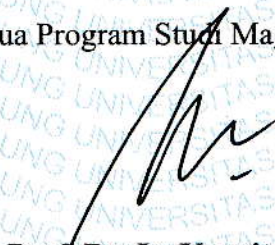


Dr. Ir. Agus Karyanto, M.Sc.
NIP 196108201986031002



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

2. Ketua Program Studi Magister Agronomi

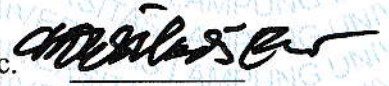


Prof. Dr. Ir. Yusnita, M.Sc.
NIP 196108031986032002

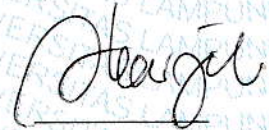
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

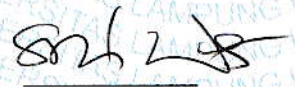
Ketua : Prof. Dr. Ir. Soesiladi Esti Widodo, M.Sc.



Sekretaris 1 : Dr. Ir. Agus Karyanto, M.Sc.



Sekretaris 2 : Ir. Sri Waluyo, S.T.P., M.Si., Ph.D., IPU.



Penguji : Prof. Dr. Ir. Muhammad Kamal, M.Sc.



2. Dekan Fakultas Pertanian

Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 196110201986031002

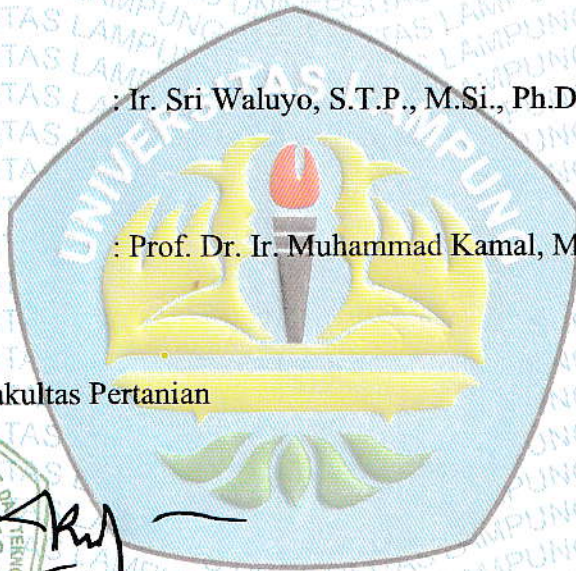


3. Direktur Program Pascasarjana

Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.S.
NIP. 197104151998031005



Tanggal Lulus Ujian Tesis: 2 Agustus 2023



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa tesis saya yang berjudul **“UJI JENIS BAHAN PELAPIS BUAH SEBAGAI PERLAKUAN PASCAPANEN TERHADAP 2 KLON NANAS (*Ananas comosus* L. Merr.) BERPOTENSI EKSPOR”** merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam tesis ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari tesis ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 31 Oktober 2023


Anmaq Ziaurrahman
2024012002

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur dan atas ridho Allah Subhanahu Wa Ta'ala,

Karya ini kupersembahkan kepada:

Keluargaku tercinta, istriku, putra & putriku, seluruh sanak saudara dan almarhum kedua orang tuaku yang selalu membantu dan melantunkan namaku dalam setiap do'a.

Serta Almamater Tercinta

Magister Agronomi

Fakultas Pertanian

Universitas Lampung

“Barangsiapa yang menempuh jalan untuk menuntut ilmu, Allah ta'ala akan mudahkan baginya jalan menuju surga (HR. Muslim no.2699)”

SANWACANA

Alhamdulillah, puji syukur Penulis panjatkan ke hadirat Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* atas segala nikmat, karunia, serta hidayah yang diberikan sehingga Penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Sholawat beriring salam senantiasa diberikan kepada Nabi Muhammad *Shallallahu Alaihi Wasallam*.

Dalam penyusunan tesis ini Penulis banyak mendapat bantuan baik materil, ilmu, bimbingan, dan saran dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini, Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung;
4. Ibu Prof. Dr. Ir. Yusnita, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Magister Agronomi sekaligus dosen Pembimbing Akademik. Terimakasih atas ide, saran, waktu, dan motivasi yang diberikan dari awal Penulis menempuh pendidikan hingga Penulis dapat menyelesaikan tesis;
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Soesiladi Esti Widodo, M.Sc., selaku dosen Pembimbing Pertama yang telah memberikan ide, saran, waktu, motivasi, nasihat, bimbingan, kesabaran dan kebaikan hati kepada Penulis sehingga Penulis dapat menyelesaikan tesis;
6. Bapak Dr. Ir. Agus Karyanto, M.Sc., selaku dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan nasihat, saran, kritik, waktu, motivasi, bimbingan, dan kebaikan hati dalam menyelesaikan tesis;

7. Bapak Ir. Sri Waluyo, S.TP., M.Si., Ph.D., IPU., selaku dosen Pembimbing Ketiga yang telah memberikan nasihat, saran, kritik, waktu, motivasi, bimbingan, dan kebaikan hati dalam menyelesaikan tesis;
8. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Kamal, M.Sc., selaku dosen Penguji yang telah memberikan kritik, saran, dan kebaikan hati dalam membantu menyelesaikan tesis;
9. Penulis menyampaikan terimakasih yang sangat besar kepada keluarga tersayang Istriku Qorinatul Khasanah dan anak-anakku Qaysa Syakira Rahmani dan Zafran Asyam atas curahan kasih sayang yang tiada tara, dan kesabaran dalam mendampingi kehidupan Penulis;
10. Rekan-rekan kerja di riset terkhusus team riset nanas yang ada di PG4 baik peneliti maupun mandor dan tenaga kerja yang turut membantu kelancaran penelitian;
11. Teman-teman Magister Agronomi angkatan 2020, yang telah memberi motivasi, bantuan, perhatian, kebersamaan dan kebaikan hati selama perkuliahan;
12. Almamater tercinta Universitas Lampung.

Penulis berharap semoga Allah *Subhanahu wa ta'ala* memberikan balasan atas kebaikan dan bantuan yang telah diberikan dan semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca.

Bandar Lampung, 31 Oktober 2023
Penulis,

Ahmad Ziaurrahman
2024012002

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah.....	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Kerangka Pemikiran	4
1.4 Hipotesa	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Botani Nanas (<i>Ananas comosus</i> L. Merr.).....	7
2.2 Pelapisan Buah / <i>Waxing</i>	8
2.3 Sta-Fresh 2952	9
2.4 OE6012	10
2.5 Stearin Kelapa Sawit.....	10
2.6 Chitosan	11
2.7 <i>Internal Browning</i>	12
2.8 Suhu Penyimpanan	12
2.9 Respirasi.....	15
III. METODE PENELITIAN	16
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	16
3.2 Rancangan Penelitian.....	16
3.3 Waktu Pengamatan	17
3.4 Pembuatan <i>Coating</i> Berbasis Palm Wax / Stearin dan Chitosan.....	17
3.5 Metode Pengamatan Parameter	17
3.5.1 Pengukuran laju respirasi	18
3.5.2 Susut bobot	19
3.5.3 Pengukuran °Brix	19
3.5.4 Pengukuran <i>acidity</i>	20
3.5.5 Pengukuran vitamin C	20
3.5.6 Pengukuran, glukosa, sukrosa dan fruktosa	21
3.5.7 Pengukuran <i>internal browning</i>	21
3.5.8 Pengukuran gambaran pelapisan buah nanas	21
3.5.9 <i>Thermal image</i>	22

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Laju Respirasi	25
4.2 Susut Bobot.....	26
4.3 Nilai °Brix.....	28
4.4 <i>Acidity</i>	29
4.5 Vitamin C.....	30
4.6 Sukrosa, Glukosa dan Fruktosa	32
4.7 <i>Thermal image</i>	34
4.8 Pengukuran <i>internal browning</i>	36
4.9 Pengukuran Gambaran Pelapisan Buah Nanas.....	39
4.10 Interaksi Faktor	41
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	42
5.1 Simpulan	42
5.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN.....	49
HASIL ANALISIS STATISTIKA.....	53

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Pengaruh perlakuan dan interaksi yang diterapkan terhadap °Brix, <i>acidity</i> , susut bobot, respirasi, vitamin C dan <i>internal browning</i> pada akhir umur simpan.....	41
2. Nilai rerata pengaruh pelapisan buah pada laju respirasi pada 2 klon nanas selama 35 hari penyimpanan di suhu 7 °C	49
3. Nilai rerata pengaruh pelapisan buah pada persentase susut bobot pada 2 klon nanas selama 35 hari penyimpanan di suhu 7 °C	49
4. Nilai rerata °Brix pada 2 klon nanas selama 35 hari penyimpanan di suhu 7 °C	50
5. Nilai rerata <i>acidity</i> pada 2 klon nanas selama 35 hari penyimpanan di suhu 7 °C	50
6. Nilai rerata kandungan vit.C pada 2 klon nanas selama 35 hari penyimpanan di suhu 7 °C	51
7. Nilai rerata kandungan sukrosa, glukosa dan fruktosa pada 2 klon nanas di awal dan akhir pengamatan pada penyimpanan di suhu 7 °C	51
8. Nilai rerata temperatur pada 2 klon nanas pada 2 klon nanas selama 35 hari penyimpanan di suhu 7 °C	52
9. Nilai rerata kejadian <i>internal browning</i> 2 klon nanas selama 35 hari penyimpanan di suhu 7 °C	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tampilan <i>internal browning</i> di dalam lingkaran merah pada buah nanas	12
2. Ilustrasi pengukuran laju respirasi buah nanas.....	18
3. Ilustrasi analisa Scanning Electron Mikroskop (SEM) pada buah nanas yang tidak dilapisi <i>coating</i> (kiri) dan telah dilapisi <i>coating</i> (kanan)	22
4. Ilustrasi kamera FLIR E4 (kiri) dan pengukuran suhu <i>thermal</i> pada buah nanas (kanan).....	23
5. Analisis TI buah nanas untuk mendapatkan data suhu rerata	24
6. Perubahan laju respirasi buah 2 klon nanas (a) dan buah yang diberi pelapis (b) selama 35 hari penyimpanan di suhu 7 °C	26
7. Perubahan persentase susut bobot buah 2 klon nanas (a) dan buah yang diberi pelapis (b) selama 35 hari penyimpanan di suhu 7 °C	27
8. Perubahan total padatan terlarut (°Brix) buah 2 klon nanas (a) dan buah yang diberi pelapis (b) selama 35 hari penyimpanan di suhu 7 °C	28
9. Perubahan nilai keasaman buah 2 klon nanas (a) dan buah yang diberi pelapis (b) selama 35 hari penyimpanan di suhu 7 °C.....	30
10. Perubahan kandungan vitamin C buah 2 klon nanas (a) dan buah yang diberi pelapis (b) selama 35 hari penyimpanan di suhu 7 °C.....	31
11. Perubahan kandungan sukrosa buah 2 klon nanas (a) dan buah yang diberi pelapis (b) selama 35 hari penyimpanan di suhu 7 °C.....	32
12. Perubahan kandungan glukosa buah 2 klon nanas (a) dan buah yang diberi pelapis (b) selama 35 hari penyimpanan di suhu 7 °C.....	33
13. Perubahan kandungan fruktosa buah 2 klon nanas (a) dan buah yang diberi pelapis (b) selama 35 hari penyimpanan di suhu 7 °C.....	34
14. Perubahan <i>thermal</i> buah 2 klon nanas (a) dan buah yang diberi pelapis (b) selama 35 hari penyimpanan di suhu 7 °C	35

15. Kondisi foto <i>thermal</i> buah nanas setelah disimpan selama 35 hari	36
16. Perubahan skala <i>internal browning</i> buah 2 klon nanas (a) dan buah yang diberi pelapis (b) selama 35 hari penyimpanan di suhu 7 °C	37
17. Kondisi daging buah nanas setelah disimpan selama 35 hari (tidak terdapat <i>internal browning</i>)	38
18. Kondisi daging buah nanas setelah disimpan selama 35 hari (terdapat <i>internal browning</i> dalam lingkaran merah)	39
19. Tampilan hasil pelapisan berbagai bahan pada pembesaran 200X menggunakan <i>Scanning Electron Microscope</i>	40

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Nanas (*Ananas comosus* L Merr.) adalah salah satu tanaman dari famili Bromeliaceae. Buah ini merupakan salah satu buah tropis yang paling penting di dunia, jumlah produksinya dapat mencapai 20% dari buah tropis dunia (Lobo dan Paull, 2017). Salah satu negara yang memproduksi nanas terbesar di dunia adalah Indonesia yang menempati posisi kedua setelah Kosta Rica di tahun 2021. Jumlah produksi nanas Indonesia naik sebesar 21,7% dari tahun 2018 dengan total produksi di tahun 2019 sebesar 2.196.456 ton buah (Yolanda, 2021). Pada tahun 2020 produksi nanas di Indonesia mencapai 2.447,24 ribu ton. Produksi ini meningkat 11,42% jika dibandingkan tahun sebelumnya. Hampir seluruh wilayah Indonesia merupakan daerah penghasil nanas karena didukung oleh iklim tropis yang sesuai. Provinsi dengan produksi nanas terbesar yaitu Lampung, Jawa Tengah, dan Jawa Barat. Lampung berkontribusi sebesar 27,07% terhadap produksi nasional (Fakhriandi, 2021).

Terbukanya peluang pasar nanas segar Indonesia ke manca negara perlu dimanfaatkan untuk perluasan dan pengembangan usaha. Dengan mempertimbangkan hal tersebut ditambah juga memperhatikan efektifitas pengembangan usaha perusahaan Great Giant Pineapple ke depannya, maka penggunaan klon nanas GP3 yang saat ini digunakan untuk memproduksi nanas kaleng dirasa perlu dicoba untuk merambah pangsa pasar nanas segar. Hal ini karena selain memiliki produktifitas yang cukup tinggi dan juga mudah untuk diolah sebagai nanas kaleng, nanas klon GP3 yang merupakan kultivar nanas

'*Smooth Cayenne*' memiliki kelebihan lain seperti halnya lebih toleran terhadap penyakit *Phytophthora* sp. dan juga *fruit collapse* yang disebabkan oleh *Erwinia chrysanthemi* Burkbolder. Sedangkan nanas MD2 lebih tahan terhadap *internal browning* (IB), tetapi rentan terhadap *fruitlet core rot* dan lebih sensitif terhadap *Phytophthora* daripada '*Smooth Cayenne*' (Bartholomew, 2002). Nanas MD2 merupakan salah satu klon nanas yang paling laku di industri saat ini, karena lebih baik dalam beberapa kualitas, di antaranya warna kuning cerah seragam, rasa lebih manis, kandungan vitamin C yang tinggi, serat lebih rendah, keasaman lebih rendah, kulit lebih tipis dan umur simpan lebih lama (Bin Thalip *et al.*, 2015). IB merupakan gejala khas pascapanen *chilling injury* (CI) pada buah nanas. Kerusakan akibat CI merupakan gangguan fisiologis kompleks yang terjadi pada buah tropis dan subtropis, termasuk nanas, setelah terpapar suhu rendah (0 – 20 °C). Gejala ini ditandai dengan munculnya bercak kecoklatan di dekat inti buah (Paull, 1999). Tingkat keparahan CI bergantung pada suhu dan durasi paparan. Gejala CI pada nanas dimulai setelah penyimpanan 1-3 minggu pada suhu di bawah 12 °C diikuti dengan pemindahan ke suhu kamar.

Buah nanas yang sudah dipetik masih dapat dikatakan benda hidup karena masih melakukan proses metabolisme seperti proses respirasi. Umur simpan buah akan lebih singkat apabila proses respirasi ini tidak ditekan. Salah satu cara yang dapat digunakan dalam mengatasi agar buah dapat bertahan lama pada saat penyimpanan adalah dengan cara pelapisan buah/*coating*.

Coating merupakan suatu proses pelapisan permukaan buah dengan menggunakan emulsi pelapisan buah guna mempertahankan kualitas dan memperpanjang umur simpannya. Pelapisan buah merupakan usaha penundaan kematangan yang bertujuan untuk memperpanjang umur simpan produk hortikultura. Pemberian lapisan lilin ini bertujuan untuk mencegah terjadinya kehilangan air yang terlalu banyak dari komoditas akibat penguapan sehingga dapat memperlambat kelayuan karena lapisan lilin menutupi sebagian stomata (pori-pori) buah-buahan dan sayur-sayuran, mengatur kebutuhan oksigen untuk respirasi sehingga dapat mengurangi kerusakan buah yang telah dipanen akibat proses respirasi, dan

menutupi luka-luka goresan kecil pada buah. Pelapisan buah dapat mencegah kehilangan air 30 – 50 % dari kondisi umum. Konsentrasi lilin yang semakin tinggi menutupi permukaan buah, akan mencegah kehilangan air akibat transpirasi, sehingga persentase susut bobot kecil. Semakin tingginya konsentrasi lilin mengakibatkan semakin kecilnya rongga udara dalam memperlambat proses respirasi, oksidasi, dan degradasi klorofil, dengan demikian perubahan warna buah semakin lambat.

Saat ini penggunaan pelapisan buah di berbagai perusahaan masih sangat bergantung pada produk impor seperti Sta-Fresh 2952 (yang diklaim sebagai *biodegradable plant-based solution*, JBT, 2021) dan *Wax Emulsion OE-6012*, sehingga diperlukan alternatif bahan yang bisa diproduksi secara mandiri dan mudah diperoleh. Dalam penelitian ini, bahan baku yang digunakan berasal dari stearin yang merupakan produk turunan sawit sebagai bahan baku utama. Indonesia merupakan produsen minyak sawit terbesar di dunia dengan produksi sebesar 42,5 juta ton pada tahun 2019 (Mc. Carthy, 2020), sehingga bahan baku pembuatan *coating* alternatif tersebut relatif mudah diperoleh.

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk

1. Mengetahui potensi klon nanas GP3 untuk diproduksi sebagai nanas segar seperti MD2;
2. Membandingkan bahan *coating* terbaik untuk pelapisan buah terhadap kualitas masing-masing klon nanas;
3. Mengetahui adanya interaksi antar-perlakuan klon nanas dan pelapis buah yang diberikan.

1.3 Kerangka Pemikiran

Nanas klon GP3 di PT. GGP merupakan kultivar nanas '*Smooth Cayenne*' yang saat ini digunakan untuk pengalengan nanas. Tingginya permintaan nanas segar menjadikan klon GP3 perlu mencoba memasuki pasar nanas segar. Nanas GP3 memiliki karakteristik yang cukup memenuhi syarat untuk pengiriman buah *export* seperti bebas cacat, warna kematangan luar yang hijau ke kuningan, warna daging buah kuning cerah, dan kadar gula minimal 12 persen (UNECE, 2023) dan juga memiliki produktifitas yang tinggi, akan tetapi kultivar nanas '*Smooth Cayenne*' kurang tahan terhadap *internal browning*. Klon nanas yang dikenal lebih tahan terhadap *internal browning* ialah klon MD2, dan saat ini sebagian besar diproduksi untuk didistribusikan sebagai nanas segar. Menurut Taniguchi *et al.* (2018), kandungan gula dan keasaman dari nanas MD2, yang dikembangkan oleh Pineapple Research Institute of Hawaii, rata-rata 1–2 % lebih tinggi daripada '*Smooth Cayenne*' dan memiliki nilai keasamannya yang juga lebih rendah pada semua musim di Hawaii.

Internal browning dapat disebabkan oleh penurunan suhu penyimpanan dari temperatur ruang pendingin ke temperatur ruangan, yang dapat menyebabkan kerusakan pada daging buah. *Internal browning* dapat mempengaruhi penampilan buah saat dibelah. Hal ini dipengaruhi oleh aktivitas enzim polifenol oksidase (PPO) yang dapat menyebabkan daging buah nanas berwarna kecoklatan.

Perlakuan pemberian pelapisan buah diperlukan untuk memperpanjang umur simpan buah. Pelapisan buah dapat menutup pori-pori kulit buah sehingga dapat meminimalisir proses keluar masuknya gas, air, dan komponen lainnya. Berdasarkan penelitian Youryon *et al.* (2018), buah nanas yang tidak diberikan perlakuan pelapisan mengandung enzim *phenylalanine ammonium acylase* (PAL) yang normalnya menghasilkan senyawa fenolik. Fenol adalah substrat untuk aktivitas enzim PPO, yang dapat menyebabkan terjadinya kemunculan *internal browning* (Hong *et al.*, 2013).

Pemberian lapisan *coating* pada permukaan kulit buah nanas mengakibatkan berkurangnya proses metabolisme buah, sehingga dapat meningkatkan konsentrasi CO₂ internal dan menurunkan konsentrasi O₂. Hal ini mengakibatkan proses respirasi akan semakin menurun dan berdampak pada semakin lamanya buah tersebut dapat disimpan. Selain menurunnya laju respirasi buah, *coating* juga dapat menurunnya laju transpirasi buah yang berkaitan dengan penyusutan bobot buah. Pemberian bahan *coating* juga dapat mengontrol parameter kualitas buah lainnya seperti pematangan buah dengan menunda perubahan warna kulit buah.

Stearin adalah fraksi *crude palm oil* yang berwujud padat. Minyak kelapa sawit diperoleh dari ekstrak mesokarp buah kelapa sawit dan mengandung sedikit air serta serat halus berwarna kuning hingga merah dan berbentuk setengah padat. Minyak sawit ini terdiri dari fraksi padat dan fraksi cair dengan perbandingan seimbang. Stearin sawit adalah fraksi minyak sawit yang lebih keras dan mengandung proporsi asam lemak jenuh dengan titik leleh 48–50 °C yang lebih tinggi. Stearin kelapa sawit sendiri dikenal dapat membantu menjaga struktur dan bentuk produk selama fluktuasi suhu penyimpanan terjaga, sehingga mengurangi penurunan susut bobot, memperlambat pemasakan, dan mengurangi oksidasi yang menyebabkan *internal browning* (Pande *et al.*, 2012).

Penggunaan stearin sebagai pelapis buah ditujukan untuk memperpanjang umur simpan dan meningkatkan kualitas produk pangan serta merupakan bahan biodegradable yang lebih ramah lingkungan. Pada penelitian Fauziati *et al.* (2016), penggunaan stearin sebagai bahan pelapis pada buah jeruk dengan dosis 0,1% yang dikombinasikan dengan gelatin dengan jumlah 2-gram memperoleh hasil terbaik untuk mempertahankan kandungan vitamin C sebesar 40,3 mg/100 g dan dapat mempertahankan antioksidan hingga 12 hari dengan kandungan antioksidan 74,7%. Penggunaan stearin untuk melapisi buah ini diharapkan mampu menggantikan pelapis buah nanas yang selama ini digunakan.

Kombinasi klon yang berbeda dan berbagai jenis pelapis buah diharapkan adanya interaksi antara klon nanas dan jenis pelapis buah pada berbagai variabel yang

diamati, stearin kelapa sawit sendiri diketahui dapat menjaga struktur dan bentuk produk selama fluktuasi suhu penyimpanan (Pande *et al.*, 2012). Penelitian yang telah dilakukan Resende *et al.* (2018), menunjukkan bahwa penggunaan coating berbahan chitosan berfungsi sebagai membran semipermeabel yang dapat menjadi penghalang terhadap gas, kebocoran air, sehingga menurunkan laju respirasi, pencoklatan enzimatik, dan pelepasan senyawa volatil ke lingkungan sekitar. sehingga dapat mengoptimalkan potensi klon nanas untuk dijadikan buah segar dan memaksimalkan masa simpan buah dengan penggunaan pelapis buah terbaik.

1.4 Hipotesa

Berdasarkan dari latar belakang dan kerangka pemikiran pada penelitian ini maka hipotesa yang diajukan dalam penelitian ini adalah:

1. Klon GP3 berpotensi sebagai alternatif nanas segar seperti MD2;
2. *Coating* alternatif berbasis *palm stearin* dapat dijadikan alternatif bahan untuk pelapisan buah nanas ekspor menggantikan bahan *coating* yang digunakan saat ini;
3. Terdapat interaksi antara perlakuan klon nanas dan pelapis buah yang diberikan terhadap kualitas buah selama masa simpan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Botani Nanas (*Ananas comosus* L. Merr.)

Tanaman nanas (*Ananas comosus* L. Merr.) merupakan salah satu tanaman dari famili Bromeliaceae. Tanaman ini merupakan tanaman tropis dan tumbuh baik di iklim yang cukup hangat (16-33 °C) dengan curah hujan yang rendah namun teratur berkisar antara 1.000 – 1.500 mm per tahun dan kelembapan udara antara 70-80 %. Tanaman nanas ini akan tumbuh dengan baik pada tanah yang memiliki pH antara 4,5 – 5,5. Tanaman nanas dapat tumbuh hingga ketinggian 1–2-meter dengan panjang batang 20-25 cm dan berdiameter 5-8 cm yang berbentuk silinder dengan dikelilingi oleh daun sebanyak 68-82 helai. Perbanyakan yang umumnya dilakukan pada tanaman nanas saat ini melalui perbanyakan vegetatif, sehingga penggolongan kultivar tanaman nanas dikategorikan pada klon. Pembiakan vegetatif pada tanaman nanas dapat menggunakan beberapa bagian dari tanaman tersebut di antaranya: tunas batang (*sucker*), tunas tangkai (*slip*), mahkota buah (*crown*) dan potongan batang (*mother plant*) tanaman nanas (Bartholomew, 2002).

Penggolongan kultivar unggul pada tanaman nanas yang umumnya diketahui terdiri dari 3 golongan besar yaitu *Smooth Cayenne*, *Queen*, dan *Spanish*. Kultivar *Smooth Cayenne* biasanya digunakan sebagai buah kalengan. Ciri kelompok ini adalah tepi daun tidak berduri, atau duri hanya terletak pada bagian ujung daun, mata lebar, daging buah berwarna kuning pucat, dan tembus cahaya (transparan), serta mengandung banyak air. Kultivar *Queen* banyak dikonsumsi dalam bentuk segar. Ciri kelompok ini adalah tepi daun berduri, buah berukuran

kecil, mata kecil dan menonjol, daging buah berwarna kuning keemasan, renyah (crispy), serta tidak transparan. Kultivar *Spanish* mempunyai ciri, antara lain: daun berduri dengan warna duri merah atau hijau, mata datar dan lebih lebar dibandingkan dengan *Smooth Cayenne*, daging buah mengandung banyak air, berserat, dan transparan, serta rasa kurang manis dibandingkan dengan *Smooth Cayenne* dan *Queen* (Hadiati dan Indriyani, 2008).

2.2 Pelapisan Buah / Waxing

Pengembangan *edible coating* untuk memperpanjang umur simpan buah dan sayuran segar telah menjadi salah satu tujuan terpenting dari industri pascapanen (Vargas *et al.*, 2008). Pengertian *edible coating* adalah bahan yang digunakan pada permukaan makanan untuk membungkus atau melapisi dan aman apabila dikonsumsi bersama dengan pangan tersebut (Pham *et al.*, 2023). Pelapis ini digunakan untuk mengontrol transportasi kelembapan dan permeabilitas O₂ dan CO₂ dan untuk mengurangi kerusakan buah yang telah dipanen akibat proses respirasi, meningkatkan sifat penanganan mekanis dengan membantu menjaga integritas struktural komoditas yang dilapisi, mempertahankan senyawa rasa yang mudah menguap dan dapat membawa aditif makanan seperti agen antimikroba dan antioksidan. (Vargas *et al.*, 2008). Pelapisan juga dapat mengurangi resiko infeksi penyakit dan kontaminasi mikroba pada bahan yang diberi pelapis (Shafiei and Mostaghim, 2022).

Sebagian besar pelapis dibuat dalam bentuk cair sehingga meningkatkan luas permukaan dan dapat menyebar merata ke tubuh buah. Pelapis ini membentuk lapisan yang tahan terhadap perubahan besar faktor-faktor yang menyebabkan pematangan berlebihan dan penuaan sehingga menghindari serapan oksigen yang mempengaruhi kualitas dan pembusukan produk (Pandya *et al.*, 2023).

Pemberian lapisan lilin ini penting juga untuk menutupi luka-luka goresan kecil pada buah. Keuntungan lainnya yang diberikan lapisan lilin pada buah adalah dapat memberikan penampilan yang lebih menarik karena memberikan kesan

mengkilat pada buah dan menjadikan produk dapat lebih lama diterima oleh konsumen.

Dengan demikian, lapisan lilin dapat menekankan respirasi dan transpirasi yang terlalu cepat dari buah-buahan dan sayur-sayuran segar (Ahmad *et al.*, 2014).

Emulsi lilin yang dapat digunakan sebagai bahan pelapisan lilin harus memenuhi beberapa persyaratan, yaitu tidak memengaruhi bau dan rasa yang akan dilapisi, mudah kering dan jika kering tidak lengket, tidak mudah pecah, mengkilat dan licin, tidak menghasilkan permukaan yang tebal, mudah diperoleh, murah harganya, dan yang terpenting tidak bersifat racun (Ahmad *et al.*, 2014).

Tebal lapisan lilin harus seoptimal mungkin, jika lapisan terlalu tipis maka usaha dalam menghambatkan respirasi dan transpirasi kurang efektif. Pelapisan lilin yang terlalu tebal menyebabkan hampir keseluruhan pori-pori komoditi akan tertutup. Pemberian lapisan lilin dapat dilakukan dengan penghembusan, penyemprotan, pencelupan (30 detik) atau pengolesan (Ahmad *et al.*, 2014). Menurut Li *et al.* (2018), *waxing* dapat secara efektif mengontrol pematangan buah dengan menunda perubahan warna buah, menurunkan laju respirasi dan produksi etilen, mengurangi kandungan asam organik, dan menghilangkan gejala kecoklatan internal buah nanas.

2.3 Sta-Fresh 2952

Produk Sta-Fresh merupakan produk pelapis buah komersial yang diproduksi oleh JBT Food Tech USA yang sebelumnya disebut FMC *Technologies Inc.* Produk tersebut merupakan hasil pengembangan produk lilin buah berbasis sayuran yang aman apabila bersentuhan langsung dengan makanan dan diperuntukkan untuk melapisi buah nanas. Tampilan produk ini adalah berbentuk gel berwarna buram dan berminyak yang mengandung asam lemak sorbitan makanan dan sayuran.

Pelapisan buah dengan bahan Sta-Fresh dilaporkan memberikan perlindungan yang sangat baik dengan mengendalikan dehidrasi, menunda perkembangan warna buah, serta menghasilkan rasa dan kekencangan maksimum. Produk ini

juga merupakan produk telah diizinkan untuk digunakan dalam ekspor ke pasar Jepang dan Korea (JBT, 2021). Menurut Hu *et al.* (2012), perlakuan wax Sta-Fresh 2952 dengan dosis 60 g/L pada pelapisan buah nanas, mampu menurunkan gejala *blackheart* setelah 14 hari penyimpanan di suhu dingin dan juga memperlambat perubahan warna dan tingkat kekerasan daging buah dan susut bobot buah selama masa penyimpanan. Pemberian lapisan wax Sta-Fresh 2952 dapat lebih baik pada konsentrasi 65 g/L, sedangkan konsentrasi yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan respirasi anaerob yang menyebabkan rasa tidak enak dan mempercepat kerusakan sel (Lin, 2013).

2.4 OE6012

Produk waxing OE6012 merupakan produk pelapis buah komersial yang diproduksi oleh Nanjing Tianshi New Material Technologies Co., Ltd di Nanjing, China. Produk ini memiliki karakteristik bahan yang berasal dari lilin parafin anionik dan emulsi lilin polietilen dengan efek yang baik untuk meningkatkan ketahanan terhadap air dan gores, serta pelapis yang anti lengket. Produk waxing OE6012 digunakan dalam pelapisan buah-buahan dan sayuran dalam mengontrol kandungan air, membentuk lapisan pelindung pada permukaan buah, memperpanjang umur simpan, membuat tampilan menjadi lebih mengkilap dan mengurangi penyusutan bobot buah (Tianshi, 2023).

2.5 Stearin Kelapa Sawit

Stearin sawit adalah fraksi minyak sawit yang lebih keras, mengandung proporsi asam lemak jenuh dengan titik leleh 48–50 °C yang cukup tinggi. Stearin sawit juga membantu menjaga struktur dan bentuk produk selama fluktuasi suhu penyimpanan (Pande *et al.*, 2012). Menurut Augusta *et al.* (2021), perlakuan *palm stearin* sebagai pelapis pada buah pisang, mampu menurunkan susut bobot secara signifikan dan juga mempertahankan kandungan asam askorbat pada buah. Perlakuan stearin sebagai *edible coating* pada buah tomat juga dapat memperlambat terjadinya perubahan warna dengan penghambatan laju respirasi akibat penetrasi CO₂ dan O₂ (Prasetyo dan Sahfitra, 2022).

2.6 Chitosan

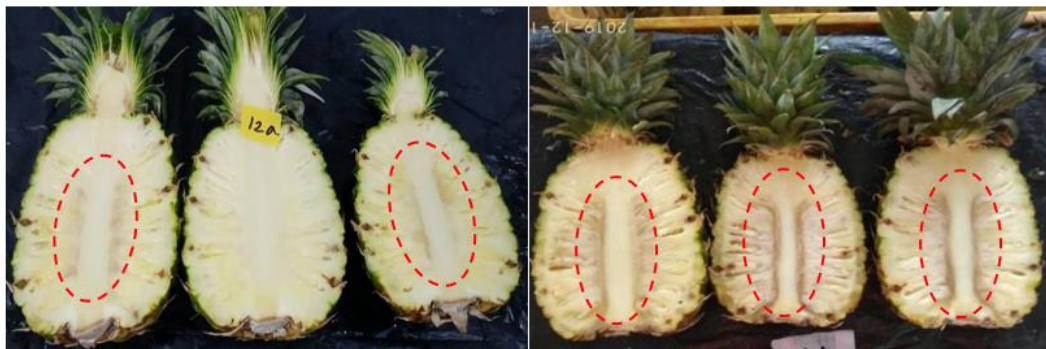
Chitosan merupakan polisakarida bermuatan positif yang terdiri dari unit N-asetil d-glukosamin dan d-glukosamin yang dapat digunakan sebagai biopolimer berkelanjutan yang menjanjikan untuk pelapisan aktif buah. (Basumatary *et al.*, 2022). Chitosan dapat dibuat dengan cara menghidrolisis kitin dengan menggunakan basa kuat sehingga terjadi deasetilasi dari gugus asetamida (NH-COCH₃) menjadi gugus amino (NH₂) (Savitri *et al.*, 2010). Chitosan merupakan produk awal dari proses deasetilasi kitin yang memiliki sifat unik, sehingga dapat digunakan untuk berbagai keperluan, seperti sebagai bahan pelapis alami produk makanan yang dapat dimakan, yang berfungsi sebagai penghalang terhadap kelembapan dan oksigen penyebab terjadinya transpirasi dan respirasi (Henriette *et al.*, 2010). Penggunaan chitosan sebagai bahan pelapis juga dapat memperpanjang masa simpan, mengontrol kerusakan buah dan menurunkan kecepatan respirasi. Pengaplikasian chitosan pada buah dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti dicelupkan, direndam dan disemprot (Morhsed *et al.*, 2011).

Menurut Ikram *et al.* (2023), chitosan adalah suatu bahan yang dapat dijadikan bahan pelapis dan dapat dimakan, umumnya digunakan untuk memperpanjang umur simpan produk makanan dan berperan dalam mengatur umur simpan. Dalam hasil penelitiannya disebutkan bahwa chitosan yang ditambah dengan melezitosa berpotensi memperpanjang umur simpan nanas segar, sehingga memberikan dasar untuk studi pascapanen lebih lanjut terhadap buah nanas. Menurut Basumatary *et al.* (2022), pemberian lapisan chitosan tidak hanya menjaga kesegaran nanas, namun juga menjaga kualitasnya dan memperpanjang umur simpan hingga tiga minggu selama penyimpanan dalam kondisi ruangan. Hal ini didukung oleh Basaglia *et al.* (2021), bahwa pemberian 2% chitosan dan 0.5% ekstrak minyak kayu manis menunjukkan hasil terbaik dalam menekan penurunan susut bobot sebesar 14,6%, dan menghambat pertumbuhan mikroba serta memperpanjang umur simpan nanas.

2.7 Internal Browning

Internal browning pada nanas atau disebut sebagai *black heart* merupakan kelainan fisiologis nanas yang umum terjadi selama penyimpanan dan pengiriman, yang mengakibatkan hilangnya nilai komersial (Zhang *et al.*, 2016). Gejala khas pascapanen *chilling injury* pada buah nanas adalah terjadinya *internal browning* (IB) di dekat inti buah. Tingkat keparahan gejala dapat bervariasi bergantung pada kultivar, suhu, ukuran buah, rasio panjang mahkota dengan buah dan komposisi kimia serta nutrisi. Klon 'MD2' yang resisten terhadap IB memiliki berkas vaskular lebih sedikit, namun proporsi serat sklerenkimnya lebih besar dibandingkan klon 'Trad Sri Thong' yang rentan (Luengwilai *et al.*, 2016).

Pencoklatan enzimatis terjadi ketika buah dan sayur mengalami kerusakan, warnanya akan menjadi gelap dengan cepat jika terkena udara sebagai akibat dari pembentukan melanin coklat dari oksidasi senyawa fenolik. Polifenol oksidase (PPO) yang terdapat pada sebagian besar buah dan sayur, serta beberapa makanan laut, bertanggung jawab atas terjadinya pencoklatan enzimatis. Pencoklatan enzimatis pada buah dan sayur juga dikaitkan terhadap keberadaan peroksidase, enzim oksidatif serupa (Jiang *et al.*, 2016).



Gambar 1. Tampilan *internal browning* di dalam lingkaran merah pada buah nanas

2.8 Suhu Penyimpanan

Cedera mekanis, *translusensi*, *chilling injury*, dan penyakit pascapanen merupakan penyebab utama kerugian pascapanen pada buah nanas (Paull dan

Chen, 2020). Buah nanas sebaiknya disimpan pada suhu 7°C dan dapat bertahan selama 3-4 minggu dengan kelembaban relatif berkisar antara 85%-95%. Namun, ketika dipindahkan ke suhu ruang, *internal browning* yang disebabkan oleh pendinginan meningkat dalam 2-3 hari penyimpanan (Paull dan Chen, 2020).

Penanganan pascapanen merupakan tahap akhir dalam proses menghasilkan produk segar berkualitas tinggi (Bachmann, 2000). Berbagai kondisi lingkungan selama produk pertanian disimpan sangat berpengaruh terhadap kualitas produk atau perubahan fisiologi lepas panen. Kualitas tidak dapat ditingkatkan setelah panen, hanya dipertahankan. Oleh karena itu, penting untuk memanen buah-buahan pada tahap dan ukuran yang tepat dan pada kualitas puncak. Produk yang belum matang atau terlalu masak mungkin tidak bertahan lama dalam penyimpanan dibandingkan dengan yang dipetik pada saat yang tepat (Bachmann, 2000).

Dari semua faktor lingkungan yang paling berpengaruh adalah suhu. Suhu mempengaruhi penuaan produk karena mengatur laju semua proses-proses fisiologi dan biokimia (Blongkod, 2016). Salah satu usaha untuk mengatasi masa simpan adalah dengan memberikan perlakuan penyimpanan pada ruang dingin (*cold storage*). Penyimpanan dingin yang dilakukan juga harus memenuhi persyaratan suhu rendah optimal untuk buah yang akan disimpan karena penggunaan suhu rendah yang tidak sesuai dapat menyebabkan kerusakan (Hamaisa dan Purwanto, 2007).

Menurut Muchtadi (1992), penyimpanan bahan pada suhu rendah merupakan cara yang efektif untuk memperpanjang umur simpan bahan segar, karena dengan cara ini dapat mengurangi kegiatan respirasi, proses penuaan, dan pertumbuhan mikroorganisme. Suhu rendah dapat digunakan untuk memperpanjang umur simpan buah-buahan dan sayuran beriklim sedang sejak jaman dahulu, efek dari suhu rendah (<10 °C) terhadap umur simpan tanaman pada komoditas tropis telah diketahui sejak setidaknya abad kedelapan belas. Penyimpanan suhu rendah memiliki manfaat tambahan untuk melindungi atribut kualitas non-penampilan

seperti tekstur, nutrisi, aroma dan rasa (Paull, 1999). Penyimpanan makanan adalah proses di mana bahan matang dan mentah disimpan dalam kondisi yang sesuai untuk penggunaan di masa depan tanpa terkontaminasi oleh mikroorganisme yang memungkinkan untuk dimakan selama beberapa waktu (biasanya berminggu-minggu hingga berbulan-bulan) setelah panen (Khan *et al.*, 2017). Penyimpanan pada suhu yang dingin dapat menghambat kerusakan fisiologis, penguapan serta aktivitas mikroorganisme yang mengganggu sehingga mutu serta kualitas buah dan sayuran dari mulai panen sampai diterima di tangan konsumen masih tetap terjaga (Blongkod, 2016).

Pada penyimpanan dingin, selain pengendalian suhu, dilakukan juga pengendalian sirkulasi dan kelembapan relatif (RH) udara. Penggunaan suhu rendah dan RH tinggi dapat menghambat aktivitas fisiologis, aktivitas mikroba, transpirasi, dan evaporasi sampai batas waktu tertentu. Pengendalian dengan suhu penyimpanan dingin dapat memperlambat laju penurunan mutu dibandingkan penyimpanan pada suhu ruang. Pengaturan RH udara pada ruang penyimpanan sangat penting dilakukan, karena RH yang jenuh akan menyebabkan pengembunan air pada permukaan buah yang akan menjadi media bagi pertumbuhan mikroba, sedangkan RH rendah akan menyebabkan pengeriputan kulit (Ahmad *et al.*, 2014).

Penggunaan suhu rendah pada penyimpanan berbeda-beda untuk setiap jenis buah. Suhu yang lebih rendah dari suhu optimum dapat menyebabkan kerusakan karena pendinginan atau *chilling injury* (Hamaisa dan Purwanto, 2007). Suhu penyimpanan yang direkomendasikan untuk buah dan sayuran dapat bervariasi sesuai dengan tingkat komposisi kimia dari reparasinya. Penyimpanan buah dan sayuran di bawah suhu optimalnya dapat menyebabkan kerusakan fisiologis dan memperpendek masa penyimpanannya (Khan *et al.*, 2017). Suhu adalah faktor lingkungan yang paling penting karena memiliki efek yang cukup besar pada laju reaksi biologis. Kecepatan reaksi biologis meningkat 2 hingga 3 kali lipat setiap kenaikan suhu 10 °C (Q10) dalam kisaran suhu fisiologis (Khan *et al.*, 2017).

Kehilangan kelembapan dari buah atau sayur didorong oleh perbedaan tekanan uap air antara permukaan produk dan lingkungan. Penguapan yang terjadi pada permukaan produk merupakan proses endotermik yang akan mendinginkan permukaan sehingga menurunkan tekanan uap pada permukaan dan mengurangi transpirasi (Khan *et al.*, 2017). Selain itu, faktor-faktor seperti struktur permukaan, permeabilitas kulit, dan aliran udara juga mempengaruhi laju transpirasi. Dengan demikian, dapat dilihat bahwa dalam buah-buahan dan sayuran, terjadi fenomena perpindahan panas dan massa yang kompleks, yang harus dipertimbangkan ketika mengevaluasi laju transpirasi (Khan *et al.*, 2017). Transpirasi yang tinggi dapat menurunkan kadar air sehingga susut bobot menjadi besar (Blongkod, 2016).

2.9 Respirasi

Respirasi adalah proses kimia pada buah-buahan dan sayuran yang mengubah gula dan oksigen menjadi karbon dioksida, air, dan panas. Buah dan sayuran diklasifikasikan berdasarkan laju respirasinya. Laju respirasi bergantung pada suhu, oksigen (O_2), karbon dioksida (CO_2), kelembapan (RH), cedera mekanis (luka dan memar) serta infeksi hama penyakit (Khan *et al.*, 2017). Hilangnya cadangan makanan produk melalui respirasi berarti penurunan nilai makanan, hilangnya rasa, kehilangan bobot yang dapat dijual, dan kerusakan yang lebih cepat (Bachmann, 2000). Secara umum, semakin tinggi laju respirasi produk, semakin pendek masa simpannya. Pentingnya dalam meminimalkan laju respirasinya produk pascapanen dalam memperpanjang masa simpan.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Research and Development Postharvest Plant Group (PG) 4, PT. Great Giant Pineapple yang berlokasi di Jl. Taman Nasional Way Kambas Raja Basa Lama I, Kecamatan Labuhan Ratu, Lampung Timur. Penelitian dilakukan pada bulan Juni – Agustus 2022.

3.2 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian menggunakan rancangan acak lengkap faktorial dengan lima ulangan pada masing-masing perlakuan di setiap pengamatannya. Faktor yang dijadikan perlakuan pada penelitian ini terdiri atas :

Faktor pertama adalah perlakuan terhadap klon nanas dengan tingkat kematangan (*shell color*) 0 yang terdiri atas dua klon :

- G : Klon GP3 (*Smooth Cayenne*) dan
- M : Klon MD2.

Faktor kedua adalah jenis pelapis (*coating*) :

- P : *Coating* alternative berbasis *palm stearin* dengan komposisi yang telah diformulasikan.
- S : *Coating* Sta Fresh 2952 (dengan dosis konsentrasi 10%)
- C : *Coating* berbasis chitosan dengan dengan komposisi yang telah diformulasikan.
- O : *Coating* OE 6012 (dengan dosis konsentrasi 10%), dan
- K : Kontrol tanpa pelapis buah.

Oleh karena itu dari keseluruhan faktor tersebut diperoleh 10 kombinasi perlakuan. Data yang diperoleh dianalisis sidik ragam dengan tingkat

kepercayaan 95%. Analisis dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) 5% menggunakan program statistik Minitab 16.

3.3 Waktu Pengamatan

Waktu pengamatan dilakukan pada hari ke 0, 7, 14, 21, 28 dan 35 setelah aplikasi dan penyimpanan pada *Cold Storage* bersuhu 7 °C.

3.4 Pembuatan *Coating* Berbasis Palm Wax / Stearin dan Chitosan

Bahan pembuat *coating* terdiri atas:

- a. *Palm stearin* = 1% b/v yang dilelehkan pada suhu 60 °C
- b. Chitosan = 1% b/v
- c. Asam sitrat yang telah diencerkan = 2 % v/v
- d. Tween 80/ Polysorbate 80 = 2% v/v

Alur pembuatan:

1. Campur larutan chitosan 1% dengan larutan asam sitrat 2% pada suhu 60 °C
2. Setelah itu campur dengan larutan *palm stearin* 1%
3. Larutan yang sudah tercampur kemudian ditambah bahan Tween 80 sebanyak 2%
4. Bahan kemudian dihomogenkan pada suhu 60 °C sampai semua bahan merata.
5. Larutan *coating* untuk perlakuan “P” sudah siap diaplikasikan pada buah, sedangkan pelapis chitosan pada perlakuan “C” merupakan pelapis yang terbuat dari chitosan murni dengan konsentrasi 1% yang dilarutkan menggunakan asam sitrat 2% pada suhu 60 °C.

3.5 Metode Pengamatan Parameter

Percobaan ini menggunakan nanas dengan kategori tingkat kematangan SC-0 (kulit buah hijau) yang dipanen pada umur 144 hari setelah forcing/inisiasi pembungaan secara serempak dengan total buah yang akan digunakan sebanyak

350 buah yang terdiri dari klon GP3 dan MD2, dengan kisaran bobot antara 1000 – 1200 gram. Buah yang telah dipetik kemudian diberikan perlakuan pelapisan/*coating* dengan Sta-Fresh 2952, OE-6012, bahan pelapis berbahan dasar *palm stearin*, dan chitosan. Setelah buah dilapisi dan disimpan maka dilakukan pengamatan pada beberapa parameter sebagai berikut:

3.5.1 Pengukuran laju respirasi

Tingkat respirasi dianalisis, mengikuti metode Cano-Reinoso (2022). Nanas dimasukkan kedalam *respiration chamber*. Pada pengukuran laju respirasi dilakukan menggunakan metode *close system*. Pengukuran konsentrasi CO₂ dilakukan dalam wadah tertutup dengan kapasitas 13 L menggunakan detektor CO₂ HT-2000 Digital CO₂ meter (kisaran CO₂: 0-9999 mg/kg, 10-99% RH, 0-50°C; Dongguan Instrumen Xintai; Cina, Gambar 2).



Gambar 2. Ilustrasi pengukuran laju respirasi buah nanas

Sebelum mengukur CO₂, buah ditimbang dengan timbangan digital. Setelah itu, buah dimasukkan ke dalam wadah dengan CO₂ meter dan dipastikan tertutup rapat. Pengukuran ini dilakukan di ruangan *cold storage* dengan suhu 7°C. Perubahan konsentrasi CO₂ dihitung selama 1 jam pada setiap buah. Laju respirasi dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Laju respirasi (ml CO}_2\text{/kg. jam)} = \frac{[(\text{GCO}_2)\text{T} - (\text{GCO}_2)\text{T}+1]}{W} \times \frac{Fw}{\Delta T}$$

Keterangan:

G_{CO_2} = selisih gas CO_2 dalam mL/L selama pengukuran 5 menit sekali.

T = waktu penyimpanan per jam

ΔT = selisih waktu antara pengukuran gas 5 menit sekali

F_v = volume bebas pada toples

W = bobot buah dalam kg

3.5.2 Susut bobot

Pengukuran susut bobot dilakukan terhadap penurunan bobot buah. Hal ini ditentukan dengan menimbang sampel pada neraca digital dan dilaporkan sebagai persentase kehilangan kelembapan berdasarkan massa asli (Maftoonazad dan Ramaswamy, 2005). Pengamatan ini dilakukan menggunakan timbangan digital. Pengukuran dilakukan sebelum buah nanas disimpan (bo) dan setiap kali akhir pengamatan (bt). Selanjutnya susut bobot didapatkan dengan membandingkan selisih bobot awal dan bobot akhir pengamatan dengan bobot awal pengamatan dan dinyatakan dalam persen hari ke – 0; 7; 14; 21; 28; dan 35.

Rumus untuk menghitung susut bobot adalah sebagai berikut:

$$\text{Susut bobot} = ((bo - bt) : bo) \times 100\%$$

Keterangan:

bo adalah bobot awal pengamatan

bt adalah bobot pada waktu pengamatan.

3.5.3 Pengukuran °Brix

Pengukuran °Brix atau *total soluble solid* menggambarkan tingkat kemanisan buah nanas. Metode ini menggunakan air perasan buah nanas dan meneteskan secukupnya pada kaca sensor alat pengukur *Refractometer* ATAGO Master-53 Alpha dan dilihat kesejajaran garis biru pada alat tersebut sejajar dengan angka yang menunjukkan tingkat °Brix dari perasan buah nanas.

3.5.4 Pengukuran *acidity*

Pengukuran *acidity* bertujuan untuk mengetahui kandungan asam organik. Prosedur kerja yang dilakukan adalah larutan NaOH 0,1 N dimasukkan ke dalam tabung buret. Sampel perasan buah nanas diambil sebanyak 5 mL ke dalam tabung erlenmayer ukuran 10 mL, kemudian dimasukkan larutan fenolftalein 1% sebanyak 3 tetes ke dalam larutan sampel. Lalu, cairan NaOH diteteskan ke dalam larutan sampel air perasan sambil digoyangkan hingga larutan tersebut berubah warna, titik akhir titrasi ditandai dengan perubahan warna menjadi merah muda dalam suasana asam (Nielsen, 2017). Volume NaOH yang digunakan dicatat. Rumus yang digunakan untuk menghitung asam bebas dari perasan nanas tersebut sebagai berikut

$$\text{Asam bebas (\%)} = \frac{((\text{mL NaOH yang terpakai}) \times 0,064 \times \text{molaritas NaOH} \times 100)}{\text{volume sampel}}$$

Keterangan: 0,064 = *miliequivalent factor* pada asam *predominant (citric acid)*

3.5.5 Pengukuran vitamin C

Analisis vitamin C dilakukan dengan metode titrimetri 2,6-dikloroindofenol *Association of Official Analytical Chemist (AOAC, 1967)*. Pada titrasi ini ditambahkan asam metafosfat pada setiap sampel, sehingga dapat mencegah katalis logam lain mengoksidasi vitamin C. Prinsip analisis kadar vitamin C dengan metode titrasi 2,6-diklorofenol adalah untuk menentukan kandungan vitamin C pada bahan pangan berdasarkan titrasi dengan 2,6-diklorofenol indofenol terjadi reaksi reduksi 2,6-diklorofenol indofenol dengan adanya vitamin C dalam larutan asam. Asam askorbat mereduksi 2,6-diklorofenol indofenol dalam larutan tak berwarna. Titik akhir titrasi ditandai dengan perubahan warna menjadi merah muda dalam suasana asam (Nielsen, 2017).

3.5.6 Pengukuran, glukosa, sukrosa dan fruktosa

Pengukuran, Glukosa, Sukrosa dan Fruktosa, pada penelitian ini menggunakan *High Performance Liquid Chromatograph* (HPLC) dengan model HITACHI U2000 di laboratorium PT. Great Giat Pineapple. Seperti kebanyakan teknik kromatografi, HPLC mencoba memisahkan molekul berdasarkan afinitasnya yang berbeda untuk padatan tertentu. Cairan yang akan dipisahkan adalah fase cair dan padatan adalah fase padat. Prosedur pengukuran menggunakan 50 mM larutan fosfat yang dibuat dari 6,8 g kalium dihidrogen fosfat dalam 900 mL akuades, selanjutnya pH disesuaikan dengan menambahkan asam fosfat sampai pH 2,8 dan ditambah akuades sampai volume 1 L. Alat HPLC yang digunakan menggunakan panjang gelombang 210 nm dan ditempatkan pada suhu ruang 25 °C. Laju alir fase gerak yang digunakan adalah 0,7 mL/menit, kemudian HPLC dibiarkan hingga baseline stabil. Sampel sebanyak 5 g yang telah dilarutkan dengan fase gerak diambil sebanyak 100 µL kemudian disaring dengan kertas saring dan diinjeksikan ke dalam HPLC.

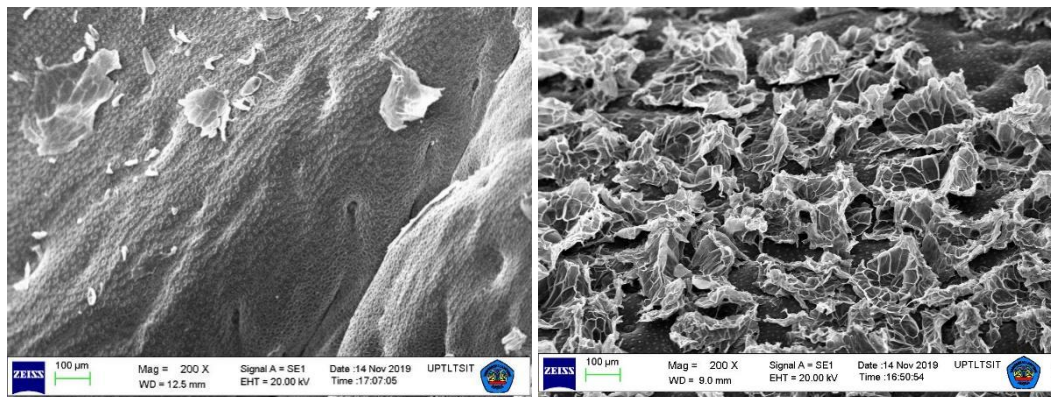
3.5.7 Pengukuran *internal browning*

Penilaian *internal browning* ditandai dengan perubahan warna daging buah yang dievaluasi setiap 7 hari sampai akhir pengamatan. Warna daging ditentukan dengan menggunakan indeks warna pada buah nanas. Pencoklatan internal daging secara visual dinilai dari 0 (normal), 1 (ringan) sekitar $\leq 15\%$ luas permukaan jaringan menunjukkan gejala IB; 2 (sedang) sekitar $\leq 30\%$ luas permukaan jaringan menunjukkan gejala IB; dan 3 (pencoklatan parah) sekitar $> 30\%$ luas permukaan jaringan menunjukkan gejala IB.

3.5.8 Pengukuran gambaran pelapisan buah nanas

Pengukuran gambaran pelapisan buah nanas pada berbagai jenis waxing menggunakan *Scanning Electron Mikroskop* (SEM) di Unit Pelaksana Teknis Laboratorium Terpadu dan Pusat Inovasi Teknologi Universitas Lampung, Indonesia. Parameter ini untuk mempelajari homogenitas lapisan pada permukaan

kulit nanas yang dilapisi oleh beberapa produk *coating*, maka dilakukan studi mikroskopis seperti pada Gambar 3. Mikrostruktur permukaan yang dilapisi nanas dianalisis menggunakan *Scanning Electron Microscope* SEM (ZEISS/EVO MA 10; Jerman). Potongan persegi panjang (5mm × 5mm × 2mm) dari nanas yang dilapisi yang diperoleh dari jaringan floem dipotong untuk pengamatan permukaan nanas yang dilapisi film. Sepotong kecil jaringan di tengah daging yang berdekatan dengan inti dibelah dengan penjepit. Sebelum pemindaian, irisan didehidrasi dengan larutan etanol dan dikeringkan pada titik kritis CO₂ cair dengan desikator. Sampel dipasang pada stub spesimen aluminium menggunakan lem perak konduktif dan dilapisi dengan emas.



Gambar 3. Ilustrasi analisa *Scanning Electron Mikroskop* (SEM) pada buah nanas yang tidak dilapisi *coating* (kiri) dan telah dilapisi *coating* (kanan)

3.5.9 *Thermal image*

Gambar *thermal* adalah citra yang diambil menggunakan kamera foto dan membuat gambar objek menggunakan radiasi infra merah untuk menggambarkan suhu objek yang ditangkap. Proses ini disebut pencitraan *thermal*. Pengukuran citra *thermal* juga akan digunakan sebagai pendugaan kondisi *internal browning* didalam buah tanpa dilakukan pembelahan daging buah. Buah nantinya akan disajikan dalam bentuk citra yang divisualisasikan dalam warna semu. Gambar *thermal* buah dianalisis menggunakan program Matlab. Suhu buah rata-rata membutuhkan persamaan kalibrasi yang diperoleh dari bilah warna. Wilayah yang diminati (ROI, 70 x 70 piksel) didefinisikan sebagai representasi suhu dari

objek buah. Suhu buah adalah nilai rata-rata piksel dalam ROI. Prosedur untuk mendapatkan gambar termal adalah sebagai berikut.

1. Bahan yang akan difoto diaklimatisasi terlebih dahulu suhunya selama sekitar 12 jam agar suhunya seimbang dengan kondisi lingkungan tempat pengambilan gambar *thermal*.
2. Alat yang digunakan adalah Kamera FLIR E4 (Gambar 4)
3. Buah diletakkan di dalam kotak berukuran 60 cm x 40 cm x 60 cm tepat di bawah kamera dan jarak antara kamera dengan dasar *chamber* sekitar 25 cm.
4. Akuisisi citra dilakukan sebanyak 3 kali dengan interval waktu 1 menit untuk setiap sampel.
5. Tuliskan identitas sample yang difoto dengan kode sesuai treatment perlakuan untuk mempermudah analisa lanjutan.

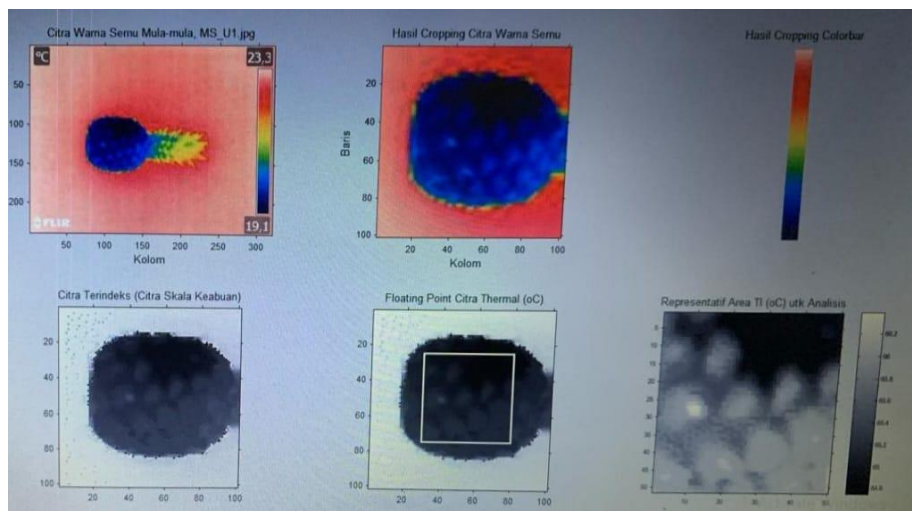


Gambar 4. Ilustrasi kamera FLIR E4 (kiri) dan pengukuran suhu *thermal* pada buah nanas (kanan)

Tahap selanjutnya setelah pencitraan suhu buah adalah pengolahan citra *thermal* menggunakan program Matlab (versi R2017b), sebagai berikut:

1. Simpan *file* data citra pada memori komputer.
2. *Region of Interest* (ROI) ditetapkan, yaitu diambil bagian obyek citra yang akan menjadi obyek untuk diproses informasinya.
3. Obyek color bar diambil, untuk dicari hubungan warna terhadap suhu.

4. Obyek citra berwarna dikonversi menjadi nilai suhu, kemudian nilai intensitasnya dibuat sebagai nilai titik ambang (Gambar 5)
5. Konversi nilai intensitas citra menjadi nilai besaran suhu menggunakan persamaan konversi hubungan warna (*color bar*) dengan suhu.
6. Suhu terendah, suhu tertinggi, nilai rerata suhu dan standar deviasinya ditentukan. Hasil analisis direkam pada data luaran program Matlab.



Gambar 5. Analisis TI buah nanas untuk mendapatkan data suhu rerata

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Klon GP3 dapat dipertimbangkan untuk menjadi buah segar pada pengiriman yang membutuhkan waktu kurang dari 14 hari seperti pengiriman destinasi dalam negeri, sedangkan untuk pengiriman luar negeri, nanas klon GP3 tidak disarankan, karena potensi munculnya kejadian *internal browning* (IB) dapat terjadi pada kurun waktu tersebut.
2. Penggunaan berbagai jenis pelapisan pada penelitian ini tidak menunjukkan adanya perbedaan dalam mempertahankan mutu nanas selama 35 hari umur simpan.
3. Pelapisan buah dapat meminimalkan terjadinya penurunan susut bobot. Jenis pelapis chitosan dan *palm stearin* dapat digunakan sebagai alternatif pelapis buah nanas hingga hari ke-14 umur simpan tanpa mengurangi kualitas dan tampilan buah nanas segar serta berpotensi untuk menggantikan produk *coating* impor.
4. Tidak terdapat interaksi antara klon nanas dan jenis pelapis buah pada sebagian besar variabel. Adapun pengaruh jenis pelapis buah kurang berpengaruh pada kedua klon nanas selama masa penyimpanan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, saran yang perlu ditindaklanjuti terkait untuk penelitian selanjutnya adalah perlunya penelitian yang membandingkan berbagai macam konsentrasi dan metode dalam pembuatan pelapis berbahan *palm stearin*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, H., Rohaya, M.A., Latifah, M.N., Mohammed, S.M., and Underhill, S. 2002. Respiration rate, ethylene production and chlorophyll content of the fruit and crown of pineapple stored at low temperatures. *Journal of Tropical Agriculture and Food Science*, 30, 99–107. ISSN 1394-9829
- Agusta, W., Anggraeni, D., Hermansyah, H.D., and Gebrina, A.D. 2021. Application of palm stearin edible coating on cavendish banana (*Musa acuminata*). *AESAP*, 1038 (2022) 012069.
DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1038/1/012069>
- Ahmad, U., Darmawati, E., and Refilia, N.R. 2014. Kajian metode pelilinan terhadap umur simpan buah manggis (*Garcinia mangostana*) semi-cutting dalam penyimpanan dingin. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 19(2), 104–110. ISSN 0853 – 4217
- Akamine, E.K., Goo, T., Steepy, T., Greidanus, and Iwaoka, N. 1975. Control of endogenous brown spot of fresh pineapples in postharvest handling. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 100: 60-65.
DOI : <https://doi.org/10.21273/JASHS.100.1.60>
- Ansar, A., Sukmawaty, Putra, G.M.D., and Najat N.H. 2020. Application of aloe vera gel as an edible coating at jackfruit. *Jurnal Agritechn*, 13(2): 77–83.
DOI: <https://doi.org/10.20956/at.v13i2.261>.
- AOAC Official Method 967.21. 1967. *Ascorbic Acid in Vitamin Preparations and Juices*. <https://www.scribd.com/document/389367718/176943262-AOAC-Method-Ascorbic-Ac-967-21-pdf>. diakses pada tanggal 12 Juni 2023 pukul 15.00
- Bachmann, J. 2000. *Postharvest handling of fruits and vegetables. Postharvest handling of fruits & vegetables*.
<https://en.calameo.com/read/000715430d08df2beffab>.diakses pada tanggal 28 Agustus 2022 pukul 15.00
- Basaglia, R.R., Pizato, S., Santiago, N.G., Maciel de Almeida, M.M., Pinedo, R. A., and Cortez-Vega, W.R. 2021. Effect of edible chitosan and cinnamon essential oil coatings on the shelf life of minimally processed pineapple (Smooth cayenne). *Food Bioscience*, 41 (2021) 100966.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.100966>

- Basumatary, I.B., Mukherjee, A., Katiyar, V., Dutta, J., and Kumar, S. 2022. Chitosan-based active coating for pineapple preservation: Evaluation of antimicrobial efficacy and shelf-life extension. *LWT*, 168 (2022) 113940. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113940>
- Bartholomew, D.P., Paull, R.E., and Rohrbach, K.G. 2002. *The Pineapple Botany, Production and Uses. 1st edition*, Honolulu, United States.
- Bin Thalip, A.A., Tong, P.S., and Ng, C. 2015. The MD2 super sweet pineapple (*Ananas comosus*). *Utar Agric. Sci. J.* 1: 14-17.
- Blongkod, N.A., Wenur, F., and Longdong, I.A. 2016. Kajian pengaruh pra pendinginan dan suhu penyimpanan terhadap umur simpan brokoli. *Cocos*, 7(5), 5-9. DOI: <https://doi.org/10.35791/cocos.v7i5.13871>
- Cano-Reinoso, D.M., Soesanto, L., Kharisun, and Wibowo, C. 2021. Effect of pre-harvest fruit covers and calcium fertilization on pineapple thermotolerance and flesh translucency. *Food and Agriculture*, 33(10): 834-845. DOI: <https://doi.org/10.9755/ejfa.2021.v33.i10.2766>
- Cano-Reinoso, D.M. 2022. Effect of pre and postharvest treatments with salicylic acid on physicochemical properties of pineapple cv. MD2. *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences*, 21(3): e2022039. DOI : <https://doi.org/10.12982/CMUJNS.2022.039>
- Chen, C.C. 1999. Effects of fruit temperature, calcium, crown and sugar metabolizing enzymes on the occurrence of pineapple fruit translucency. (Dissertation). University of Hawaii at Manoa, Honolulu, Hawaii.
- Fakhriandi and Erdi. 2021. Ekspor Nanas Indonesia Meningkatkan Selama Pandemi. <https://yoursay.suara.com/news/2021/09/23/130044/ekspor-nanas-indonesia-meningkat-selama-pandemi>. diakses pada tanggal 28 Agustus 2022 pukul 14.00.
- Fauziati, Adiningsih, Y., dan Priatni, A. 2016, Pemanfaatan stearin kelapa sawit sebagai edible coating buah jeruk. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 10(1):64 DOI:10.26578/jrti.v10i1.1754Hadiati, S. dan Indriyani, N. L. P. 2008. *Petunjuk Teknis BUDIDAYA NENAS*. Solok : Balai Penelitian Tanaman Buah Tropika.
- Hajar, N., Zainal, S., Nadzirah, K.Z., Roha, A.M.S., Atikah, O., and Elida, T.Z.M.T. 2012. Physicochemical properties analysis of three indexes Pineapple (*Ananas comosus*) peel extract variety N36. *APCBEE Procedia* 4: 115 – 121. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.apcbee.2012.11.020>
- Hamaisa, S. dan Purwanto, A.P. 2007. Pengaruh suhu penyimpanan terhadap umur simpan dan kualitas buah pepaya (*Carica papaya* L.) varietas IPB 1 selama penyimpanan dan pematangan buatan. *Ketahanan Pangan*: 3–6.

- Hanani, N.M.Z., Zahrah, H.M.S., and Zaibunnisa, A.H. 2012. Effect of chitosan-palm stearin edible coating on the post harvest life of star fruits (*Averrhoa carambola* L.) stored at room temperature. *IFRJ*, 19(4),1433 - 1438.
- Henriette, M.C., Azeredo, B.D., and Assis, O.B.G. 2010. Chitosan edible films and coating review. *Embrapa Tropical Agroindustry*, pp.179-194. ISBN : 978-1-61728-831-9
- Hong, K., Xu, H., Wang, J., Zhang, L., Hu, H., Jia, Z., Gu, H., He, Q., and Gong, D. 2013. Quality changes and internal browning developments of summer pineapple fruit during storage at different temperatures. *Scientia Horticulturae*, 151: 68-74. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.12.016>
- Hong, S.I., Lee, H.H., and Kim, D. 2007. Effects of hot water treatment on the storage stability of Satsuma mandarin as a postharvest decay control. *Postharvest Biology and Technology*, 43(2), 271–279. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.09.008>
- Hu, H., Li, X., Dong, C., and Chen, W. 2012. Effects of wax treatment on the physiology and cellular structure of harvested pineapple during cold storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(26), 6613–6619. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf204962z>
- Ikram, M.M.M., Putri, S.P., and Fukusaki, E. 2023. Chitosan-based coating enriched with melezitose alters primary metabolites in fresh-cut pineapple during storage. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, Vol 136, (374-382). DOI : <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2023.08.002>
- JBT. 2021. *Introducing the New JBT Sta-Fresh 2952® Pineapple Coating*. <https://blog.jbtc.com/2021/07/26/introducing-new-jbt-sta-fresh-2952-pineapple-coating/>. diakses pada tanggal 28 Agustus 2022 pukul 14.00
- Jiang, Y., Duan, X., and Qu, H. 2016. Browning: enzymatic browning, *Encyclopedia of Food and Health*, pp. 508–514. DOI: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-384947-2.00090-8>.
- Khan, S.B. and Narayan, S. 2017. *Storage Methods for Fruits and Vegetables*. (Thesis). Sher-e Kashmir University. Shalimar. India.
- Li, X., Zhu, X., Wang, H., Lin, X., Lin, H., and Chen, W. 2018. Postharvest application of wax controls pineapple fruit ripening and improves fruit quality. *Postharvest Biology and Technology*. 136, 99–110. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.10.012>
- Lin, X., Li, X., and Chen, W. 2013. Effect of wax treatment on the quality and postharvest physiology of pineapple fruits. *Acta Horticulturae*, (975), 519–526. DOI: <https://doi.org/10.17660/actahortic.2013.975.68>

- Lobo, G.M. and Paull, R.E. 2017. *Handbook of Pineapple Technology: Production, Postharvest Science, Processing and Nutrition. 2017th ed, Vol. 148*, Honolulu, United States: Wiley Blackwell.
- Luengwilai, K., Beckles, D.M., and Sriphanich, J. 2016. Postharvest internal browning of pineapple fruit originates at the phloem. *Journal of Plant Physiology*, 202, 121–33.
DOI : <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2016.07.011>
- Maftoonazad, N. and Ramaswamy, H.S. 2005. Postharvest shelf-life extension of avocados using methylcellulose-based coating. *LWT-Food Science and Technology*, 38: 617-624. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.08.007>
- Martinez, V.M. and Whitaker, J.R. 1995. The biochemistry and control of enzymatic browning. *Trends in Food Science and Technology* 6: 195-200. DOI : [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(00\)89054-8](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(00)89054-8)
- Mc. Carthy, N. 2020. Which Countries Produce The Most Palm Oil? [Infographic].<https://www.forbes.com/sites/niallmccarthy/2020/10/02/which-countries-produce-the-most-palm-oil-infographic/>. diakses pada tanggal 28 Agustus 2022 pukul 14.00
- Montero-Calderón, M., Rojas-Grau, M.A., and Martin-Belloso, O. 2010. *Pineapple (Ananas comosus [L.] Merrill) Flavor : Handbook of Fruit and Vegetable Flavors*, p.391-414. New york, USA : Wiley.
- Morhsed, A., Bashir, A., Khan, M.H., and Alam, M.K., 2011. Antibacterial activity of shrimp chitosan against some local food spoilagebacteria and food borne pathogens. *Bangladesh Journal Microbiol*, 28(1): 45-47.
DOI : <https://doi.org/10.3329/bjm.v28i1.11809>
- Muchtadi, D. 1992. *Fisiologi Pasca Panen Sayuran dan Buah-buahan*. Departemen Pendidikan Dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Pangan Dan Gizi IPB, Bogor.
- Newett, S., Sanewski, G., Christensen, D., Jorgensen, K., Petzler, A., and Wroe, V. 2006. Market Requirements. In Newett, S., Sanewski, G. and Wasmon III, R. (Eds). *Pineapple Best Practice Manual*. p. 3. Queensland, Australia: The Department of Primary Industries and Fisheries (DPI&F).
- Nielsen, S.S. 2017. *Food Analysis Laboratory Manual - Vitamin C Determination by Indophenol Method*. Retrieved on August 30, 2022 from Website: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-44127-6_15. diakses pada tanggal 30 Agustus 2022 pukul 14.00
- Nurwahyuni, I. 2016. Respirasi Tumbuhan. *Penuntun Praktikum Fisiologi Tumbuhan*. USU: Medan.

- Pande, G. Casimir, Akoh, C.C., and Lai, O.M. 2012. Food Uses of Palm Oil and Its Components. Editors: Lai, O.M., Tan, C.P., Akoh, C.C. In Palm Oil, AOCS Press. 561-586. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-9818936-9-3.50022-8>.
- Pandya, Y., Sharma, A., and Bakshi, M. 2023. Edible coatings in fruits: effectiveness and applicability: A Review. *FoodSci: Indian Journal of Research in Food Science and Nutrition*, Vol 10(1), 01-10. DOI: <https://doi.org/10.15613/fijrfn/2022/v10i1/220470>
- Paull, R.E. 1999. Effect of temperature and relative humidity on fresh commodity quality. *Postharvest Biology and Technology* 15(3): 263–77. DOI : [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(98\)00090-8](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(98)00090-8)
- Paull, R.E. and Nancy, J.C. 2020. Controlled and modified atmospheres for fresh and fresh-cut produce tropical fruits: pineapples. *Tropical fruits*: 17(4):381-385. DOI : <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-804599-2.00025-9>.
- Paull, R.E. and Rohrbach, K.G. 1982. Juice characteristics and internal atmosphere of waxed ‘Smooth Cayenne’ pineapple fruit. *Journal of ASHS* 107, 448–452. DOI : <https://doi.org/10.21273/JASHS.107.3.448>
- Pham, T.T., Nguyen, L.L.P., Dam, M.S., and Baranyai, L. 2023. Application of edible coating in extension of fruit shelf life: review. *AgriEngineering*. DOI : <https://doi.org/10.3390/agriengineering5010034>
- Prasetyo, H.A. dan Sahfitra, A.A. 2022. Teknologi edible coating untuk memperpanjang masa simpan tomat di desa lingga, kecamatan simpang empat, kabupaten karo. *Pelita Masyarakat*, 4(1):125-133. DOI : <http://doi.org/10.31289/pelitamasyarakat.v4i1.7378>
- Resende, N. S., Gonçalves, G. A. S., Reis, K. C., Tonoli, G. H. D., Boas, E. V. B. V. 2018. Chitosan/cellulose Nanofibril Nanocomposite and Its Effect on Quality of Coated Strawberries. *J. Food Qual*, 1–13. DOI: <https://doi.org/10.1155/2018/1727426>.
- Rohrbach, K.G. and Schmitt, D.P. 1994. Pineapple. In: Ploetz, R.C., Zentmyer, G.A., Nishiyima, W.T. and Rohrbach, K.G. (eds) Compendium of Tropical Fruit Diseases. *APS Press*, St Paul, Michigan, pp. 45–55.
- Rohrbach, K.G. and Paull, R.E. 1982. Incidence and severity of chilling induced browning of waxed ‘Smooth Cayenne’ pineapple. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 107, 453–457. DOI: <https://doi.org/10.21273/JASHS.107.3.453>

- Roongruangsri, W., Rattanapanone, N., Leksawasdi, N., and Boonyakiat, D. 2013. Influence of storage conditions on physico-chemical and biochemical of two tangerine cultivars. *Journal of Agricultural Science*, 5(2). DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v5n2p70>
- Sanewski, G., Bartholomew, B.P., and Paull, R.E. 2018. *The Pineapple Botany, Production and Uses. 2nd Editin*. Honolulu, United States: CABI.
- Savitri, E., Soeseno, N., dan Adiarto, T. 2010. Sintesis kitosan, poli(2-amino-2-deoksi-D-Glukosa), skala pilot project dari limbah kulit udang sebagai bahan baku alternatif pembuatan biopolimer. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia*. Yogyakarta. H01:1-10.
- Shafiei, R. and Mostaghim, T. 2022. Improving shelf life of calf fillet in refrigerated storage using edible coating based on chitosan/natamycin containing *Spirulina platensis* and *Chlorella vulgaris* microalgae. *J. Food Meas. Charact.* 16,145–161. DOI : <https://doi.org/10.1007/s11694-021-01153-9>
- Taniguchi, G., Sanewski, G.M., Bartholomew, D.P., and Paull, R.E. 2008. Characteristics of the pineapple research Institute of Hawaii hybrids 73-50 and 73-114. *Pineapple News* 15, 27–33.
- Tianshi. 2023. *Waxes Emulsions Brochure*. <https://waxtechs.com/download/> . diakses pada tanggal 04 Juni 2023 pukul 08.50
- UNECE. 2023. *UNECE Standard on the Marketing and Commercial Quality Control of Pineapple: UNECE Standard FFV-49 Concerning the Marketing and Commercial Quality Control of Pineapple. UNECE Explanatory Brochure on the Standard for Pineapple*. United Nations: New York and Geneva. 88 pp.
- Vargas, M., Pastor, C., Albors, A., Chiralt, A., and González-Martínez, C. 2008. Development of edible coatings for fresh fruits and vegetables: Possibilities and limitations. *Fresh Produce*, 2(2): 32–40.
- Yolanda, C. 2021. Ada Indonesia, Yuk Intip 10 Negara Dengan Produksi Nanas Terbesar Di Dunia. www.goodnewsfromindonesia.id/. diakses pada tanggal 27 Oktober 2022 pukul 15.00
- Youryon, P., Supapvanich, S., Kongtrakool, P., and Wongs-Aree, C. 2018. Calcium chloride and calcium gluconate peduncle infiltrations alleviate the internal browning of Queen pineapple in refrigerated storage. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 59(2): 205-213. DOI : <https://doi.org/10.1007/s13580-018-0028-9>
- Zhang, Q., Rao, X., Zhang, L., He, C., Yang, F., and Zhu, S. 2016. Mechanism of internal browning of pineapple: The role of gibberellins catabolism gene (AcGA2ox) and GAs. *Scientific Reports*, 6:33344. DOI : <https://doi.org/10.1038/srep33344>