

Potensi Ekstrak Akuades Biji Pepaya sebagai Penghambat Pertumbuhan Khamir Penyebab Busuk Buah Tomat dan Stroberi

Lulu Dar Zulfatunna'im^{✉ 1)}, Siti Harnina Bintari²⁾, Ibnul Mubarak³⁾, Pramesti Dewi^{4*)}

^{1),2),3),4)} Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Info Artikel

Diterima: 1 April 2022
Disetujui: 25 April 2022
Dipublikasikan: 28 April 2022

Keywords:

Aquadest extract; papaya seed; yeast
ekstrak akuades; biji pepaya; khamir

Abstract

Papaya seeds are known to contain secondary metabolite compounds. These chemical compounds can be used by passing the extraction method with aquadest solvent where aquadest is an easily obtained material that facilitates its application in the community. This research aims to extend the shelf life of the fruit with *in vitro* testing and its application to the fruit directly (*in vivo*). The research designs used were complete randomized designs for *in vitro* and group randomized designs for *in vivo* tests. The medium used is YPMEA which is a specific medium for yeast growth. Papaya seeds used in the form of California papaya seeds that have been cooked are then extracted with aquadest solvent. The parameters used for *in vitro* testing are in the form of extract-inhibiting zone diameter around the paper disc while the parameters for *in vivo* tests are in the form of fruit storage, texture, aroma, and microbial sustainability in addition to isolates. The data were analyzed with a one-way Anava for *in vitro* testing and descriptive analysis for *in vivo* testing. Anava results showed that papaya seed aquadest extract has a significant effect on inhibition of germicidal ripening that causes rotten tomatoes and strawberries. The increase in the shelf life of the fruit in tomatoes increases by 2 days and strawberries by 3 days. Based on the results of the study, the use of papaya seed aquades extract concentration is 100% effective to increase the shelf life of the fruit.

Abstrak

Biji pepaya diketahui mengandung senyawa metabolit sekunder. Senyawa kimia tersebut dapat digunakan dengan melewati metode ekstraksi dengan pelarut akuades dimana akuades merupakan bahan yang mudah didapatkan sehingga memudahkan penerapannya di masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk memperpanjang daya simpan buah dengan uji secara *in vitro* dan penerapannya pada buah secara langsung (*in vivo*). Rancangan penelitian yang digunakan yaitu Rancangan Acak Lengkap untuk *in vitro* dan Rancangan Acak Kelompok untuk uji *in vivo*. Medium yang digunakan yaitu medium YPMEA yang merupakan medium spesifik untuk pertumbuhan khamir. Biji pepaya yang digunakan berupa biji pepaya California yang telah masak kemudian diekstrak dengan pelarut akuades. Parameter yang digunakan untuk uji *in vitro* berupa diameter zona hambat ekstrak disekitar *paper disc*, sedangkan parameter untuk uji *in vivo* berupa daya simpan buah, tekstur, aroma, dan keberadaan mikroba selain isolat. Data dianalisis dengan Anava satu arah untuk uji *in vitro* dan analisis deskriptif untuk uji *in vivo*. Hasil Anava menunjukkan, ekstrak akuades biji pepaya berpengaruh signifikan terhadap penghambatan pertumbuhan khamir penyebab busuk buah tomat dan stroberi. Pertambahan daya simpan buah pada buah tomat bertambah 2 hari dan buah stroberi 3 hari. Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan ekstrak akuades biji pepaya konsentrasi 100% efektif untuk menambah daya simpan buah.

© 2022 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:
Gedung D6 Lt.1 Jl Raya Sekaran Gunugpati, Semarang
E-mail: luludarzulfa@gmail.com

p-ISSN 2252-6277
e-ISSN 2528-5009

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil buah-buahan yang beragam jenisnya karena beriklim tropis. Namun, potensi Indonesia sebagai salah satu negara penghasil buah terbanyak ini terhambat oleh iklim yang cenderung lembab, sehingga mendorong terjadinya kerusakan buah oleh mikroba.

Buah mempunyai karakteristik yaitu mudah rusak (*perishable*) karena mempunyai kadar air tinggi (70-95%), kadar gula yang tinggi, dan bertekstur lembut. Kehilangan pascapanen (*losses*) pada produk hortikultura berkisar antara 15-50%, antara lain karena buah busuk akibat infeksi bakteri, kapang maupun khamir (FAO, 1981; BSN, 2009). Infeksi khamir dapat terjadi saat buah belum dipanen maupun setelah dipanen. Proses infeksi akan dipercepat oleh kerusakan buah karena jatuh, perlakuan mekanis, dan infestasi serangga selama penanganan pascapanen sehingga kapang mampu menginfeksi sampai ke dalam daging buah. Luka pada buah akibat jatuh sering kali tidak dapat dihindari sehingga menjadi jalan masuk bagi khamir.

Pepaya californica (*Carica papaya* L.) adalah pohon buah yang populer dan penting dalam bagian tropis dan subtropis di dunia. Menurut Mulyono (2013) buah pepaya adalah salah satu buah yang hampir tersedia sepanjang tahun. Selama beberapa tahun terakhir, wawasan besar telah dicapai mengenai aktivitas biologis dan penerapan obat pepaya dan sekarang dianggap tanaman buah *neutraceutical* yang berharga. Produksi pepaya dari tahun ke tahun meningkat. Berdasarkan pada data Badan Pusat Statistik produksi buah pepaya di Jawa Tengah tahun 2018 sebanyak 887.591 ton meningkat pada tahun 2020 menjadi 1.016.388 ton. Angka ini kemungkinan akan terus bertambah dari tahun ke tahun karena budidaya pepaya yang mudah dan sangat cocok dengan iklim di Indonesia. Penambahan jumlah produksi ini sejalan dengan jumlah limbah biji pepaya yang akan dihasilkan. Sampai saat ini, limbah biji pepaya belum banyak dimanfaatkan masyarakat. Padahal, biji pepaya kaya manfaat salah satunya dapat digunakan untuk antijamur.

Biji pepaya diketahui mengandung senyawa kimia seperti golongan fenol, alkaloid, dan saponin (Sihombing *et al.*, 2018). Senyawa kimia tersebut dapat digunakan dengan melewati metode ekstraksi. Pelarut akuades merupakan bahan yang mudah didapatkan sehingga memudahkan penerapannya di masyarakat. Pelarut akuades diketahui dapat mengikat senyawa saponin (Agustina, 2017). Berdasarkan pada penelitian Intan (2020), biji pepaya mempunyai aktivitas farmakologi daya antiseptik yang dapat digunakan sebagai antifungi yang dapat mengatasi khamir *Candida albicans*, sedangkan pada penelitian Sihombing *et al.*, (2018) biji papaya dapat digunakan untuk mengatasi jamur *Malassezia furfur*. Hal ini karena adanya sifat-sifat bioaktif dan farmako-aktif yang terdapat di dalam senyawa senyawa metabolit sekunder biji papaya (Sudibyo, 2002).

Buah tomat dan stroberi merupakan buah yang banyak digemari oleh masyarakat. Namun, karena buah tomat dan stroberi merupakan bagian dari buah klimaterik yang akan terus mengalami pematangan setelah masa panen membuat daya simpan buah tersebut menjadi berkurang (Anggrayeni *et al.*, 2019; Mahmood *et al.*, 2012). Seperti pada umumnya sifat buah, buah tomat dan stroberi memiliki kandungan air yang banyak dan seiring bertambah matangnya buah tomat dan stroberi ini akan meningkatkan kandungan gula alami dalam buah sehingga cocok sebagai substrat pertumbuhan khamir (Amalia, 2010). Berkurangnya daya simpan buah tomat dan stroberi ini akan menimbulkan kerugian bagi petani.

Penelitian mengenai manfaat biji pepaya sebagai antikhamir yang diekstrak dengan menggunakan pelarut akuades masih jarang dilakukan, oleh sebab itu akan dilakukan penelitian terhadap buah busuk yang disebabkan oleh khamir secara *in vitro* dan penerapannya pada buah secara langsung (*in vivo*) sebagai usaha untuk memperpanjang daya simpan buah.

METODE

Buah papaya California diperoleh dari pusat pasar buah Semarang. Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret-Mei 2021 di Laboratorium Mikrobiologi Universitas Negeri Semarang. Variabel bebas meliputi pelarut (akuades) dan konsentrasi pelarut (1:0 dan 1:1). Variabel terikat berupa diameter zona

hambat pertumbuhan khamir. Variabel kontrol berupa suhu 25-27°C. Rancangan penelitian ini menggunakan 2 rancangan penelitian yaitu Rancangan Acak Lengkap untuk uji *in vitro* dan Rancangan Acak Kelompok untuk uji *in vivo* dengan masing-masing uji diulang sebanyak tiga kali.

Sterilisasi Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini disterilkan terlebih dahulu dengan cara alat-alat gelas dan media disterilkan dalam autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit dan bahan 20 menit, sedangkan untuk kawat ose dan pinset disterilkan dengan cara dibakar dengan pembakaran di atas api langsung (Lay, 1994; Kumar, 2014).

Preparasi dan Ekstraksi Biji Pepaya

Preparasi biji pepaya diawali dengan pemisahan biji pepaya dari daging buah dan ditimbang berat basah. Biji pepaya kemudian dibersihkan selaput bijinya. Setelah bersih sempurna biji pepaya kemudian dikeringanginkan selama 24 jam dan dikeringkan kembali dengan oven suhu 200°C hingga kering sempurna. Biji pepaya yang telah kering kemudian ditimbang berat keringnya untuk selanjutnya dihaluskan dengan *grain mixer* hingga menjadi bubuk dan ditimbang kembali berat bubuknya.

Ekstraksi biji pepaya dilakukan dengan melarutkan 20 gram bubuk biji pepaya dan 400 ml akuades dalam tabung Erlenmeyer 500 ml. Larutan kemudian dimaserasi dengan menggunakan *waterbath* dengan suhu 60°C-70°C selama 60 menit. Selanjutnya larutan disaring dengan menggunakan kertas saring *Whatman* dengan ulangan penyaringan sebanyak 3 kali. Hasil ekstrak akuades kemudian diletakkan dalam gelas Beaker untuk dipisahkan dengan menggunakan oven suhu 200 °C.

Pembuatan Media

Pembuatan YM *Broth* dilakukan dengan acuan penelitian Citra (2019) dimana pembuatan 1000 ml YMB membutuhkan 10 gram glukosa, 5 gram pepton, 3 gram *yeast extract*, 3 gram *malt extract*, antibiotik kloramfenikol 100 mg, dan akuades 1000 ml. Selanjutnya penutupan tabung Erlenmeyer (1000 ml) dengan menggunakan aluminium foil dan media dihomogenkan dengan menggunakan pengaduk kaca. Media yang telah homogen kemudian disterilkan dengan menggunakan autoklaf dengan suhu 121°C selama 20 menit. Media YMEA yang membutuhkan 20 gram *microbial agar*, 10 gram glukosa, 5 gram pepton, 3 gram *yeast extract*, 3 gram *malt extract*, antibiotik kloramfenikol 100 mg, dan akuades 1000 ml. Selanjutnya penutupan tabung Erlenmeyer dengan menggunakan aluminium foil (5x5 cm) dan media dihomogenkan dengan menggunakan pengaduk kaca. Media yang telah homogen kemudian disterilkan dengan menggunakan autoklaf dengan suhu 121°C selama 20 menit. Selanjutnya menuangkan media pada petridish sebanyak 20 ml dan didiamkan hingga mengeras.

Isolasi, Purifikasi, dan Identifikasi Khamir dari Buah

Isolasi khamir diawali dengan memasukkan sampel buah tomat dan stroberi sebanyak 15 gram ke dalam tabung Eppendorf steril berukuran 50 ml. Tabung yang telah berisi sampel kemudian ditambahkan YM *Broth* hingga mencapai 50 ml dan diinkubasi dalam suhu ruang (25°C-27°C) selama 24-72 jam. Setelah media terdapat gelembung dan volume yang bertambah, dilakukan pengenceran (Kurtzman dan Fell, 1989). Pengenceran dilakukan dengan melarutkan YM *Broth* dengan akuades steril hingga 10^{-3} . Sebanyak 1 ml sampel dilarutkan dengan akuades steril sebanyak 9 ml dalam tabung reaksi, kemudian dihomogenkan dengan vortex. Larutan 10^{-1} tersebut kemudian diencerkan kembali hingga 10^{-2} dan diencerkan kembali hingga 10^{-3} (Sugiawan, 2006; Thompson *et al.*, 1969).

Hasil pengenceran dituangkan ke dalam *petridish* yang telah berisi YMEA sebanyak 1 ml dan diratakan dengan menggunakan batang penebar. Selanjutnya hasil isolasi tersebut diinkubasi pada suhu 25°C-27°C selama 48 jam. Koloni biakan khamir yang tumbuh kemudian akan diamati dan dipurifikasi. Purifikasi dilakukan untuk memperoleh koloni khamir spesifik sehingga memudahkan dalam karakterisasi. Purifikasi diawali dengan melihat hasil isolat yang telah dikultur dan mengambil koloni

yang terlihat berbeda secara morfologi dan tumbuh dominan dalam media (Widiastutik & Nur, 2014). Koloni terpilih kemudian diambil sedikit dengan menggunakan ose bulat dan diremajakan dalam 3 ml YMB dengan diambil sedikit menggunakan jarum ose dan diinkubasi selama 24-72 jam pada suhu 25°C-27°C. Isolat yang sudah tumbuh kemudian dipindahkan pada media YMEA sebanyak 20 µl dan diratakan dengan ose segitiga. Isolat kemudian diinkubasi 24-72 jam pada suhu 25°C-27°C dan diamati hasilnya.

Karakterisasi khamir dilakukan untuk mengetahui jenis khamir yang terisolasi, . Karakterisasi ini dilakukan secara makroskopis dan mikroskopis. Karakter makroskopis yang diamati berdasarkan pada morfologi koloni khamir yang tumbuh, meliputi: tekstur, warna, margin koloni, elevasi, dan permukaan koloni. Sedangkan Karakterisasi secara mikroskopis dilakukan dengan menggunakan mikroskop dan pewarna *methylene blue* untuk melihat bentuk sel, *budding*, dan ukuran sel (Suryaningsih, 2018). Hasil purifikasi isolat diambil dengan jarum ose steril dan digesekkan di atas gelas objek steril dan ditetesi dengan akuades untuk selanjutnya di fiksasi. Preparat yang telah kering kemudian dilakukan pewarnaan dengan menggunakan *methylene blue* selama 20 detik, selanjutnya zat warna berlebih dibilas dengan akuades dan diamati dengan menggunakan mikroskop.

Uji *In Vitro*

Uji antifungi biji pepaya secara *in vitro* ini membutuhkan *paper disc* berjumlah 4 pada setiap YMEA. *Paper disc* mula-mula direndam selama 1 menit dengan pembagian, yaitu 2 buah *paper disc* masing-masing direndam dalam ekstrak biji pepaya konsentrasi 50% dan 100%, 1 buah *paper disc* direndam dalam akuades steril sebagai kontrol (-), dan satu buah *paper disc* direndam dalam antibiotik *ketoconazole* sebagai kontrol (+). Purifikasi isolat khamir kemudian diambil sebanyak 40 µl dan diratakan pada YMEA dengan metode *spread*. *Paper disc* yang sudah direndam diatur di atas media yang telah diberi khamir. Medium yang berisi khamir diinkubasi pada suhu 25°C-27°C selama 24-72 jam. Setelah khamir tumbuh dihitung zona hambat khamir, yaitu zona bening yang terdapat di sekitar *paper disc*.

Uji *In Vivo*

Buah tomat dan stroberi dilukai pada permukaannya dengan ukuran 2 cm x 2 cm pada buah tomat dan 1 cm x 1 cm pada buah stroberi. Hasil luka kemudian diberi perlakuan dioles dengan ekstrak akuades biji pepaya dan kontrol positif serta kontrol negatif. Kemudian buah yang sudah dilapisi dengan ekstrak dikontaminasi dengan khamir hasil isolasi dari masing-masing buah dan didiamkan dalam suhu ruang selama 7 hari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan Bahan dan Pengukuran Kadar Air Simplisia

Bahan yang digunakan berupa biji buah pepaya california yang telah masak berwarna oranye kemerahan dan segar. Biji pepaya yang telah dibersihkan dari selaput bijinya kemudian dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 60-70°C. Berat biji pepaya selama pengeringan ditimbang beratnya setiap 1 jam sekali. Setelah didapatkan berat yang stabil dilanjutkan dengan melakukan pengukuran kadar air. Hasil perhitungan berdasarkan pada rumus Badan Standar Nasional (1992) adalah sebagai berikut.

$$\% \text{ kadar air} = \frac{w_1 - w_2}{w} \times 100\%$$

Menurut Handayani (2017) perhitungan kadar air ini dilakukan agar daya simpan ekstrak lebih lama dan tidak mudah terkontaminasi atau busuk. Kandungan air berlebih pada bahan dapat mempercepat kontaminasi oleh mikroba dan mempermudah hidrolisa pada bahan kimia yang terkandung sehingga mengakibatkan adanya penurunan mutu bahan. Kadar air yang didapatkan ini telah memenuhi syarat kadar air optimum seperti yang dikemukakan oleh Kementerian Pertanian (2015) tidak lebih dari 14% dan kadar air yang lebih rendah akan lebih aman dalam penyimpanannya.

Menurut Anonim dalam Siswati (2020) mengatakan kadar air simplisia yang baik yaitu tidak lebih dari 10% karena akan mempercepat terjadinya proses enzimatik dan kerusakan oleh mikroba.

Pembuatan Ekstrak Biji Pepaya

Pembuatan ekstrak biji 17ethan California dilakukan untuk mengekstraksi biji 17ethan yang telah dihaluskan menjadi bubuk kemudian di ekstrak dengan metode maserasi menggunakan pelarut akuades. Hasil maserasi lalu disaring menggunakan kertas saring *whattman*. Proses maserasi dilakukan sebanyak 3 kali hingga filtrat mendekati bening. Ekstrak tersebut kemudian dipanaskan dengan menggunakan oven pada suhu 70°C hingga terbentuk pasta dan dihitung persentase rendemen. Rendemen dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\% \text{ Rendemen} = \frac{\text{jumlah berat ekstrak berupa pasta (g)}}{\text{jumlah berat kering (g)}} \times 100\%$$

Hasil rendemen ekstrak biji 17ethan California di atas menunjukkan bahwa komponen bioaktif yang terkandung dalam ekstrak sebesar 8,8%. Pelarut akuades, menurut Agustina (2017) akuades yang bersifat polar ini mampu mengikat senyawa metabolit sekunder saponin, selain itu pelarut akuades ini digunakan karena lebih ramah lingkungan dan mudah untuk didapatkan. Komponen bioaktif ekstrak biji 17ethan dengan menggunakan akuades memiliki persentase yang tidak jauh berbeda dari ekstrak biji 17ethan yang menggunakan pelarut lain seperti etanol dan 17ethanol yang merupakan 17ethan senyawa polar. Perbedaan ini dibuktikan oleh penelitian Restyana *et al.* (2020) yang menggunakan pelarut etanol 96% menghasilkan persentase rendemen sebanyak 10,82% dan penelitian Ariani *et al.* (2019) dengan pelarut yang sama menghasilkan persentase 10,23%, sedangkan pada penelitian Amaliah *et al.*, (2018) yang menggunakan 17ethanol sebagai pelarut menghasilkan persentase 8,37.

Peremajaan Jamur Buah

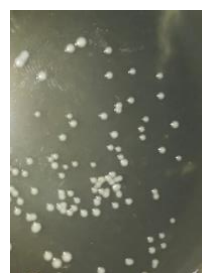
Buah tomat dan stroberi didiamkan untuk busuk alami selama 1 minggu untuk tomat dan 5 hari untuk stroberi. Gejala busuk buah tomat yaitu buah menjadi sangat lunak, pecah, berair, dan terdapat koloni berwarna putih, sedangkan buah stroberi menjadi sangat lunak dan terdapat koloni berwarna putih mengkilap pada bagian permukaan buah yang rusak. Bau yang dikeluarkan dari masing-masing buah sudah tidak enak dan tidak mengindikasikan bau khas buah tomat dan stroberi. Buah tomat busuk ini juga mengeluarkan bau busuk yang sedikit asam. Masing-masing khamir kemudian diisolasi dengan menggunakan medium khusus khamir *Yeast Malt Extract Agar* (YMEA)/ *Yeast Pepton Malt Extract Agar* (YPMEA) untuk diinkubasi selama 3 hari. Setelah isolat tumbuh diamati secara makroskopis dan mikroskopis. Hasil pengamatan dapat dilihat pada Table 1 dan Gambar 1.

Tabel 1. Morfologi Isolat Khamir Buah

Asal	Bentuk	Warna	Tepian	Elevasi	Tekstur	Hifa	Bentuk sel
Tomat	Oval panjang	Krem	Bersilia	Rata	Kering	Bersek at	Silindris panjang
Stroberi	Oval pendek	Putih	Rata	Cembung	Kental	-	Silindris pendek



(a)



(b)



Gambar 1. Pengamatan morfologi makroskopis dan mikroskopis isolat khamir buah

Keterangan: Penampakan makroskopis (a) buah tomat dan (b) buah stroberi. Serta penampakan mikroskopis (c) buah tomat dan (d) buah stroberi.

Hasil pengamatan di atas mulai dari pengamatan pada buah, morfologi koloni hingga pengamatan secara mikroskopik pada ciri yang disebutkan di atas koloni khamir yang teramati memiliki kesamaan dengan khamir *Geotrichum sp.* Kim *et al.* (2011) mengatakan bahwa pembusukan ini dinamakan dengan busuk asam yang disebabkan oleh khamir *Geotrichum sp.*, yang diawali dengan kerusakan epidermis, kemudian bagian buah yang telah rusak terinfeksi oleh mikroorganisme tersebut dan mengalami pelunakan dan berair serta lama-kelamaan pada bagian tersebut terlihat ditumbuhi oleh miselium berwarna putih. Hal ini juga terjadi pada penelitian yang dilakukan oleh Bartz *et al.* (2020) yang menyebutkan bahwa ciri busuk asam tomat oleh *Geotrichum* ini terdapat pertumbuhan mikroorganisme yang terlihat seperti kapang dengan miselium berwarna putih, tebal, dan tekstur bergelatin seperti keju cottage. Bau yang dikeluarkan akibat pembusukan oleh *Geotrichum* ini juga sama seperti pembusukan yang diakibatkan oleh bakteri asam laktat sehingga dinamakan oleh busuk asam. Berdasarkan pernyataan peneliti-peneliti terdahulu tersebut peneliti menduga bahwa khamir yang terisolasi pada penelitian ini merupakan khamir jenis *Geotrichum sp.* Apakah menjadi suatu kelaziman menggunakan dugaan berdasarkan asumsi seperti ini (tidak ada perbandingan secara morfologi?) karena akan berlanjut kepada frasa 'khamir yang diduga *Geotrichum sp.* Atau *Pichia sp.*

Hasil pengamatan 18 isolate buah stroberi di atas koloni khamir yang teramati memiliki kesamaan dengan khamir *Pichia sp.* Walker (2011) menyebutkan bahwa khamir jenis *Pichia sp.* Merupakan khamir liar yang biasa mengkontaminasi berbagai permukaan di alam seperti pada buah, serangga, dan air bekas, sedangkan Tournas *et al.* (2006) mengatakan bahwa khamir jenis *Pichia sp.* Ini mengkontaminasi produk buah-buahan baik buah segar maupun hasil olahan buah seperti salad, jus, dan selai. Pada penelitiannya Tournas juga menjelaskan bahwa khamir jenis *Pichia* ini ditemukan pada salad buah dimana sebanyak 100% ditemukan pada potongan buah stroberi. Pernyataan tersebut juga didukung oleh hasil dari penelitian Puspitasari *et al.*, (2014) yang mengatakan bahwa pada buah stroberi segar ditemukan spesies khamir *Pichia sp.* Pada permukaannya. Berdasarkan pernyataan peneliti-peneliti terdahulu tersebut peneliti menduga bahwa khamir yang terisolasi pada penelitian ini merupakan khamir jenis *Pichia sp.*

Uji *In Vitro* Tomat

Ekstrak akuades biji pepaya ini diuji secara *in vitro* pada khamir diduga *Geotrichum sp.* yang dilakukan dengan menggunakan metode difusi agar yaitu pengukuran zona bening di sekitar *paper disc* yang telah diberikan perlakuan. Apabila terdapat zona bening yang timbul di sekitar *paper disc* maka terdapat penghambatan pertumbuhan khamir *Geotrichum sp.* Hasil pengukuran rata-rata diameter zona hambat ekstrak akuades biji pepaya pada khamir diduga *Geotrichum sp.* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Rata-Rata Zona Hambat Pertumbuhan Khamir diduga *Geotrichum sp.*

Perlakuan	Rata-rata diameter zona bening (mm)	St.dev
Kontrol positif	9,67	4,12
Kontrol Negatif	0,06	0,04
Konsentrasi 1:0	1,99	0,75
Konsentrasi 1:1	0,38	0,28

Hasil pengukuran rata-rata diameter zona hambat pertumbuhan khamir diduga *Geotrichum sp.* menggunakan ekstrak akuades biji pepaya dengan berbagai perlakuan menunjukkan bahwa khamir diduga *Geotrichum sp.* dapat dihambat pertumbuhannya namun dengan keefektifan yang dihasilkan berbeda. Berdasarkan hasil pada Tabel 2 penghambatan pertumbuhan khamir diduga *Geotrichum sp.* yang paling efektif ditunjukkan pada perlakuan kontrol positif yang diikuti oleh perlakuan tanpa pengenceran atau 1:0, pengenceran sebagian atau 1:1, dan terakhir kontrol negatif.

Menurut Fisher *et al.* (2018) perlakuan kontrol positif dengan menggunakan obat komersial anti jamur *ketoconazole* 1% dapat menghambat pertumbuhan khamir paling efektif karena adanya kandungan enzim *lanosterol 14 α -dimethylase* yang diblok (memblok?) pada biosintesis membran sel jamur. Pada perlakuan pemberian ekstrak akuades biji pepaya yang diberikan dapat menghambat pertumbuhan khamir karena di dalam ekstrak terdapat senyawa bioaktif metabolit sekunder. Sedangkan Pada perlakuan kontrol negatif yang berupa pemberian akuades menunjukkan hasil rata-rata penghambatan yang paling kecil karena tidak mengandung agen aktif sebagai penghambat pertumbuhan khamir.

Hasil pengukuran rata-rata diameter zona hambat pertumbuhan khamir diduga *Geotrichum sp.* ini kemudian dianalisis *One Way ANOVA* dengan menggunakan aplikasi SPSS for Windows versi 20.

Table 3. Uji ANOVA Pengukuran Rata-rata Diameter Zona Hambat Khamir diduga *Geotrichum sp.*

Source	Sum of Squares	Mean of Square	Sig.
K(+)	171,28	42,82	0,00
K (-)	0,01	0,003	0,02
100%	4,25	1,06	0,01
50%	0,41	0,10	0,06
Mean (t)			0,023

Keterangan: Signifikansi (t) < 0,05, maka H₀ ditolak dan H_a diterima yang menunjukkan terdapat pengaruh nyata.

Hasil pada Tabel 3 menunjukkan hasil nilai total signifikansi 0,023 yang berarti t < 0,05 sehingga H_a diterima. Hasil ini menyatakan bahwa pemberian ekstrak akuades biji pepaya memiliki pengaruh nyata dalam menghambat pertumbuhan khamir diduga *Geotrichum sp.* Ekstrak akuades biji pepaya perlakuan 1:0 pada khamir diduga *Geotrichum sp.* menunjukkan hasil yang lebih efektif dari ekstrak dengan perlakuan 1:1. Hasil ini menunjukkan bahwa ekstrak akuades dengan konsentrasi yang lebih tinggi memiliki potensi sebagai antifungi yang lebih baik. Hasil penelitian sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Raviani (2021) dimana ekstrak dengan pelarut akuades selasih liar menunjukkan hasil terbaik sebagai antifungal pada jamur *Cercospora sp.* yaitu pada konsentrasi tertinggi (20%) dengan persentase penghambatan 90,15%.

Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Dooh *et al.* (2021) mengenai perlakuan penggunaan ekstrak akuades biji tumbuhan mimba terhadap *Pestalotia heterocarnis* dengan konsentrasi tertinggi (500 $\mu\text{g/ml}$) menghasilkan rata-rata diameter miselium yang lebih kecil rata-rata 2 cm dan memiliki penghambatan yang lebih tinggi daripada konsentrasi 5 $\mu\text{g/ml}$ menghasilkan rata-rata diameter miselium rata-rata 5 cm. Hasil penelitian ini diperkuat oleh penelitian Wardoyo *et al.* (2021) dan Yusuf & Alyidrus (2020) yang menyatakan dalam tulisannya bahwa semakin tinggi konsentrasi ekstrak maka semakin besar aktivitas penghambatan yang terjadi karena adanya ekstrak yang terdifusi ke dalam sel jamur, sehingga jumlah ekstrak yang berdifusi ke dalam jamur pada jamur pada konsentrasi yang tinggi juga tinggi.

Uji *In Vivo* Tomat

Uji efektivitas ekstrak akuades biji pepaya dengan melakukan penerapan langsung pada buah (*in vivo*). Penerapan ini dilakukan pada buah tomat yang merupakan media isolat yang diduga *Geotrichum sp.* untuk mengetahui tingkat resistensi terhadap ekstrak akuades biji pepaya. Uji *in vivo* ini menggunakan metode pengolesan dengan *cotton bud* steril dan diamati berdasarkan pada daya simpan buah, aroma, tekstur, dan warna buah. Kemudian terdapat pula parameter pH dan keberadaan mikroba selain khamir jika selama masa pembusukan buah menghasilkan cairan.

Hasil pengujian *in vivo* ekstrak akuades biji pepaya terhadap khamir diduga *Geotrichum sp.* dapat dilihat dari uji dengan empat parameter berikut.

Daya Simpan Buah

Daya simpan buah dilakukan dengan *cotton bud* steril pada bagian buah yang sengaja dilukai. Hasil pengamatan dapat dilihat pada Tabel 4.

Table 4. Pengamatan pertumbuhan khamir diduga *Geotrichum sp.* pada buah tomat dengan berbagai perlakuan

Perlakuan	Ulangan	Hari ke-		
		1	2	3
Konsentrasi 1:0	1	-	√	√
	2	-	√	√
	3	-	√	√
Konsentrasi 1:1	1	-	√	√
	2	-	√	√
	3	-	√	√
Kontrol Positif	1	-	-	√
	2	-	√	√
	3	-	√	√
Kontrol negatif	1	-	√	√
	2	-	√	√
	3	-	√	√

Pada Tabel 4 seluruh perlakuan menunjukkan khamir mulai tumbuh pada hari kedua kecuali pada perlakuan kontrol positif yang menunjukkan hasil bahwa khamir diduga *Geotrichum sp.* mulai tumbuh pada hari ke-3 dengan intensitas yang berbeda-beda pada tiap perlakuan dan masing-masing ulangan. Perbedaan jumlah inokulum ini dapat terjadi karena proses perlakuan dengan pengolesan menggunakan *cotton bud* tidak bisa terukur banyaknya inokulum yang teroles.

Intensitas pertumbuhan khamir pada buah stroberi ini jika diamati dengan seksama menunjukkan bahwa pada perlakuan pengolesan ekstrak akuades khamir yang tumbuh lebih sedikit dari perlakuan pemberian kontrol negatif atau akuades saja. Hal ini dikarenakan senyawa bioaktif yang terkandung dalam ekstrak akuades biji pepaya dan buah tomat lebih banyak dan dapat menghambat pertumbuhan mikroba dibandingkan dengan perlakuan akuades saja yang hanya memiliki senyawa bioaktif pada buah tomat saja.

Perlakuan kontrol positif menunjukkan bahwa khamir mulai tumbuh pada hari ke-4. Pada perlakuan ini khamir tumbuh lebih lambat karena menurut Fisher *et al.* (2018) obat komersial *ketoconazole* akan berinteraksi dengan khamir dengan cara menutup jalan enzim lanosterol *14 α -demethylase* pada biosintesis membran sel jamur, sehingga pertumbuhan jamur menjadi lebih lambat.

Singkatnya daya simpan buah tomat pada penelitian ini diakibatkan adanya perlakuan pelukaan pada permukaan buah tomat. Menurut Van Linden *et al.* (2006) kerusakan mekanis pada permukaan buah tomat akan berdampak pada penurunan jaringan ikat kulit buah, sehingga menimbulkan memar di permukaan perikarp tomat. Selain itu karena selama masa penyimpanan penelitian ini menggunakan suhu ruang yang menurut pendapat Sargent (2000)-kerusakan fisik pada buah tomat pada suhu ruang

lebih cepat terjadi dibandingkan dengan penyimpanan suhu rendah, hal ini dikarenakan adanya aktivitas hormon etilen pada buah tomat yang berpengaruh secara signifikan pada jaringan perikarp tomat.

Hasil penelitian yang sama ditunjukkan pada penelitian Yuniastri *et al.* (2020) dimana pada penelitiannya buah tomat yang mengalami luka pada permukaannya menjadi lebih mudah terkontaminasi oleh mikroba sehingga menyebabkan penurunan mutu buah tomat. Dalam penelitiannya menunjukkan bahwa buah tomat segar mulai mengalami kerusakan fisik pada hari kedua yang ditandai dengan permukaan buah yang mulai mengkerut, tekstur melunak, dan warna yang berubah. Selama masa penyimpanan buah tomat, terjadi perubahan kandungan nutrisi dalam tomat akibat adanya proses metabolisme berupa respirasi yang terus berlangsung pascapanen, sehingga menyebabkan buah tomat cepat mengalami kerusakan.

Warna

Warna buah tomat berdasarkan pengamatan mulai mengalami perubahan warna pada hari ke-3, yang semula merah cerah menjadi sedikit gelap. Perubahan warna yang terjadi pada buah tomat ini terjadi karena adanya proses pematangan buah tomat, karena buah tomat termasuk dalam buah klimakterik sehingga proses pematangan akan terus berlangsung setelah panen.

Perubahan warna tomat juga terjadi pada penelitian Tarigan *et al.* (2016), Maula *et al.* (2020) Andriani *et al.* (2018), dan Yuniastri *et al.* (2020) dimana buah tomat pada penelitian-penelitian tersebut rata-rata mulai mengalami perubahan warna pada hari ke-2 dan ke-3. Perubahan warna buah tomat ini terjadi karena kandungan likopen dalam buah tomat yang semakin banyak dan berkurangnya kandungan karoten buah tomat seiring dengan adanya proses pematangan terus menerus.

Winarno (2002) menyatakan bahwa perubahan warna setelah panen terjadi karena kandungan enzim dalam buah. Perubahan warna buah menjadi lebih gelap dikarenakan buah mengalami pencoklatan (*browning*) secara enzimatik. Proses pencoklatan secara enzimatik ini terjadi karena adanya reaksi enzim polifenol oksidase dan oksigen dengan substrat fenolik pada buah (Chisari *et al.*, 2007; Monica *et al.*, 2017).

Aroma

Aroma buah tomat pada penelitian ini mulai mengalami perubahan pada hari ke-2. Buah tomat yang semula beraroma segar khas buah tomat lama pada hari ke-3 mulai berubah sedikit busuk. Kondisi ini sejalan dengan pernyataan Yuniastri *et al.* (2020) bahwa buah tomat segar mulai mengalami perubahan bau busuk pada hari ke-4, sedangkan pada buah tomat yang diberi perlakuan kerusakan mekanis lebih cepat mengalami perubahan aroma menjadi busuk yaitu pada hari ke-3. Pada penelitian ini buah tomat lebih cepat mengalami perubahan aroma karena selain adanya perlakuan yang menyebabkan kerusakan mekanis pada buah tomat juga adanya aktivitas mikroba khamir diduga *Geotrichum sp.* yang umumnya merupakan penyebab penyakit busuk asam pada tomat sehingga buah tomat lebih cepat mengalami pembusukan dan perubahan aroma menjadi masam.

Menurut Novalinda dan Yanti (2014), buah tomat merupakan salah satu buah yang masih memiliki jaringan hidup yang akan terus aktif melakukan metabolisme bahkan setelah dipanen. Oleh karena itu buah tomat akan terus mengalami proses fisiologi termasuk proses respirasi yang memiliki pengaruh sangat signifikan terhadap kemunduran mutu buah. Selain itu seiring dengan terjadinya perubahan akibat proses fisiologi lain seperti proses pelunakan jaringan, perubahan warna, penurunan kadar asam organik buah, serta senyawa yang berperan dalam pembentukan aroma juga mempengaruhi berkurangnya kualitas buah (Pardede, 2009).

Tekstur

Pada penelitian ini buah tomat mengalami perubahan tekstur yang semula keras menjadi lunak dan berair. Perubahan tekstur buah tomat ini mulai terjadi pada hari kedua pengamatan. Perubahan tekstur buah tomat ini diakibatkan oleh berkurangnya kadar air dalam buah tomat akibat adanya proses respirasi buah yang akan menghasilkan panas dan menyebabkan air dalam buah tomat ini mengalami penguapan (Utama *et al.*, 2014; Yuniastri *et al.*, 2020). Menurut Willes (2000), menyatakan bahwa dalam proses pematangan selama penyimpanan buah, zat pati seluruhnya dihidrolisis menjadi sukrosa yang kemudian berubah menjadi gula-gula reduksi sebagai substrat dalam respirasi.

Pelunakan buah juga dapat terjadi karena adanya kerusakan pada struktur sel serta perombakan komponen penyusun dinding sel (Kalsum *et al.*, 2020). Hal ini ditegaskan oleh Winarno (1993) bahwa saat buah mengalami proses pemasakan, kekerasan buah akan berkurang karena kandungan pektin yang tidak larut (protopektin) telah dirombak menjadi pektin yang larut. Hal yang sama dikemukakan oleh Ali *et al.* (2010) bahwa pelunakan pada buah akan terjadi karena kerusakan atau kemunduran sel serta kerusakan komposisi dinding sel dan intraseluler buah. Kerusakan komponen dinding sel karena perubahan protopektin menjadi pektin yang menyebabkan daya kohesi antar dinding sel menurun.

pH dan Keberadaan Mikroba Lain pada Cairan

Pengukuran pH dan keberadaan mikroba lain seperti bakteri dan khamir dilakukan pada cairan buah yang dihasilkan selama proses pembusukan, sedangkan kapang diamati pada buah. Hasil pengamatan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengukuran pH dan Pengamatan Keberadaan Mikroba Lain Pada Cairan Buah Tomat Busuk

Perlakuan	Ulangan	pH	Keberadaan Mikroba Lain		
			Bakteri	Khamir	Kapang
Konsentrasi 1:0	1	-	×	×	√
	2	-	×	×	×
	3	-	×	×	×
Konsentrasi 1:1	1	10	√	√	×
	2	-	×	×	√
	3	-	×	×	×
Kontrol positif	1	-	×	×	×
	2	-	×	×	×
	3	-	×	×	×
Kontrol negatif	1	-	×	×	√
	2	-	×	×	√
	3	10	√	√	×

Pada Tabel 5 terlihat bahwa buah tomat yang menghasilkan cairan selama proses pembusukan yaitu pada perlakuan konsentrasi 1:1 dan kontrol negatif. Menurut Yuniastri *et al.* (2020) buah tomat memiliki kandungan gula yang sangat tinggi, pH yang rendah, dan aktivitas air yang rendah selama pascapanen. Kondisi ini sangat ideal bagi pertumbuhan mikroorganisme. Terkontaminasinya buah dengan adanya mikroorganisme diakibatkan karena adanya kontak dengan udara selama masa penyimpanan.

Cairan buah tomat yang dihasilkan karena adanya proses osmosis cairan dalam buah ke luar buah. Menurut Andriani *et al.* (2018), selama proses penyimpanan buah tomat akan terjadi perombakan nutrisi yang terkandung dalam buah yang diakibatkan oleh proses metabolisme dan respirasi, sehingga tomat cepat mengalami kerusakan. Kerusakan ditandai dengan buah tomat yang akan kehilangan cairan dalam buah dan mengalami osmosis keluar buah.

Berdasarkan hasil penelitian buah tomat mengalami perubahan pH menjadi basa. Menurut Yuniastri *et al.* (2020), buah tomat mengandung banyak vitamin C sehingga memiliki pH asam. Perubahan pH dari asam menjadi basa ini diakibatkan karena adanya aktivitas pematangan buah dan aktivitas mikroorganisme yang mengkontaminasi buah. Menurut Sinaga (1994), buah tomat dengan laju respirasi yang tinggi maka kandungan pHnya semakin tinggi pula. Hal ini ditegaskan pula oleh Buckle *et al.* (1995)

dimana kenaikan pH pada buah dapat diakibatkan oleh adanya aktivitas mikroba seperti bakteri, khamir, dan kapang. Pernyataan ini diperkuat oleh keberadaan mikroba lain selain inokulum yang ditemukan pada cairan yang dihasilkan dari buah stroberi busuk ini.

Uji *In Vitro* Stroberi

Ekstrak akuades biji pepaya diuji secara *in vitro* pada khamir diduga *Pichia sp.*, dilakukan dengan menggunakan metode difusi agar yaitu pengukuran zona bening di sekitar *paper disc* yang telah diberikan perlakuan berupa perendaman dalam ekstrak dan kontrol positif maupun kontrol negatif selama 60 menit dan pengeringan 30 menit pada medium YPMEA. Zona bening yang terbentuk setelah inkubasi 72 jam diamati dan dilakukan pengukuran. Hasil pengukuran rata-rata diameter zona hambat ekstrak akuades biji pepaya pada khamir diduga *Pichia sp.* dapat dilihat pada Tabel 4. (6)?

Tabel 6. Nilai Rata-Rata Zona Bening Di sekitar *Paper Disc* pada Khamir diduga *Pichia sp.*

Perlakuan	Rata-rata diameter zona bening (mm)	St.dev
Kontrol positif	17,72	2,03
Kontrol Negatif	0,09	0,01
Konsentrasi 1:0	7,80	0,61
Konsentrasi 1:1	6,93	0,50

Hasil pengukuran rata-rata diameter zona hambat pertumbuhan khamir diduga *Pichia sp.* menggunakan ekstrak akuades biji pepaya dengan berbagai perlakuan menunjukkan bahwa khamir *Pichia sp.* dapat dihambat pertumbuhannya namun dengan keefektifan yang dihasilkan berbeda. Berdasarkan hasil pada Tabel 6 penghambatan pertumbuhan khamir *Pichia sp.* yang paling efektif ditunjukkan pada perlakuan kontrol positif yang diikuti oleh perlakuan tanpa pengenceran atau 1:0, pengenceran sebagian atau 1:1, dan terakhir kontrol negatif.

Data rata-rata penghambatan pertumbuhan khamir pada Tabel 6 menunjukkan hasil yang sama, dimana keefektifan tertinggi dihasilkan oleh kontrol positif yaitu pemberian obat anti jamur *ketoconazole* 1% diikuti oleh ekstrak akuades biji pepaya tanpa pengenceran (1:0), ekstrak akuades biji pepaya dengan pengenceran sebagian (1:1), dan terakhir kontrol negatif yaitu akuades. Selanjutnya diuji dengan menggunakan uji ANOVA satu arah dengan hasil pada Tabel 7.

Tabel 7. Uji ANOVA Pengukuran Rata-rata Diameter Zona Hambat Khamir diduga *Pichia sp.*

Source	Sum of Squares	Mean Square	Sig.
K (+)	39,120	19,560	0,00
K (-)	0,836	0,418	0,06
100%	0,629	0,314	0,04
50%	1,147	0,574	0,08
Mean (t)			0,045

Keterangan: Signifikansi ($t < 0,05$), maka H_0 ditolak dan H_a diterima, menunjukkan terdapat pengaruh nyata.

Hasil pada Tabel 7 menunjukkan hasil nilai total signifikansi 0,045 yang berarti $t < 0,05$ sehingga H_a diterima. Hasil ini menyatakan bahwa pemberian ekstrak akuades biji pepaya memiliki pengaruh nyata dalam menghambat pertumbuhan khamir yang diduga *Pichia sp.*

Ekstrak akuades biji pepaya perlakuan 1:0 pada khamir yang diduga *Pichia sp.* menunjukkan hasil yang lebih efektif dari ekstrak dengan perlakuan 1:1. Hasil ini menunjukkan bahwa ekstrak akuades dengan konsentrasi yang lebih tinggi memiliki potensi sebagai antifungi yang lebih baik. Hasil penelitian sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Raviani (2021) dimana ekstrak dengan pelarut akuades selasih liar menunjukkan hasil terbaik sebagai antifungal pada jamur *Cercospora sp.* yaitu pada konsentrasi tertinggi (20%) dengan persentase penghambatan 90,15%.

Garuba *et al.* (2020) mengatakan bahwa ekstrak akuades daun mimba memiliki aktivitas antifungal terhadap jamur *Colleotrichum falcatum* dimana konsentrasi tertinggi (30%) menghasilkan rerata diameter pertumbuhan yang lebih kecil dari konsentrasi terendahnya (10%) dengan perbandingan 20 mm:23 mm. Hasil penelitian yang sama juga ditunjukkan oleh Trisnawati *et al.* (2019) dimana ekstrak

akuades steril daun sirih menunjukkan penghambatan terbaik pada jamur *Colletotrichum acutatum* di konsentrasi tertingginya juga yaitu 10% dengan hasil jamur tersebut tidak tumbuh sama sekali setelah pengamatan selama 21 hari.

Hasil penelitian juga sesuai dengan penelitian Yusuf dan Alyidrus- (2020) serta Nugroho dan Andasari (2019) yang dinyatakan semakin tinggi konsentrasi ekstrak akan menghasilkan penghambatan aktivitas semakin besar karena semakin banyak pula senyawa bioaktif dalam ekstrak yang akan terdifusi ke dalam jaringan sel jamur maupun khamir.

Uji *In Vivo* Stroberi

Uji *in vivo* ini menggunakan metode pengolesan dengan *cotton bud* steril. Hasil pengujian *in vivo* ekstrak akuades biji pepaya terhadap khamir diduga *Pichia sp.* dapat dilihat dari uji dengan empat parameter berikut.

Daya Simpan Buah

Daya simpan buah dilakukan dengan *cotton bud* steril pada bagian buah yang sengaja dilukai. Hasil pengamatan dapat dilihat pada Table 8.

Table 8. Pengamatan pertumbuhan Khamir diduga *Pichia sp.* pada buah stroberi dengan berbagai perlakuan

Perlakuan	Ulangan	Hari ke-			
		1	2	3	4
Konsentrasi 1:0	1	-	-	√	√
	2	-	√	√	√
	3	-	-	√	√
Konsentrasi 1:1	1	-	√	√	√
	2	-	-	√	√
	3	-	-	√	√
Kontrol Positif	1	-	-	-	√
	2	-	-	-	√
	3	-	-	√	√
Kontrol Negatif	1	-	√	√	√
	2	-	√	√	√
	3	-	√	√	√

Data pada Tabel 8 menunjukkan bahwa pada perlakuan pemberian ekstrak akuades biji pepaya (konsentrasi 1:0 dan 1:1) dan kontrol negatif, khamir mulai tumbuh pada pengamatan hari ke-3. Pertumbuhan khamir pada buah memiliki intensitas yang berbeda-beda, hal ini dapat terjadi dikarenakan pengaplikasian pada buah dilakukan dengan metode oles menggunakan *cotton bud* yang dapat mengakibatkan tidak meratanya jumlah inokulum khamir.

Intensitas pertumbuhan khamir pada buah stroberi ini pada Tabel 8 Jika diamati dengan seksama menunjukkan bahwa pada perlakuan pengolesan ekstrak akuades khamir yang tumbuh lebih sedikit dari perlakuan pemberian kontrol negatif atau akuades saja. Hal ini dikarenakan senyawa bioaktif yang terkandung dalam ekstrak akuades biji pepaya dan buah stroberi lebih banyak dan dapat menghambat pertumbuhan mikroba dibandingkan dengan perlakuan akuades saja yang hanya memiliki senyawa bioaktif pada buah stroberi saja. Podsedek (2007) mengatakan bahwa buah stroberi memiliki abanyak senyawa bioaktif seperti vitamin c, beta-karoten, dan senyawa fenol (asam fenolat, antosianin, dan flavonoid).

Perlakuan kontrol positif menunjukkan bahwa khamir mulai tumbuh pada hari ke-4. Pada perlakuan ini khamir tumbuh lebih lambat karena menurut Fisher *et al.* (2018) obat komersial *ketoconazole* akan berinteraksi dengan khamir karena dapat menutup jalan enzim lanosterol 14α -demethylase pada biosintesis membran sel jamur, sehingga pertumbuhan jamur menjadi lebih lambat.

Singkatnya daya simpan buah stroberi juga diakibatkan oleh faktor pelukaan pada permukaan buah sehingga terbentuk kerusakan mekanis yang merupakan langkah awal untuk terjadinya penurunan mutu buah. Kerusakan-kerusakan mekanis dan fisik pada permukaan buah stroberi akan mempercepat proses kerusakan ditambah dengan adanya perlakuan pengolesan inokulum sehingga pertumbuhan mikroorganisme pada stroberi menyebabkan menurunnya daya simpan buah.

Warna

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengamatan selama tujuh hari buah stroberi berubah warna. Perubahan dari jingga kemerahmudaan, merah cerah, dan terakhir menjadi merah gelap pada buah stroberi ini diakibatkan buah stroberi mengalami proses pematangan. Hasil penelitian yang didapatkan sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Monica *et al.* (2017) buah stroberi yang diberi *edible coating* tetap akan berubah warna karena sifat buah stroberi yang termasuk dalam buah klimaterik yang akan mengalami pematangan setelah panen. Winarno (2002) menyatakan bahwa perubahan stroberi setelah panen adalah perubahan warna yang terjadi karena kandungan enzim dalam buah stroberi. Pernyataan ini diperkuat oleh Suhardi (1984) yang menyatakan bahwa buah stroberi utuh memiliki senyawa fenolik sebagai substratnya sehingga menyebabkan terjadinya reaksi pencoklatan. Buah stroberi akan berubah menjadi coklat? Bukan merah tua?

Aroma

Hasil penelitian menunjukkan bahwa buah stroberi mengalami perubahan aroma menjadi masam dan paling cepat pada hari ke-3, yaitu pada perlakuan pengolesan dengan akuades, sedangkan untuk perlakuan pengolesan ekstrak akuades biji pepaya konsentrasi 1:1 mengalami perubahan aroma pada hari ke-5, perlakuan pengolesan ekstrak akuades biji pepaya konsentrasi 1:0 dan obat *ketoconazole* mengalami perubahan aroma pada hari ke-6. Tabel 8 hanya sampai hari ke -4?

Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Maula *et al.* (2020) mengenai pengawetan buah stroberi menggunakan *eco-enzyme* menunjukkan bahwa buah stroberi yang tidak diberi perlakuan *eco-enzyme* mengalami perubahan aroma pada hari ke-3, sedangkan untuk perlakuan dengan menggunakan *eco-enzyme* konsentrasi 100% mengalami perubahan aroma pada hari ke-5 dan konsentrasi 50% mengalami perubahan aroma lebih cepat yaitu terjadi pada hari ke-4.

Namun, Monica (2017) pada penelitiannya melaporkan bahwa dalam pengamatan buah stroberi segar selama 5 hari tidak mengalami perubahan aroma dikarenakan pada penelitian ini buah stroberi diberikan perlakuan tambahan berupa pelukaan epidermis dan pengolesan khamir sehingga perubahan aroma yang terjadi lebih cepat. Menurut Winarno (2002) perubahan aroma pada buah stroberi ini juga dapat diakibatkan oleh adanya reaksi kimia enzimatis.

Tekstur

Hasil penelitian mengenai tekstur buah stroberi menunjukkan bahwa buah stroberi mengalami pelunakan pada hari ke-3 pada perlakuan pengolesan akuades dan ekstrak akuades biji pepaya konsentrasi 1:1, sedangkan untuk pengolesan ekstrak akuades biji pepaya dan obat *ketoconazole* mengalami pelunakan pada hari ke-4. Hasil ini sejalan dengan penelitian Maula *et al.* (2020) bahwa buah stroberi mengalami perubahan tekstur paling cepat pada hari ke-3.

Menurut Kartasapoetra (1994) aktivitas metabolik pada buah stroberi dapat mempercepat kematangan buah, sehingga buah stroberi akan berubah tekstur menjadi lunak. Pernyataan ini diperkuat oleh Utama (2014) dan Yuniastri *et al.* (2020) dimana aktivitas metabolisme buah segar ditandai dengan proses respirasi. Proses respirasi buah ini akan menghasilkan panas sehingga meningkatkan suhu pada buah dan mengakibatkan penurunan mutu buah segar yang ditandai dengan penurunan kadar air, layu, dan adanya pertumbuhan mikroorganisme. Dengan adanya peningkatan suhu akibat proses respirasi ini akan menghasilkan lingkungan yang ideal bagi mikroorganisme pembusuk.

Pengukuran pH dan Keberadaan Mikroba Lain Pada Cairan

Pengukuran pH dan keberadaan mikroba lain seperti bakteri dan khamir dilakukan pada cairan buah yang dihasilkan selama proses pembusukan, sedangkan kapang diamati pada buah. Hasil pengamatan dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Pengukuran pH dan Pengamatan Keberadaan Mikroba Lain pada Cairan Buah Stroberi Busuk

Perlakuan	Ulangan	pH	Keberadaan Mikroba Lain		
			Bakteri	Khamir	Kapang
Konsentrasi 1:0	1	-	×	×	√
	2	-	×	×	√
	3	-	×	×	√
Konsentrasi 1:1	1	-	×	×	×
	2	8	√	√	√
	3	-	×	×	√
Kontrol Positif	1	-	×	×	√
	2	-	×	×	√
	3	-	×	×	×
Kontrol negatif	1	-	×	×	√
	2	-	×	×	√
	3	9	√	√	√

Tanda – pada pH menyatakan apa?

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH cairan yang dihasilkan setelah buah diamati proses pembusukannya selama 7 hari mengalami kenaikan. Hasil ini sejalan dengan pernyataan Alsuhendra *et al.* (2020) bahwa buah stroberi potong yang diberi perlakuan *edible coating* mengalami kenaikan pH setelah penyimpanan selama 24 jam. Hasil yang sama ditemukan pada penelitian Utari *et al.* (2018) bahwa buah stroberi selama pengamatan mengalami kenaikan pH yang semula bernilai 3,31 pada hari ke-3 menjadi 3,51.

Menurut Rahayu *et al.* (2015) kenaikan pH pada buah stroberi diakibatkan adanya proses pematangan buah yang akan menurunkan asam organik dan senyawa fenolik sehingga berkurangnya rasa sepat pada buah stroberi dan menghasilkan rasa manis, sedangkan menurut Buckle *et al.* (1995/1987?) kenaikan pH pada buah dapat diakibatkan oleh adanya aktivitas mikroba seperti bakteri, khamir, dan kapang. Pernyataan ini diperkuat oleh keberadaan mikroba lain selain inokulum yang ditemukan pada cairan yang dihasilkan dari buah stroberi busuk ini.

Pada Tabel 8 terlihat bahwa kapang hampir tumbuh di setiap buah hasil uji, hal ini dikarenakan kapang memiliki kemampuan untuk tumbuh pada kondisi yang kurang menguntungkan seperti kondisi kadar air dan pH yang rendah dan buah stroberi termasuk dalam buah dengan pH yang rendah karena memiliki banyak kandungan vitamin C (Sopandi & Wardah, 2014). Selain itu, Sudarmadji *et al.* (2007) menambahkan bahwa buah stroberi yang disimpan pada suhu ruang lebih cepat mengalami reaksi penurunan kadar vitamin C dibandingkan dengan buah stroberi yang disimpan dalam suhu rendah.

SIMPULAN

Ekstrak akuades biji pepaya berpengaruh dalam menghambat pertumbuhan khamir penyebab busuk buah tomat yang diduga *Geotrichum sp.* dan stroberi yang diduga *Pichia sp.* Pemberian ekstrak akuades biji pepaya terhadap pengaplikasian pada buah secara langsung dapat menghambat pertumbuhan khamir penyebab busuk buah dengan menambah masa simpan buah.

DAFTAR PUSTAKA

Agustina, E. (2017). Uji aktivitas senyawa antioksidan dari ekstrak daun tiin (*Ficus carica* Linn) dengan pelarut air, metanol dan campuran metanol-air. *Klorofil: Jurnal Ilmu Biologi dan Terapan*, 1(1), halaman?

- Ali, A., Maqbool, M., Ramachandran, S., & Alderson, P. G. (2010). Gum arabic as a novel edible coating for enhancing shelf- life and improving postharvest quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 58(1): 42-47.
- Amaliah, R. N., Rahmawanty, D., & Ratnapuri, P. H. (2018). Pengaruh variasi konsentrasi PVA dan HPMC terhadap stabilitas fisik masker gel *peel-off* ekstrak metanol biji pepaya (*Carica papaya* L.). *Jurnal Pharmascience*, 5(1), halaman?
- Andriani, E. S., Nurwantoro, & Hintono, A. (2018). Perubahan fisik tomat selama penyimpanan pada suhu ruang akibat pelapisan dengan agar-agar. *Jurnal Teknologi Pangan*, 2(2): 176-182.
- Anggrayeni, Y. T., Wijanarka, & Endang, K. (2019). Isolasi dan identifikasi morfologi serta biokimia khamir hasil isolasi dari buah tomat (*Lycopersicum esculentum*) yang berpotensi menghasilkan bioetanol. *Bioma*, 21(1), 16-24.
- Ariani, L. W., Purwato, U. R. E., & Syukur, M. (2019). Formulasi mikropartikel ekstrak etanol bunga rosela (*Hibiscus sabdariffa* L.) dalam sediaan sirup dan potensinya sebagai obat herbal antiobesitas. *Cendekia Eksakta*, 4(1), halaman?
- Bartz, J. A., Vallad, G. E., & Sargent, S. A. (2020). Guide to identifying and controlling postharvest tomato diseases in florida: HS866/HS131, rev 9/2020. *EDIS*, 2020(5), halaman?
- BSN (Badan Standarisasi Nasional). 2009. *Batas Kandungan Mikotoksin dalam Pangan*. SNI 7385. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Buckle, K. A., Edwards, R. A., Fleet, G. A., & Wooton, M. (1987). Food Science. Diterjemahkan oleh Hari Purnomo dan Adiono, Judul: Ilmu Pangan). Jakarta: UI Press.
- Chisari, M., Barbagallo, R. N., & Spagna, G. (2007). Characterization of polyphenol oxidase and peroxidase and influence on browning of cold stored strawberry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 3469-3479.
- Dooh, J. P. N., Tadzo, P. R. M., Deurnaye, P., Djongnang, G., & Ambang, Z. (2021). Effect of aqueous neem extract on development of *Pestalotia heterocornis* agent of pestalotia leaf blight of cashew in Far North Cameroon. *European Journal of Agriculture and Food Sciences*, 3(3), 1-6.
- FAO. 1981. Food Loss Prevention in Perishable Crops: II. Postharvest losses in perishable crops. FAO and UNEP, Rome, Italy. <https://www.fao.org/3/s8620e/S8620E00.htm>
- Fisher, D. M., Chang, P., Wada, D. R., Dahan, A., & Palmer, P. P. (2018). Pharmacokinetic properties of a sufentanil sublingual tablet intended to treat acute pain. *Anesthesiology*, 128(5), 943-952.
- Garuba, T., Olan, G. S., Lateef, A. A., Alaya, R. O., Awolowo, M., & Sulyman, A. (2020). Proximate composition and chemical profiles of Reishi mushroom (*Ganoderma lucidum* (Curt: Fr.) Karst). *Journal of Scientific Research*, 12(1), 103-110.
- Harianingsih, H. (2010). *Pemanfaatan limbah cangkang kepiting menjadi kitosan sebagai bahan pelapis (coater) pada buah stroberi*. Thesis Universitas Diponegoro. <http://eprints.undip.ac.id/25190/>.
- Intan, P. Y2020. *Pengaruh Ekstrak Biji Pepaya (Carica pepaya L) terhadap pertumbuhan fungi Candida albicans.. (HOAX)!* Skripsi UIN Raden Fatah Palembang. <http://repository.radenfatah.ac.id/id/eprint/7733>.
- Kalsum, U., Sukma, D., & Susanto, S. (2020). Pengaruh kitosan terhadap kualitas dan daya simpan buah tomat (*Solanum lycopersicum* L.). *Jurnal Pertanian Presisi (Journal of Precision Agriculture)*, 2(2), 67-76.
- Kim, Y. K., Kim, T. S., Shim, H. S., Park, K. S., Yeh, W. H., Hong, S. J., ... & Jee, H. J. (2011). First report of sour rot on post-harvest oriental melon, tomato, cucumber, potato, pumpkin and carrot caused by *Geotrichum candidum*. *Research in Plant Disease*, 17(2), 232-234.
- Kurtzman, C.P., Fell, J.W. (2006). Yeast Systematics and Phylogeny — Implications of molecular identification methods for studies in ecology. In: Péter, G., Rosa, C. (eds) Biodiversity and Ecophysiology of Yeasts. The Yeast Handbook. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/3-540-30985-3_2
- Van Linden, V. Scheerlinck, N. Desmet, M., & De Baerdemaeker, J. (2007). Factors that affect tomato bruise development as a result of mechanical impact. *Postharvest Biology and Technology*, 42(3), 260-270.
- Mahmood, T., Farooq, A. Tahira, I., Bhatti, I. A., & Muhammad, A. (2012). Mineral composition of stroberi, mulberry and cherry fruits at different ripening stages as analyzed by inductively coupled plasma-optical emission spectroscopy. *Journal of Plant Nutrition*, 35, 111-122.
- Maula, R. N. M., Astuti, A. P., & Maharani, E. T. W. (2020). Analisis Efektifitas Penggunaan Eco-enzyme pada Pengawetan Buah Stroberi dan Tomat dengan Perbandingan Konsentrasi. *Edusaintek*, 4.

- Monica, S., Pranata, F. S., & Swasti, Y. R. (2017). Peningkatan masa simpan buah stroberi (*Fragaria vesca*) dengan pemberian *edible coating* dari pati batang aren (*Arenga pinnata*) dan sari jeruk nipis (*Citrus Aurantifolia*). Universitas Atma Jaya Yogyakarta. <http://e-journal.uajy.ac.id/id/eprint/12933>
- Mulyono, L. M. (2013). Aktivitas antibakteri ekstrak etanol biji buah pepaya (*Carica pepaya* L.) terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Calyptra Jurnal Ilmiah Mahasiswa*, 2(2), halaman?
- Novalinda, D., & Yanti, L. (2014). *Keamanan Pangan pada Pasca Panen Sayuran*. Jambi: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jambi.
- Nugroho, A., & Andasari, S. D. (2019). Aktivitas antibakteri ekstrak etanol daun ketapang (*Terminalia catappa* L) terhadap bakteri *Streptococcus mutans*. *Cerata Jurnal Ilmu Farmasi*, 10(2), 56-60.
- Pardede, E. (2009). Buah dan sayur olahan secara minimalis. *Visi*, 17(3), 245–254.
- Rahayu, A., Astuti, D. P., & Hamdani, R. (2015). Pertumbuhan dan produksi stroberi (*Fragaria vesca* L.) pada volume media tanam dan frekuensi pemberian pupuk NPK berbeda. *Jurnal Agronida*, 1(1), 46-56.
- Restyana, A., Ihtiramidina, U., & Kristianingsih, I. (2020). Formulasi dan uji antibakteri topikal mikroemulsi ekstrak biji pepaya (*Carica papaya* L.) pada bakteri *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Wiyata: Penelitian Sains dan Kesehatan*, 6(2), 73-79.
- Sargent, S. (2000). Ripening tomatoes with ethylene. University of Florida (<https://ufdcimages.uflib.ufl.edu/IR/00/00/46/98/00001/CV20600.PDF> diakses 14 Juli 2021).
- Sihombing, M. W. & Saraswati, I. 2018. Uji efektivitas antijamur ekstrak biji pepaya (*Carica pepaya* L.) terhadap pertumbuhan *Malassezia furfur* secara *in vitro*. *Diponegoro Medical Journal*, 7(2), 724-732.
- Sinaga, R.M. (1994). Penelitian mutu fisis buah beberapa varietas tomat. *Buletin Penelitian Hortikultura*, volume, halaman?
- Sopandi, T., & Wardah. (2014). *Mikrobiologi Pangan*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Sudarmadji, S., Haryono, B., & Suhardi. (2007). *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Liberty.
- Sugriawan, W. (2006). Peningkatan efektifitas media isolasi khamir contoh kecap dengan penambahan kecap. Temu Teknis Nasional Tenaga Fungsional Pertanian.
- Tarigan, N. Y. S., Utama, I. M. S., & Kencana, P. K. D. (2016). Mempertahankan mutu buah tomat segar dengan pelapisan minyak nabati. *Jurnal BETA*, 4(1), 1-9.
- Thompson, J. D. Gibson, T. J., Plewniak, F., Jeanmougin, F., & Higgins, D. G. (1997). The Clustal X Windows interface: flexible strategies for multiple sequence alignment aided by quality analyse tools. *Nucleic Acid Res*, 25, 4876-4882.
- Tournas, V. H., Heeres, J., & Burgess, L. (2006). Moulds and yeasts in fruit salads and fruit juices. *Food microbiology*, 23(7), 684-688.
- Utama, I. M. S., Yulianti, N. L., Prastya, O. A., & Luther, G. (2014). Sesame and lemon grass oils as coating materials to reduce the deterioration of tomato fruits during storage. In *Proceedings of the National Seminar of Indonesian Horticultural Society* (pp. 1-9).
- Utari, R. R. D., Soedibyo, D. W., & Purbasari, D. (2018). Kajian sifat fisik dan kimia buah stroberi berdasarkan masa simpan dengan pengolahan citra. *Jurnal Agroteknologi*, 12(02), 138-148.
- Walker, G. M. (2011). *Pichia anomala*: cell physiology and biotechnology relative to other yeasts. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 99(1), 25-34.
- Wardoyo, E. R. P., Hildayati, U., & Kurniatuhadi, R. (2021). Phytochemical analysis and antifungi activity of methanol extract of *Acalypha hispida* Burm. F. flower against to *Candida albicans* (Y116). In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1940, No. 1, p. 012056). IOP Publishing.
- Widiastutik, N., & Nur, H. A. (2014). Isolasi dan Identifikasi *Yeast* dari rhizosfer *Rhizophora mucronata* Wonorejo. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 3(1), 2337-3520.
- Willes, J. V. (2000). Water vapor transmission rates of chitosan film. *Journal of Food Science*, 60, 7-10
- Winarno, F. G. (2002). *Fisiologi Lepas Panen Produk Hortikultura*. Bogor: Mbrio Press.
- Yuniastri, R., Ismawati, I., Atkhiyah, V. M., & Al Faqih, K. (2020). Karakteristik kerusakan fisik dan kimia buah tomat. *Journal of Food Technology and Agroindustry*, 2(1), 1-8.
- Yusuf, M., & Alyidrus, R. (2020). Uji antiangiogenesis secara *in vivo* ekstrak etanol biji kopi robusta (*Coffea robusta*) dengan Metode Chorio Allantoic Membrane (CAM). *Jurnal Farmasi Galenika (Galenika Journal of Pharmacy)*, 6(1), 63-69.