



Kajian Penyebaran Penyakit *Erwinia chrysanthemi* pada Buah Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) Selama Penyimpanan

Study on the Spread of Erwinia chrysanthemi Infection in Pineapple Fruit During Postharvest Storage

Cicih Sugianti^{1*}, Diva Rizki¹, Nanda Efan Apria²

¹ Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

² PT Great Giant Pineapple, Plantation Group 4, Kecamatan Labuhan Ratu, Kabupaten Lampung Timur

*Corresponding Author: cicih.sugianti@fp.unila.ac.id

Abstract. Pineapple is one of Indonesia's leading horticultural commodities with high economic value; however, its postharvest quality and shelf life are often reduced by infection of *Erwinia chrysanthemi*, the causal agent of Soft Rot. This study aimed to investigate the spread of fruit rot disease in pineapple during postharvest storage through direct contact between infected and healthy fruits, to observe the early symptoms and incubation period of the disease, and to evaluate the relationship between bruising, *E. chrysanthemi* infection, and fruit weight loss during storage. Observations were conducted on disease development, bruising incidence, bacterial infection percentage, and fruit weight loss throughout the storage period. The results showed that *E. chrysanthemi* transmission occurred through direct contact between healthy and infected fruits. Early symptoms of infection were characterized by tissue softening, mucus formation on the fruit surface, and a distinctive rotten odor. The incubation period ranged from 4 to 12 days depending on storage conditions. Regression analysis demonstrated that bruising level was strongly associated with the development of *E. chrysanthemi* infection, with a coefficient of determination (R^2) of 0.8097. Furthermore, *E. chrysanthemi* infection was strongly associated with increased fruit weight loss, with an R^2 value of 0.8865. Bruising caused tissue damage that facilitated bacterial invasion, while infection development accelerated tissue degradation and water loss, leading to greater weight loss during storage. These findings highlight the importance of minimizing mechanical damage and implementing proper postharvest handling practices to reduce disease spread and maintain pineapple fruit quality during storage and distribution.

Keyword: *Erwinia chrysanthemi* Infection, Fruit Rot, Pineapple, Storage.

1. Pendahuluan

Nanas (*Ananas comosus* L. Merr.) merupakan salah satu komoditas hortikultura unggulan yang memiliki potensi besar untuk terus dikembangkan. Selain diminati di pasar domestik, nanas juga mendominasi perdagangan buah tropis dunia dengan kontribusi sekitar 20% dari total produksi buah tropis global. Indonesia menempati posisi ketiga sebagai produsen nanas terbesar setelah Thailand dan Filipina (Tim Karya Tani Mandiri, 2010). Berdasarkan data Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian (2013), lima provinsi utama penghasil nanas di Indonesia adalah Lampung, Jawa Barat, Sumatera Utara, Riau, dan Jawa Tengah, dengan Lampung sebagai penyumbang terbesar, khususnya Kabupaten Lampung Tengah yang mendominasi produksi provinsi tersebut.

Buah nanas dikenal karena rasa segarnya serta kandungan nutrisinya yang tinggi, terutama vitamin B kompleks dan vitamin C. Nanas dapat dikonsumsi dalam berbagai bentuk, seperti buah segar, jus, selai, maupun campuran makanan. Selain buahnya, bagian lain dari tanaman juga memiliki nilai ekonomis, seperti daun yang mengandung serat untuk bahan tekstil (Sunarjono, 2000) dan enzim bromelain yang bermanfaat untuk melunakkan daging. Bahkan limbah kulit nanas dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak atau pupuk organik. Namun, di balik potensi tersebut, budidaya nanas menghadapi tantangan serius akibat serangan organisme pengganggu tanaman (OPT), terutama penyakit busuk buah yang disebabkan oleh infeksi bakteri (Sunarjono, 2000).

Penyakit *Fruit Collapse* dan *Bacterial Heart Rot* menjadi ancaman utama pada varietas nanas rendah asam yang banyak dibudidayakan. Kasus *Fruit Collapse* telah dilaporkan di Malaysia, Brasil, dan Indonesia (Rohrbach dan Johnson, 2003; Korres et al., 2010; Prasetyo dan Aeny, 2014), dengan kerugian produksi mencapai 50% akibat pembusukan buah menjelang panen. Adapun *Bacterial Heart Rot* ditemukan di berbagai daerah tropis seperti Malaysia, Brasil, Filipina, dan Hawaii (Rohrbach dan Johnson, 2003; Ramachandran et al., 2015). Salah satu bakteri penyebab penyakit ini adalah *Erwinia chrysanthemi*, yang bersifat Gram-negatif dan anaerob fakultatif (Oviana et al., 2015). Bakteri tersebut menyebabkan pelunakan jaringan tanaman (*soft rot*) dengan gejala berupa pembusukan pada buah, munculnya garis-garis cokelat, serta luka melepuh pada daun. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mempelajari proses penyebaran penyakit busuk buah pada buah nanas melalui kontak langsung antar buah selama penyimpanan, mengamati gejala awal infeksi, dan menentukan masa inkubasinya

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Packing House 02 Fresh Pineapple, PT.Great Giant Pineapple Plantation Group 4, Kecamatan Labuhan Ratu, Kabupaten Lampung Timur. Alat yang digunakan pada pengamatan kali ini adalah timbangan *digital*, alat tulis, kamera dan label. Bahan yang digunakan adalah Buah Nanas yang telah melewati proses sortasi berdasarkan berat buah dan buah nanas terindikasi penyakit *Erwinia*.

2.1 Simulasi Infeksi *Erwinia* Buah Nanas dalam Kemasan

Mekanisme penyebaran bakteri *Erwinia chrysanthemi* pada buah nanas pascapanen dapat terjadi melalui kontak langsung antara buah sehat dan buah yang sudah terinfeksi, yang ditandai dengan perubahan fisik seperti tekstur yang melunak, keluarnya gelembung busa, aroma alkohol, serta perubahan warna kulit yang semakin meluas seiring waktu penyimpanan. Untuk mengamati hal tersebut, dilakukan kajian dengan menempatkan buah sehat berdampingan dengan buah terinfeksi serta mengatur kondisi penyimpanan dan mengelompokkan buah berdasarkan kisaran beratnya, karena perbedaan berat dapat memengaruhi munculnya gejala infeksi. Pengelompokan ini juga memastikan perlakuan berlangsung secara terkontrol dan sesuai standar lapangan. Sebagai data pendukung, digunakan hasil penimbangan buah yang disajikan dalam Tabel 1, yang menunjukkan kisaran berat minimum, maksimum, dan rata-rata dari setiap kelompok buah, sehingga informasi

tersebut dapat dijadikan acuan dalam menentukan kategori buah yang digunakan selama pengamatan agar hasil lebih representatif dan terukur.

Tabel 1. Standar bobot buah nanas

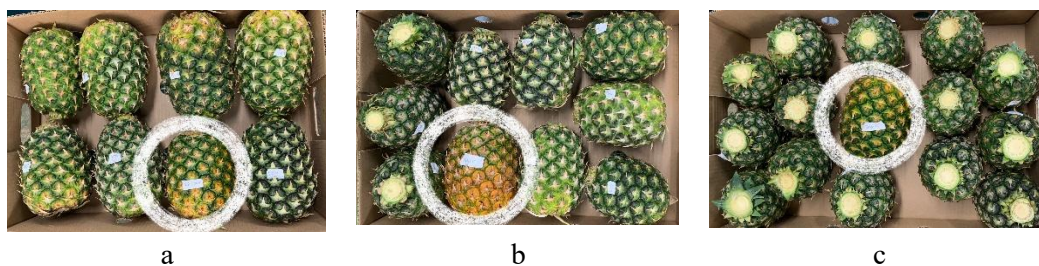
No.	Kategori Sampel	Bobot (Kg/buah)
1.	CL8	1,60 - 2,05
2.	CL10	1,00 - 1,59
3.	CL15	0,60 – 0,99

Penyusunan kotak buah nanas dilakukan di atas palet kayu sebagai dasar penempatan agar stabil dan mudah dipindahkan, dengan setiap palet berisi sembilan box yang ditata dalam tiga posisi, masing-masing lapisan terdiri dari tiga box. Penataan ini dipilih untuk menjaga keseimbangan susunan sekaligus memaksimalkan kapasitas ruang penyimpanan tanpa mengurangi aspek keamanan produk. Setiap palet disusun secara homogen berdasarkan Stock Keeping Unit (SKU) seperti CL8, CL10, dan CL15 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2, sehingga dalam satu palet hanya terdapat box dengan kode yang sama guna memudahkan identifikasi, pencatatan, dan pengaturan perlakuan selama tahap pengamatan. Box kontrol ditempatkan terpisah dengan diberi jarak dari kelompok perlakuan utama untuk mencegah kemungkinan kontak tidak langsung yang dapat memengaruhi validitas hasil, sekaligus memastikan faktor lingkungan yang diamati benar-benar independen dan tidak terpengaruh kondisi perlakuan lainnya.



Gambar 2. Penyusunan box

Penyusunan buah nanas di dalam box dilakukan dengan menempatkan beberapa buah sehat bersama satu buah yang telah terinfeksi *Erwinia* secara khusus di bagian tengah susunan, agar buah sakit memiliki kontak lebih dekat dengan buah sehat di sekitarnya sehingga memudahkan pengamatan kemungkinan interaksi atau penyebaran gejala. Dalam kotak, buah disusun rapi dan stabil agar tidak mudah bergeser selama penyimpanan, dengan posisi buah terinfeksi dikelilingi oleh buah sehat di setiap sisi maupun bagian atas dan bawah sehingga benar-benar berada di pusat susunan. Penyusunan ini tidak hanya menjaga kerapian dan kestabilan sampel, tetapi juga mendukung proses pengamatan selama periode penyimpanan, seperti ditunjukkan pada Gambar 3, di mana buah yang terinfeksi *Erwinia* ditempatkan tepat di tengah untuk menciptakan kondisi lingkungan box yang lebih representatif dalam melihat potensi penyebaran maupun perubahan mutu buah akibat interaksi antar sampel.



Gambar 3. Sampel buah pengamatan (a) CL8, (b)CL10, dan (c) CL15

2.2 Pengamatan Mutu dan Penyebaran *Erwinia* pada Buah Nanas melalui Infeksi Kontak

2.2.1 Susut bobot

Pengamatan susut bobot buah nanas dilakukan dengan menimbang berat buah nanas selama hari penyimpanan. Penurunan susut bobot dapat dihitung menggunakan Persamaan (1).

$$W_L(\%) = 100 - \left(\frac{W_0 - W_t}{W_0} \times 100\% \right) \quad (1)$$

dimana W_L adalah susut bobot (%), W_0 adalah berat nanas awal (g), W_t = berat nanas pada saat pengamatan (g)

2.2.2 Persentase Penyebaran *Erwinia*

Perhitungan penyebaran kondisi buah (mencakup buah yang terinfeksi *Erwinia*, mengalami bruises, busuk, maupun masih segar) dilakukan dengan cara sederhana. Estimasi dihitung berdasarkan jumlah buah yang menunjukkan kondisi tertentu dibagi dengan total buah yang tersimpan, kemudian dikalikan 100% untuk mendapatkan persentase. Perhitungan ini dilakukan per kotak terlebih dahulu agar gambaran penyebaran penyakit bisa lebih akurat. Setelah itu, hasil dari tiap kotak dirata-ratakan untuk mewakili kondisi pada masing-masing SKU. Dengan metode ini, data yang diperoleh bisa lebih konsisten dan memudahkan dalam membandingkan pola penyebaran antar perlakuan selama masa penyimpanan. Persamaan estimasi penyebaran dapat dilihat pada Persamaan (1)

$$\text{Estimasi Penyebaran} = \frac{\text{Banyaknya Buah Terinfeksi}}{\text{Buah Tersimpan}} \times 100\% \quad (2)$$

2.2.3 Pengamatan Bruise Pada Buah Nanas

Pengamatan bruise dilakukan selama penyimpanan dengan mengamati keberadaan memar (*bruise*) pada buah nanas.

2.3 Analisis Data

Penelitian ini disusun menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan pengelompokan berdasarkan berat buah dan hari penyimpanan untuk mengurangi pengaruh keragaman kondisi buah selama pengamatan. Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap parameter yang diamati. Apabila hasil analisis menunjukkan pengaruh nyata, maka dilanjutkan dengan uji perbandingan menggunakan Duncan's Multiple Range Test (DMRT) pada taraf kepercayaan 5% untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan.

Selain itu, analisis regresi linear dilakukan untuk mengetahui hubungan antara persentase infeksi *Erwinia chrysanthemi* dengan susut bobot Nanas, serta hubungan antara tingkat bruise dengan perkembangan infeksi *E. chrysanthemi* selama penyimpanan. Analisis regresi digunakan untuk menentukan pola hubungan antar variabel serta besarnya kontribusi masing-masing faktor yang ditunjukkan oleh nilai koefisien determinasi (R^2).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengamatan Penyebaran *Erwinia* pada Buah Nanas melalui Infeksi Kontak

Penyebaran penyakit *Erwinia* pada buah nanas terjadi melalui dua jalur utama, yaitu kontak fisik antarbuah dan perantara cairan yang keluar dari buah terinfeksi. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa buah yang bersentuhan langsung dengan sampel terinfeksi mengalami gejala berupa kulit yang mulai menggelap, sedangkan cairan eksudat yang keluar juga berperan besar dalam menyebarkan bakteri, terutama jika mengenai bagian pangkal atau potongan mahkota yang memiliki luka sehingga mempercepat masuknya infeksi. Menariknya, buah yang posisinya jauh dari sampel terinfeksi justru lebih sering menunjukkan gejala lebih awal dibandingkan buah yang bersentuhan langsung, diduga karena cairan yang mengalir mengenai area luka pada mahkota atau pangkal membuat infeksi lebih mudah berkembang. Pengamatan pada suhu ruang dengan sampel buah matang tanpa luka mekanis juga membuktikan bahwa infeksi tetap dapat terjadi bahkan sejak buah masih segar, dengan gejala awal mulai muncul pada hari keempat dan penyebaran terus meningkat seiring waktu. Meskipun terdapat perbedaan jumlah buah terinfeksi antar kotak, selisihnya tidak terlalu jauh sehingga laju penyebaran relatif seragam, menegaskan bahwa baik kontak langsung maupun perantara cairan sama-sama berperan penting dalam penyebaran penyakit *Erwinia*, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3A melalui gejala penggelapan kulit akibat kontak, dan pada Gambar 4B melalui penyebaran cairan yang menjadi penyebab infeksi pada buah nanas.



Gambar 4. Faktor penyebaran bakteri *Erwinia chrysanthemi*, (a) infeksi kulit dan (b) infeksi penyebaran cairan *Erwinia*

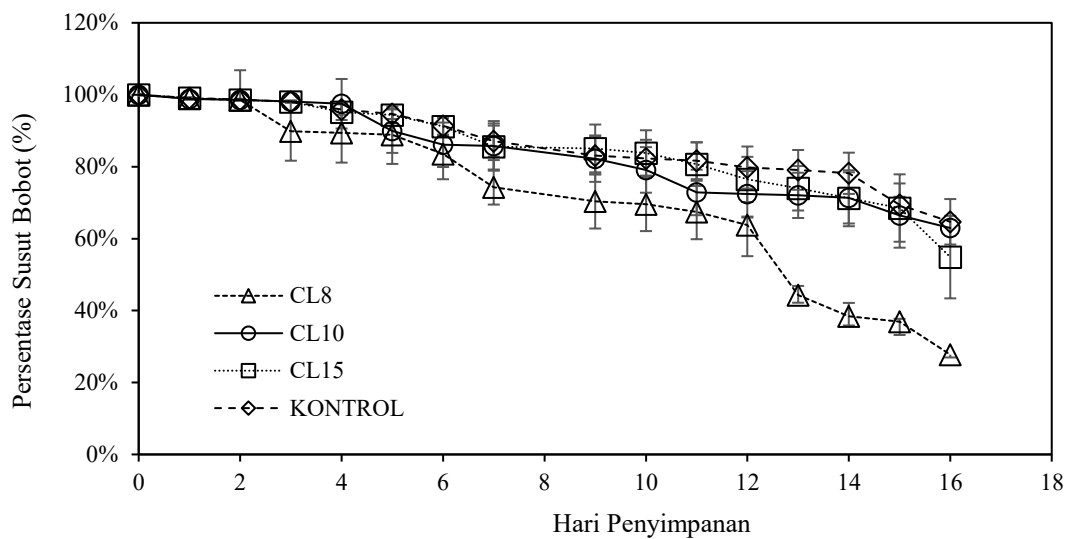
Gejala awal infeksi *Erwinia* pada buah nanas ditandai dengan tekstur buah yang mulai lunak dibandingkan buah sehat, kemudian muncul cairan yang merembes keluar disertai gelembung-gelembung busa beraroma khas menyerupai alkohol. Seiring perkembangan infeksi, busa dapat keluar dalam jumlah lebih banyak tanpa adanya tekanan dari luar hingga menghasilkan cairan berlebih di sekitar permukaan buah. Selain perubahan tekstur dan keluarnya cairan, warna kulit buah juga mengalami perubahan, dari bercak kecokelatan yang kemudian berangsur menghitam. Permasalahan yang kerap muncul adalah gejala ini mirip dengan bruises sehingga sulit dibedakan hanya dari tampilan luar, sehingga diperlukan pembelahan buah untuk memastikan. Buah yang terinfeksi *Erwinia* umumnya menunjukkan jaringan yang rusak dan renggang dengan luka yang menyebar ke bagian dalam daging buah, sedangkan pada bruises kerusakan cenderung terbatas hanya pada area tertentu tanpa penyebaran ke jaringan sekitarnya. Dengan demikian, identifikasi lebih jelas mengenai ciri khas infeksi *Erwinia* dapat dilakukan melalui pengamatan fisik maupun kondisi daging buah nanas sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Buah Nanas yang terserang *Erwinia chrysanthemi*, (a) kondisi fisik buah dan (b) kondisi daging buah

3.2 Susut Bobot

Buah yang terinfeksi *E. chrysanthemi* menunjukkan penurunan bobot lebih cepat dibandingkan buah sehat karena proses pembusukan mempercepat degradasi jaringan sehingga air dan cairan lain lebih cepat keluar, yang tidak hanya mempercepat susut bobot tetapi juga memperparah gejala infeksi berupa bau menyengat dan tekstur lembek. Dengan demikian, susut bobot dapat berfungsi sebagai indikator mutu pascapanen sekaligus penanda tidak langsung terhadap keberadaan infeksi serta tingkat keparahannya selama penyimpanan, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Susut bobot buah nanas yang terinfeksi erwinia selama penyimpanan

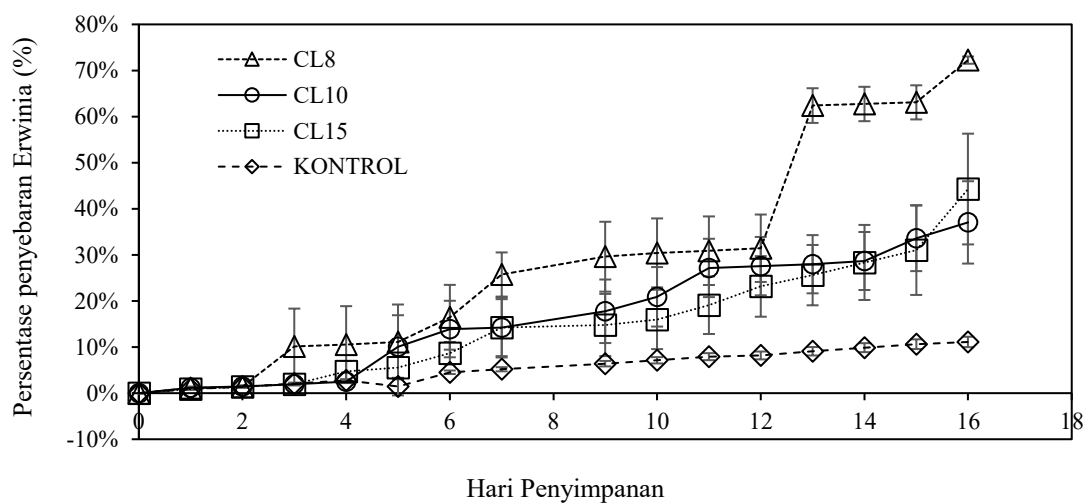
Susut bobot buah nanas pada CL8 dimulai dari 0% di hari ke-0, naik menjadi 1% di hari ke-2, kemudian meningkat tajam sejak hari ke-5 hingga hari ke-12 mencapai 6%, terus bertambah hingga 12% pada hari ke-17, lalu sedikit turun menjadi 11% di hari ke-18 bukan karena bobot bertambah melainkan akibat jumlah sampel yang tersisa hanya satu buah dengan penurunan bobot lebih kecil dari rata-rata. Pola pada CL10 hampir sama, tetapi persentasenya sedikit lebih tinggi, misalnya 4% di hari ke-8, 7% di hari ke-12, dan mencapai 11% pada akhir penyimpanan, menunjukkan penyusutan bobot lebih cepat dibanding CL8. Pada CL15, susut bobot meningkat konsisten dari 0% hingga 12% pada hari ke-18 dengan kenaikan stabil antara 3–10% sejak hari ke-5 sampai hari ke-15, sehingga meskipun hasil akhirnya sama dengan CL10, laju penyusutan lebih merata tanpa lonjakan. Sementara itu, kontrol menunjukkan susut bobot paling tinggi dengan 5% di hari ke-7, 10% di hari ke-13, dan

12% di hari ke-17, menandakan bahwa tanpa perlakuan buah lebih cepat kehilangan bobot dan kondisi ini menjadi pembanding alami terhadap perlakuan CL8, CL10, dan CL15.

Hasil analisis sidik ragam ($\alpha = 5\%$) menunjukkan bahwa pengelompokan berdasarkan berat sampel memberikan pengaruh nyata terhadap susut bobot selama penyimpanan. Perbedaan berat awal buah diduga memengaruhi laju kehilangan air dan proses respirasi sehingga menyebabkan perbedaan tingkat susut bobot antar kelompok buah. Buah dengan ukuran dan berat yang berbeda memiliki karakteristik fisiologis yang berbeda pula, terutama terkait kandungan air dan luas permukaan buah yang memengaruhi proses transpirasi selama penyimpanan. Selain itu, lama hari penyimpanan juga berpengaruh nyata terhadap susut bobot buah nanas. Persentase susut bobot cenderung meningkat seiring bertambahnya waktu penyimpanan. Hal ini terjadi karena selama penyimpanan buah terus mengalami proses respirasi dan transpirasi yang menyebabkan kehilangan air dan penurunan massa buah. Semakin lama buah disimpan, semakin besar kehilangan air yang terjadi sehingga susut bobot buah menjadi semakin tinggi.

3.3 Penyebaran Penyakit *Erwinia*

Penyakit yang disebabkan oleh *E. chrysanthemi* merupakan masalah serius pada budidaya nanas, terutama busuk jantung (*heart rot*) yang ditandai pelunakan jaringan, keluarnya cairan berbau busuk, dan pembusukan bagian tengah tanaman hingga menyebabkan kematian mendadak, khususnya pada varietas berasam rendah yang lebih rentan. Penyebaran dapat terjadi melalui kontak langsung, alat pertanian, air irigasi tercemar, atau luka pada tanaman, dan semakin cepat berkembang di lingkungan lembap dan hangat. Oleh karena itu, pengendalian perlu dilakukan secara terpadu melalui sanitasi, pengaturan jarak tanam, serta pemusnahan tanaman terinfeksi, dengan hasil pengamatan selama 18 hari ditunjukkan pada Gambar 6 yang memperlihatkan peningkatan infeksi dari hari ke hari.



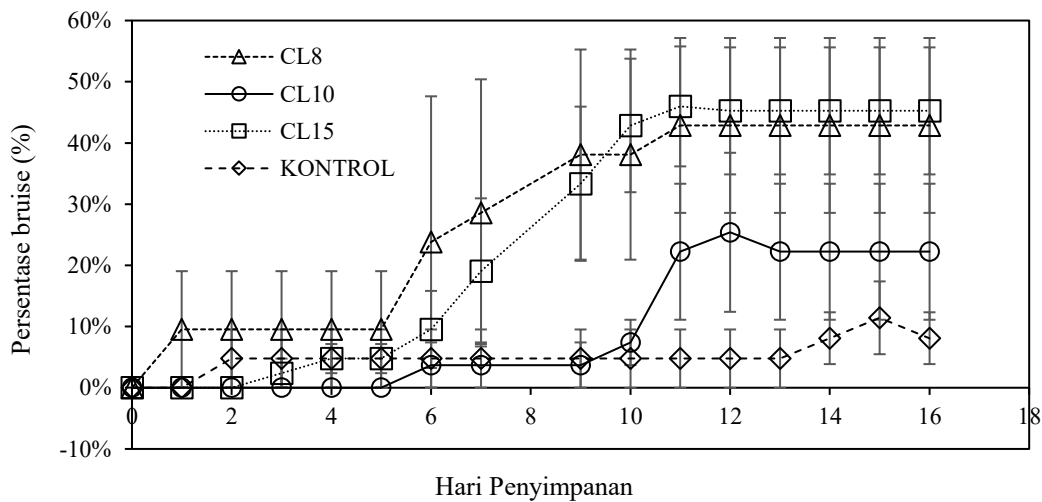
Gambar 6. Penyebaran penyakit *Erwinia*

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa gejala infeksi *Erwinia* pada buah nanas mulai muncul antara hari ke-4 hingga ke-12, dengan CL8 memiliki tingkat infeksi tertinggi mencapai 43% sejak hari ke-11 hingga akhir pengamatan, sedangkan CL10 meski gejala muncul lebih awal hanya stabil di 11%, dan CL15 menunjukkan kerentanan sedang dengan 14% hingga 29% tergantung ulangan. Beberapa data sempat kosong pada hari tertentu karena keterlambatan pengamatan, namun pola infeksi tetap konsisten bahwa CL8 paling rentan, diikuti CL15 dan CL10, sementara kontrol tidak menunjukkan infeksi sama sekali hingga akhir penyimpanan.

Hasil analisis sidik ragam ($\alpha = 5\%$) menunjukkan bahwa pengelompokan berdasarkan berat sampel serta lama hari penyimpanan memberikan pengaruh nyata terhadap sebaran infeksi *E. chrysanthemi* pada nanas selama penyimpanan. Perbedaan berat buah diduga memengaruhi tingkat kerentanan buah terhadap infeksi bakteri karena berkaitan dengan kondisi fisiologis, kandungan air, dan karakteristik jaringan buah. Selain itu, sebaran infeksi *E. chrysanthemi* cenderung meningkat seiring bertambahnya lama penyimpanan. Kondisi penyimpanan yang semakin lama memberikan kesempatan bagi bakteri untuk berkembang dan menyebar lebih luas melalui kontak antar buah, terutama pada buah yang mengalami kerusakan jaringan selama penyimpanan.

3.4 Penyebaran Bruises

Bruises pada buah nanas merupakan kerusakan mekanis akibat benturan, tekanan, atau gesekan saat panen, pengangkutan, maupun penyimpanan, yang menimbulkan memar, pelembehan, dan perubahan warna sehingga menurunkan mutu. Kondisi ini dapat dilihat pada Gambar 7, dimana buah membuka celah bagi masuknya patogen seperti *Erwinia*, karena jaringan yang rusak lebih mudah ditembus dan menciptakan lingkungan lembap kaya nutrisi yang mempercepat infeksi. Oleh sebab itu, keberadaan bruises tidak hanya memengaruhi kualitas fisik buah, tetapi juga meningkatkan risiko kontaminasi bakteri, sehingga diperlukan penanganan hati-hati pada setiap tahap produksi dan distribusi.



Gambar 7. Penyebaran Bruises

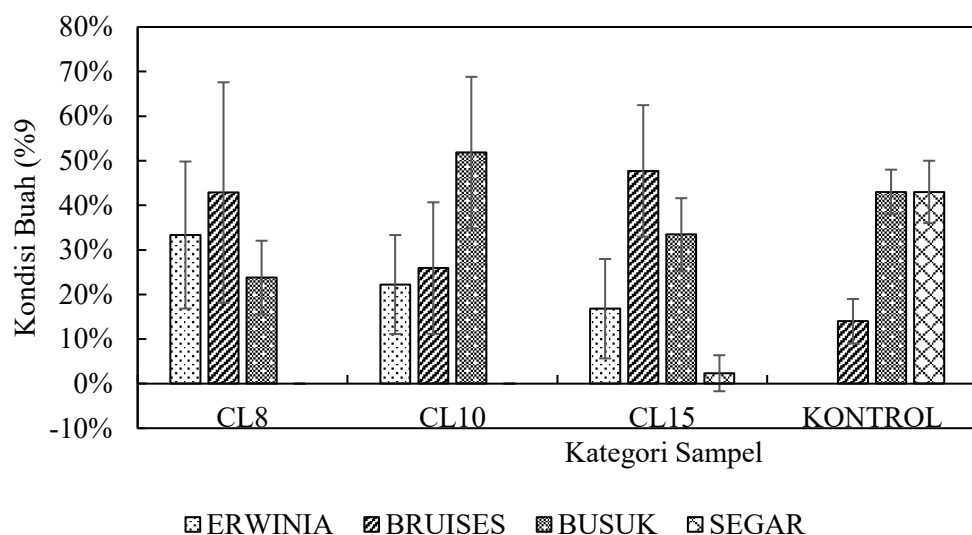
Kerusakan berupa bruises pada buah nanas mulai terlihat sejak hari pertama pengamatan, dengan CL8 ulangan 3 langsung mencapai 29% dan terus meningkat hingga 71%, sementara CL15 ulangan 2 menunjukkan lonjakan signifikan hingga 64% pada hari ke-13 dan stabil sampai akhir. Sebaliknya, kontrol dan perlakuan dalam box konstan di 14%, mengindikasikan bahwa gesekan atau tekanan selama penyimpanan turut memengaruhi timbulnya memar. Secara umum, bruises meningkat seiring waktu penyimpanan, namun variasi antarperlakuan berbeda, di mana CL8 menunjukkan fluktuasi terbesar dengan standar deviasi tinggi (25–41%) menandakan data kurang konsisten antarulangan, sedangkan CL10 dan CL15 memiliki sebaran lebih stabil dengan standar deviasi yang lebih rendah (15–18%) hingga akhir pengamatan.

Hasil analisis sidik ragam ($\alpha = 5\%$) menunjukkan bahwa pengelompokan berdasarkan berat sampel serta lama hari penyimpanan memberikan pengaruh nyata terhadap sebaran bruise pada

Nanas selama penyimpanan. Perbedaan berat buah diduga memengaruhi tingkat kerentanan buah terhadap kerusakan mekanis karena berkaitan dengan tekanan antar buah, struktur jaringan, dan daya tahan kulit buah selama penyimpanan. Selain itu, tingkat bruise cenderung meningkat seiring bertambahnya lama penyimpanan akibat terjadinya tekanan kontinu antar buah, penurunan kekuatan jaringan, serta proses fisiologis yang menyebabkan jaringan buah menjadi lebih lunak dan mudah mengalami memar selama penyimpanan dan distribusi.

3.5 Distribusi Kondisi Buah

Untuk memahami kondisi buah secara keseluruhan, sampel sebanyak 97 buah dikelompokkan dalam empat kategori utama: terinfeksi *Erwinia*, mengalami bruises, busuk, dan masih segar. Distribusi tiap kategori ditampilkan pada Gambar 8 dalam bentuk diagram, sehingga memperjelas proporsi kerusakan maupun buah yang tetap segar hingga akhir pengamatan.



Gambar 8. Kondisi distribusi buah

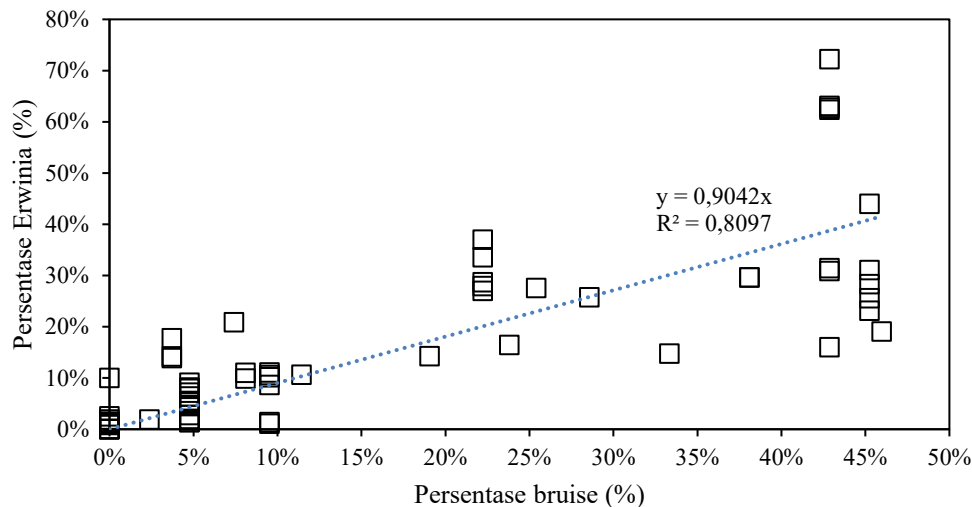
Berdasarkan data, kondisi buah setelah perlakuan menunjukkan variasi yang jelas, di mana infeksi *Erwinia* paling tinggi terjadi pada CL8 dengan rata-rata 33% (SD 16%), sedangkan CL10 dan CL15 lebih rendah masing-masing 22% dan 17% (SD 11%). Untuk bruises, CL15 mencatat rata-rata tertinggi 48% diikuti CL8 sebesar 43% dan CL10 sebesar 26%, dengan CL8 memiliki standar deviasi paling besar (25%) sehingga datanya kurang konsisten dibanding CL10 dan CL15 (15%). Pada kondisi busuk, CL10 menempati posisi tertinggi dengan rata-rata 52% (SD 17%), sedangkan CL8 dan CL15 lebih rendah (24% dan 33%). Sementara itu, kondisi segar justru lebih banyak terdapat pada kontrol dengan rata-rata 43%, sedangkan CL8 dan CL10 bernilai 0% dan CL15 hanya sedikit, dipengaruhi keterlambatan pengamatan ulangan 3 yang hanya berlangsung 17 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa perlakuan cenderung mempercepat penurunan mutu buah dibandingkan kontrol yang mampu mempertahankan kesegaran lebih lama.

Berdasarkan data, kondisi buah setelah perlakuan menunjukkan variasi yang jelas, di mana infeksi *Erwinia* paling tinggi terjadi pada CL8 dengan rata-rata 33% (SD 16%), sedangkan CL10 dan CL15 lebih rendah masing-masing 22% dan 17% (SD 11%). Untuk bruises, CL15 mencatat rata-rata tertinggi 48% diikuti CL8 sebesar 43% dan CL10 sebesar 26%, dengan CL8 memiliki standar deviasi paling besar (25%) sehingga datanya kurang konsisten dibanding CL10 dan CL15 (15%). Pada kondisi busuk, CL10 menempati posisi tertinggi dengan rata-rata 52% (SD 17%), sedangkan CL8 dan CL15 lebih rendah (24% dan 33%). Sementara itu, kondisi segar justru lebih banyak terdapat

pada kontrol dengan rata-rata 43%, sedangkan CL8 dan CL10 bernilai 0% dan CL15 hanya sedikit. Hasil ini menunjukkan bahwa perlakuan cenderung mempercepat penurunan mutu buah dibandingkan kontrol yang mampu mempertahankan kesegaran lebih lama.

3.6 Korelasi Infeksi *Erwinia* dengan Beberapa Parameter Mutu

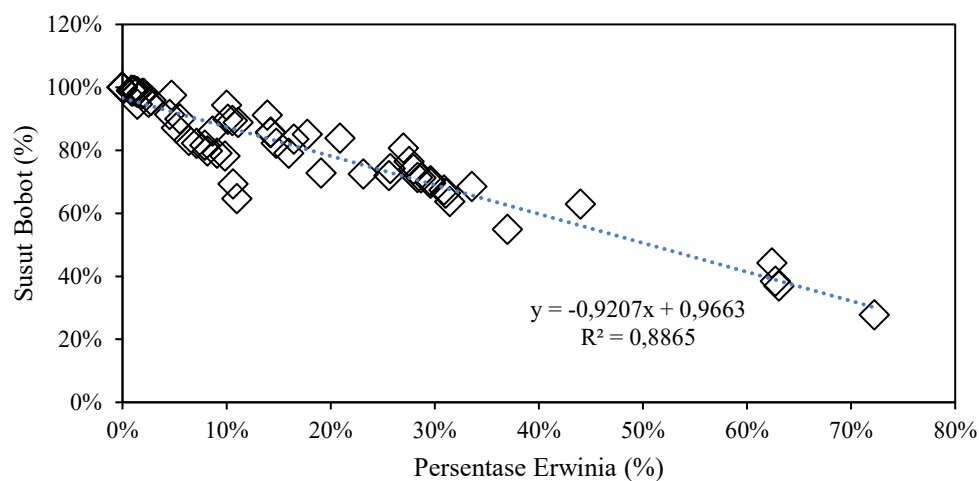
Kerusakan mekanis berupa bruise merupakan salah satu faktor utama yang menurunkan mutu pascapanen buah nanas. Luka memar yang terjadi selama panen, transportasi, dan penyimpanan dapat merusak struktur jaringan sehingga mempermudah masuknya patogen, termasuk *E. chrysanthemi*, penyebab penyakit busuk lunak. Kondisi ini menyebabkan percepatan kerusakan buah dan meningkatkan risiko penyebaran penyakit selama distribusi pascapanen.



Gambar 9. Hubungan parameter bruise dengan *Erwinia*

Hasil analisis regresi menunjukkan adanya hubungan positif yang kuat antara persentase bruise dengan tingkat infeksi *Erwinia chrysanthemi* pada Nanas selama penyimpanan. Hubungan tersebut mengikuti persamaan regresi dengan $y = 0,9042x$ dengan R^2 adalah 0,8097. Nilai koefisien determinasi sebesar 0,8097 menunjukkan bahwa 80,97% peningkatan infeksi *E. chrysanthemi* dipengaruhi oleh tingkat bruise pada buah nanas. Hasil ini mengindikasikan bahwa kerusakan mekanis selama penanganan pascapanen berperan penting dalam meningkatkan kerentanan buah terhadap infeksi bakteri. Semakin tinggi tingkat bruise yang terjadi, semakin besar peluang bakteri untuk menginfeksi jaringan buah melalui kerusakan pada permukaan dan dinding sel buah (Prasetyo & Aeny, 2014; Cano Reinoso et al., 2021).

Bruise menyebabkan pecahnya jaringan sel dan keluarnya cairan sel yang dapat menjadi sumber nutrisi bagi bakteri patogen. Kondisi jaringan yang rusak dan lembap mempercepat perkembangan bakteri soft rot karena *E. chrysanthemi* menghasilkan enzim pektolitik yang mampu mendegradasi dinding sel tanaman sehingga jaringan buah menjadi lunak dan berair (Samson et al., 2005). Selain itu, luka mekanis akibat benturan selama panen, transportasi, dan penyimpanan diketahui menjadi jalur utama masuknya bakteri ke dalam jaringan buah (Choi & Han, 1990). Penelitian Aeny et al. (2020) juga melaporkan bahwa bakteri penyebab soft rot pada nanas berkembang lebih cepat pada jaringan buah yang mengalami kerusakan fisik. Dengan demikian, pengurangan bruise melalui penanganan pascapanen yang tepat menjadi langkah penting untuk menekan penyebaran penyakit busuk buah selama penyimpanan dan distribusi (Business Queensland, 2023).



Gambar 10. Hubungan persentase *Erwinia* dengan susut bobot buah nanas selama penyimpanan

Hasil analisis regresi menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara persentase infeksi *Erwinia chrysanthemi* dengan persentase susut bobot Nanas selama penyimpanan, yang ditunjukkan oleh persamaan $y = -0,9207x + 0,9663$ dengan nilai R^2 0,886. Nilai koefisien determinasi menunjukkan bahwa 88,65% perubahan susut bobot dipengaruhi oleh tingkat infeksi *E. chrysanthemi*, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain selama penyimpanan. Hasil ini menunjukkan bahwa perkembangan penyakit berkontribusi besar terhadap penurunan mutu buah nanas, terutama selama proses pascapanen dan distribusi (Prasetyo & Aeny, 2014; Cano Reinoso et al., 2021).

Infeksi *E. chrysanthemi* menyebabkan kerusakan jaringan buah akibat aktivitas enzim pektolitik yang merusak dinding sel sehingga jaringan menjadi lunak dan berair. Kondisi tersebut mempercepat kehilangan air dan degradasi jaringan buah yang berdampak pada meningkatnya susut bobot selama penyimpanan. Semakin tinggi tingkat infeksi bakteri, semakin besar kerusakan jaringan yang terjadi sehingga kehilangan bobot buah juga meningkat. Penelitian sebelumnya juga melaporkan bahwa bakteri penyebab soft rot berkembang cepat pada jaringan buah yang rusak dan lembap sehingga mempercepat pembusukan serta penurunan kualitas buah selama penyimpanan (Choi & Han, 1990; Aeny et al., 2020; Business Queensland, 2023)

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. *Erwinia chrysanthemi* dapat menyebar melalui kontak langsung antara buah nanas sehat dan buah terinfeksi selama penyimpanan pascapanen. Gejala awal infeksi ditandai oleh pelunakan jaringan, munculnya lendir, dan aroma busuk dengan masa inkubasi berkisar antara 4–12 hari.
2. Tingkat bruise pada Nanas memiliki hubungan yang kuat terhadap perkembangan infeksi *E. chrysanthemi* dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,8097. Semakin tinggi tingkat kerusakan mekanis yang terjadi, semakin besar peluang infeksi bakteri berkembang pada buah.
3. Infeksi *E. chrysanthemi* berhubungan erat dengan peningkatan susut bobot buah selama penyimpanan dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,8865. Perkembangan infeksi menyebabkan kerusakan jaringan dan kehilangan air yang mempercepat penurunan mutu buah nanas selama penyimpanan dan distribusi pascapanen.

Daftar Pustaka

- Aeny, T., Suharjo, R., Ginting, C., & Hapsoro, D. (2020). Characterization and host range assessment of *Dickeya zaeae* associated with pineapple soft rot disease in East Lampung, Indonesia. *Biodiversitas*, 21(2), 587–593. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210221>.
- Choi, J. E., & Han, K. S. (1990). Bacterial fruit rot of pineapple by *Erwinia chrysanthemi*. *Korean Journal of Plant Pathology*, 6(3), 425–427.
- Cano Reinoso, D. M., Soesanto, L., Mugiastuti, E., & Rahayuniati, R. F. (2021). Review: Fruit collapse and heart rot disease in pineapple: Pathogen characterization, ultrastructure infections of plant and cell mechanism resistance. *Biodiversitas*, 22(5), 2871–2884. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220504>.
- Kaneshiro WS, Burger M, Vine BG, de Silva AS, Alvarez AM. 2008. *Characterization of Erwinia chrysanthemi from a bacterial heart rot of pineapple outbreak in Hawaii*. *Plant Dis* 92(10): 1444–1450. DOI: 10.1094/PDIS-92-10-1444.
- Korres AMN, Ventura JA, Fernandes PMB. 2010. *First report of bacterium and yeasts associated with pineapple fruit collapse in Espírito Santo State, Brazil*. *Plant Dis* 94(12): 1509. DOI: 10.1094/PDIS-04-10-0276.
- Peckham GD, Kaneshiro WS, Luu V, Berestecky JM, Alvarez AM. 2010. *Specificity of monoclonal antibodies to strains of Dickeya sp. that cause bacterial heart rot of pineapple*. *Hybridoma* 29(5): 383–389. DOI: 10.1089/hyb.2010.0034.
- Pires de Matos A. 2017. *Main pests affecting pineapple plantations and their impact on crop development*. In: IX International Pineapple Symposium, 15 October 2017.
- Prasetyo J, Aeny TN. 2014. Pineapple fruit collapse: Newly emerging disease of pineapple fruit in Lampung, Indonesia. *J Hama Penyakit Tumbuhan Tropika* 14(1): 96–99. DOI: 10.23960/j.hptt.11496-99.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. 2013. *Informasi komoditas hortikultura*. <http://www.deptan.go.id>. Diakses pada tanggal 8 Januari 2014.
- Ramachandran K, Manaf UA, Zakaria L. 2015. Molecular characterization and pathogenicity of *Erwinia* spp. associated with pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.) and papaya (*Carica papaya* L.). *J Plant Protect* 55: 396–404. DOI: 10.1515/jppr-2015-0053.
- Rohrbach KG, Johnson MW. 2003. Pests, diseases and weeds. In: Bartholomew DP, Paull RE (eds). *The Pineapple: Botany, Production and Uses*. CABI, Honolulu.
- Samson, R., Legendre, J. B., Christen, R., Fischer-Le Saux, M., Achouak, W., & Gardan, L. (2005). Transfer of *Pectobacterium chrysanthemi* to the genus *Dickeya* gen. nov. as *Dickeya chrysanthemi* comb. nov. and description of four novel species. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 55(4), 1415–1427. <https://doi.org/10.1099/ijss.0.02791-0>.
- Sueno WSK, Marrero G, de Silva AS, Sether DM, Alvarez AM. 2014. *Diversity of Dickeya strains collected from pineapple plants and irrigation water in Hawaii*. *Plant Dis* 98(6): 817–824. DOI: 10.1094/PDIS-03-13-0219-RE.
- Sunarjono HH. 2000. *Prospek Berkebun Buah*. Penebar Swadaya, Depok.
- Tim Karya Tani Mandiri. 2010. *Pedoman Bertanam Buah Nanas*. Nuansa Aulia, Bandung.
- Yuliani S, Hidayat I, Fithriyah R. 2020. Potensi bakteri aktinomisetes sebagai agensia hayati terhadap *Dickeya zaeae*, penyebab busuk lunak pada nanas di Lampung. *Biodiversitas J Biol Diversity* 21(1): 354–361. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210144>.