

Inaktivasi Termal Spora *Eupenicillium javanicum* Dalam Jus Nanas

Rizkya Ramadhani¹⁾, Evelyn²⁾, Sri Rezeki Muria²⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia, ²⁾Dosen Jurusan Teknik Kimia

Laboratorium Teknologi Bioproses

Program Studi Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik Universitas Riau

Kampus Binawidya Jl. HR Subrantas Km 12,5 Simpang Baru, Panam,

Pekanbaru 28293

Email: rizkya.ramadhani@student.unri.ac.id

ABSTRACT

These days, people's interest in consuming fruit juice such as pineapple in containers is very high because it is easier to consume and has a longer shelf life. Pineapple juice that is not processed properly can be contaminated with various decomposing microorganisms, one of which is the fungus Eupenicillium javanicum. E. javanicum can form spores and cause decay in pineapple which if consumed will cause mycotoxins. Therefore, processing by thermal pasteurization is needed to reduce certain undesirable microorganisms in the fruit juice products. The purpose of this study was to determine the effect of temperatures (80, 85, and 90 °C) and spore age (30 and 60 days) on the thermal inactivation of E. javanicum spores. For 30-day-old spores, to reduce 1 log of spores in pineapple juice at 13 ° Brix, it takes 27.62 minutes at 80 ° C, 12.8 minutes at 85 ° C and 3.19 minutes at 90 ° C. Also for the spores with 60 days there was a decrease in logarithms, namely at 43.67 minutes at 80 ° C, 29.07 minutes at 85 ° C and 6.5 minutes at 90 ° C. It was found that the temperature and age of the spores greatly influenced the level of resistance of E. javanicum spores in pineapple juice.

Keywords: inactivation, pineapple, resistance, spores, *E. javanicum*

2.1.1 Pendahuluan

Indonesia merupakan negara dengan iklim tropis yang kaya akan hasil pertanian seperti sayur-sayuran dan buah-buahan. Berdasarkan Angka Tetap (ATAP) tahun 2015 produksi nanas di Indonesia mencapai 1,73 juta ton (Kementrian Pertanian, 2016). Di Provinsi Riau sendiri pada tahun 2015 dihasilkan sebanyak 74.389 ton nanas (Badan Pusat Statistik, 2017). Nanas segar memiliki umur simpan yang pendek, yakni 4-6 hari (Hajare dkk, 2006). Jika terdapat luka atau memar, nanas yang disimpan pada temperatur ruang akan terfermentasi dan segera membusuk. Hal ini mengakibatkan distribusi nanas segar ke berbagai penjuru dunia menjadi terbatas, sehingga yang lebih

banyak beredar adalah nanas olahan seperti jus, selai, sirup dan keripik (Körmendy, 2006).

Dewasa ini minat masyarakat akan jus dalam kemasan meningkat karena sangat praktis serta mudah dikonsumsi. Maka dari itu, jus nanas yang dikonsumsi harus sejalan dengan kualitas yang baik sehingga dapat disimpan pada waktu yang lama. Tanpa pengolahan yang baik, jus nanas akan mudah terkontaminasi dengan mikroorganisme pembusuk. Jus buah dapat terkontaminasi oleh berbagai macam mikroorganisme pembusuk melalui berbagai jalur dan sumber, seperti tanah, udara, debu, hama serangga, dan binatang lain seperti burung. Praktik dan kondisi yang diadopsi

dari lapangan dan melalui pemrosesan dapat menyebabkan kontaminasi buah dan jus buah. Tanah merupakan salah satu sumber utama dari mikroorganisme pembusukan (Ağcam dkk, 2018).

Eupenicillium javanicum merupakan salah satu spesies *Eupenicillium* yang paling umum dan berlimpah di tanah. Menurut Silva (2004), *E. javanicum* merupakan salah satu mikroorganisme askopora yang paling tahan terhadap panas dan mampu merusak produk buah yang memiliki keasaman tinggi. Beberapa isolat *E. javanicum* diketahui menghasilkan mikotoksin *xanthomegnin* dan sedikit *palitantin* (Pitt dan Hocking, 1997). Konsumsi produk pangan yang terkontaminasi mikotoksin dapat menyebabkan terjadinya mikotoksikosis, yaitu gangguan kesehatan pada manusia dan hewan dengan berbagai bentuk perubahan klinis dan patologis, misalnya dapat menyebabkan penyakit kanker hati, degenerasi hati, demam, pembengkakan otak, ginjal, dan gangguan syaraf (Rahayu, 2006).

Pada praktek industri pangan, proses yang dapat digunakan dalam pengawetan dan memperpanjang masa simpan produk adalah dengan melakukan proses pasteurisasi. Teknologi pasteurisasi yang paling umum digunakan adalah teknologi pemanasan (*thermal process*). Selain menggunakan air panas atau uap air sebagai sumber panas, proses pemanasan ini bisa dilakukan dengan berbagai teknologi alternatif, seperti pemanasan gelombang mikro dan pemanasan *ohmic*. Selain pemanasan, pengolahan pangan juga dapat dilakukan dengan berbagai teknologi alternatif, antara lain adalah dengan teknologi tekanan tinggi (*high pressure processing*), teknologi radiasi dan lain sebagainya. Pembahasan pasteurisasi pada tulisan ini akan terbatas pada pasteurisasi dengan pemanasan (proses panas pasteurisasi) (Hariyadi, 2009).

Menurut *National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Food* (NACMCF) (2006) Amerika Serikat, pasteurisasi adalah suatu proses, perlakuan atau kombinasi perlakuan yang diaplikasikan pada produk pangan untuk mengurangi jumlah mikroba yang paling tahan terhadap perlakuan dan mengancam kesehatan publik sampai pada jumlah yang tidak memberikan ancaman/resiko pada kesehatan publik apabila produk tersebut didistribusikan dan disimpan pada kondisi normal. Pada skala industri, tujuan dari pasteurisasi termal ini bukanlah untuk menghilangkan seluruh mikroorganisme pada makanan, targetnya adalah untuk menghilangkan patogen bersangkutan dan tingkat organisme pembusuk yang lebih rendah yang dapat tumbuh selama penyimpanan dan distribusi (Silva dan Gibbs, 2010). Dengan demikian, umur simpan jus buah yang di proses secara termal dapat diperpanjang selama beberapa bulan tanpa masalah keamanan atau penurunan kualitas yang penting pada suhu rendah atau suhu kamar (Ağcam dkk, 2018).

Menurut Ramesh (2007), umumnya pasteurisasi termal jus buah terkonsentrasi pada panas proses yang berkisar antara 60 °C -100 °C untuk menghilangkan target mikroorganisme ataupun enzim. Bagaimanapun, pada level pemanasan tersebut belum tentu memiliki efek pada spora. Kondisi pasteurisasi ini belum tentu cukup untuk menginaktivasi spora *E. javanicum*, sehingga terdapat kemungkinan jamur ini dapat tetap hidup dengan cara berkecambah dan tumbuh dalam produk apabila terdapat pada buah-buahan dan mengakibatkan kerusakan pada produk. Dengan kata lain, bahwa temperatur dan waktu pasteurisasi termal yang selama ini diterapkan tidak didasarkan pada ketahanan mikroorganismenya. Oleh karena itu, diperlukan kajian beberapa ketahanan panas dari spora jamur yang memiliki ketahanan

panas yang tinggi seperti spora jamur *E. javanicum* untuk desain pasteurisasi jus yang baik.

Apabila spora dari jamur yang memiliki ketahanan panas yang lebih tinggi bisa diinaktivasi, maka spora mikroba lainnya yang memiliki ketahanan panas yang lebih rendah juga pasti akan mati. Analisis ketahanan panas ini dinyatakan dalam kinetika reaksi orde pertama yakni menentukan nilai D dan nilai z. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan banyak manfaat bagi masyarakat dan khususnya industri pengolahan buah-buahan terutama dalam pengolahan jus buah. Selain itu, data-data yang didapatkan dari penelitian ini selanjutnya dapat dipublikasikan pada jurnal nasional maupun internasional.

2.2.1 Metodologi Penelitian

2.1 Bahan yang digunakan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kultur jamur *Eupenicillium javanicum* koleksi INA-CC LIPI Cibinong Jawa Barat, Kentang, Agar Batang, Dextrose, Asam Sitrat, Alkohol 70%, Spiritus, NaCl, Aqua DM, Buah Nanas dan bahan lainnya sesuai prosedur kerja.

2.2 Alat yang digunakan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *waterbath*, termometer, *Autoclaf All America* model 1925/KY-23D, *Vortex Mixer Genie 2TM*, inkubator, *blender*, *centrifuge*, mikropipet, lampu bunsen, pH meter model Mettler Toledo, refraktometer, jarum ose, cawan petri, batang L, timbangan analitik, tabung reaksi dan alat-alat standar laboratorium lainnya sesuai prosedur kerja.

2.3 Prosedur Penelitian

Penelitian ini melalui beberapa tahapan dalam pengerjaannya, yaitu:

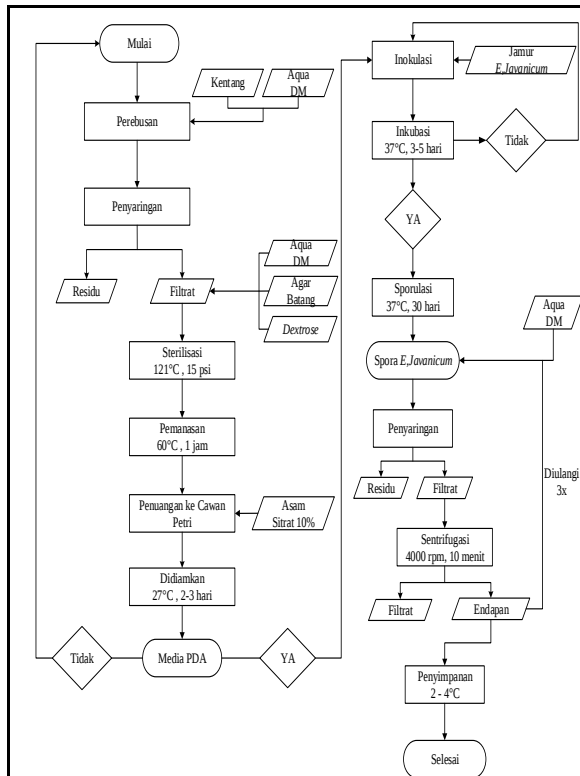
2.3.1 Pembuatan media PDA

Media *Potato Dextrose Agar* (PDA) dibuat dengan cara kentang dikupas dan diiris kecil – kecil lalu ditimbang sebanyak 20 gram dan dicuci sampai bersih. Kentang tersebut direbus dengan menambahkan *aqua DM* sebanyak 100 ml sampai mendidih selama 20 menit. Kemudian, kentang disaring dan filtratnya diambil. Agar batang ditimbang sebanyak 1,7 gram dan *dextrose* ditimbang sebanyak 2 gram kemudian dimasukkan ke dalam filtrat dan ditambahkan *aqua DM* hingga volumenya 100 ml. Filtrat dipanaskan hingga agar batang larut. Media PDA ditambahkan asam sitrat 10% sebanyak 1,25 ml. Setelah larut, media PDA disterilisasi menggunakan autoklaf selama 15 menit pada tekanan 15 Psi dan suhu 121°C. Media PDA dituangkan ke dalam cawan petri hingga memadat dan diinkubasi selama 3 hari pada suhu ruang untuk memastikan tidak ada tanda-tanda kontaminasi dan tidak ada uap air lagi (Acumedia, 2011).

2.3.2 Sporulasi jamur *E. javanicum* (N-INACC F154)

Peremajaan spora jamur *E. javanicum* diambil dari kultur murni menggunakan jarum ose yang sebelumnya telah disterilisasi dengan cara direndam dalam alkohol 70% dan dipanaskan dengan api dari lampu bunsen. Penggoresan ose dilakukan sedemikian rupa, sehingga ujung ose hanya menyentuh diatas permukaan media. Spora dari jamur yang sudah diambil dengan jarum ose diinokulasi ke atas media PDA. Media diinkubasi selama 3-5 hari pada suhu 30 °C untuk melihat pertumbuhan sel vegetatif dan dipastikan tidak ada tanda-tanda kontaminasi. Tahap sporulasi (pembentukan spora) dimulai dengan menginkubasi media PDA selama 30, dan 60 hari pada suhu 25 °C. Setelah diinkubasi, spora dipanen dengan menuangkan 9 ml *aqua DM* ke dalam media PDA kemudian dihomogenkan. Lalu

disaring dengan *glass wool* untuk menghilangkan sisa fragmen hifa dan filtratnya di *centrifuge* pada 4000 rpm, temperatur 4 °C selama 10 menit. Langkah ini dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Endapan spora kemudian disimpan pada suhu 2 – 4 °C hingga digunakan (Evelyn dkk, 2016). Adapun blok diagram sporulasi jamur *E. javanicum* dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Blok Diagram Sporulasi Jamur *Eupenicillium javanicum*

2.3.3 Pembuatan Jus Nanas

Buah nanas segar dikupas lalu dibersihkan dari pengotor dan ditimbang sebanyak 1 kg. Dipotong kecil, lalu dimasukkan kedalam *blender*. Kemudian diukur volume jus yang didapat dengan gelas ukur. Jus nanas kemudian di sterilisasi dengan menggunakan oven pada 121°C selama 15 menit untuk menghilangkan patogen lain. Selanjutnya dilakukan uji pH dengan alat pH meter dan tingkat kemanisan jus dengan alat refraktometer untuk melihat tingkat kemanisan jus nanas yang telah

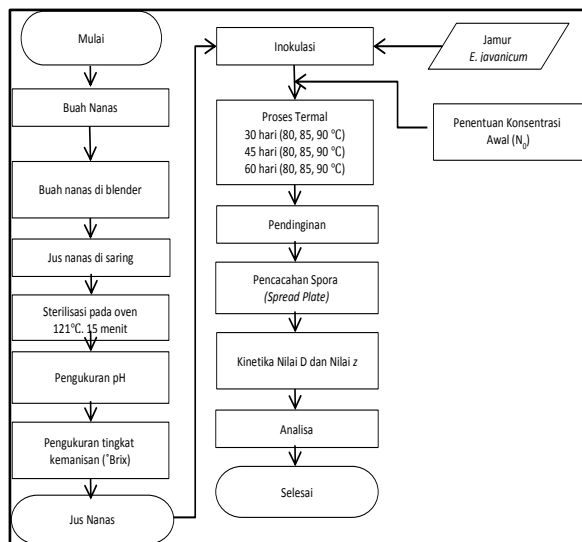
dibuat. Jus nanas ini digunakan sebagai media perlakuan inaktivasi spora *E. javanicum*.

2.3.4 Inokulasi spora *E. javanicum* pada jus nanas

Jus nanas yang telah dibuat digunakan sebagai medium suspensi untuk menginaktivasi spora *E. javanicum*. Spora yang telah disimpan pada lemari pendingin diambil sebanyak 1 ml lalu diinokulasi ke dalam 2 ml jus nanas sehingga konsentrasi dapat ditentukan konsentrasi awal spora N_0 .

2.3.5 Inaktivasi spora dengan proses termal

Metode ini dilakukan pada tiga temperatur berbeda yaitu 80, 85 dan 90 °C Pertama, *waterbath* dipanaskan hingga temperatur 80 °C lalu sampel jus nanas yang telah diinokulasi dengan spora *E. javanicum* berumur 30 hari dalam tabung reaksi dimasukkan kedalam *waterbath* selama 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 menit. Kemudian sampel-sampel dikeluarkan dan didinginkan dalam air es lalu dilakukan pencacahan spora. Prosedur diulang dengan variasi umur spora 60 hari, serta temperatur 85 dan 90 °C (Evelyn dkk, 2016). Eksperimen diulang kembali pada masing-masing temperatur (dua replikat). Adapun blok diagram dan rangkaian alat penelitian inaktivasi spora jamur *E. javanicum* dengan proses termal dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Blok Diagram Inaktivasi Spora dengan Proses Termal

2.3.6 Pencacahan spora

Suspensi dari inokulasi spora *E. javanicum* dan jus nanas hasil proses termal digunakan untuk penentuan konsentrasi spora atau jumlah koloni dengan metode *spread plate*. Sebelumnya dilakukan pengenceran bertingkat menggunakan larutan NaCl. Sebanyak 1 ml suspensi spora dimasukkan kedalam 9 ml NaCl lalu dihomogenkan dan digerus ke media PDA. Media PDA selanjutnya diinkubasi pada suhu 30 °C selama 3-5 hari hingga terbentuk koloni pada kisaran 20 hingga 100 koloni. Koloni yang terbentuk dihitung jumlahnya dan dinyatakan dalam CFU/ml (Evelyn dkk, 2016).

2.3.7 Analisis Data

Jumlah koloni spora yang hidup hasil pencacahan dengan *spread plate* (dinyatakan dalam Log N/N_0 , (*Colony Forming Unit*) CFU/ml) diplotkan terhadap waktu pemanasan (t, menit) pada tiga suhu dan umur spora yang berbeda. Grafik regresi antara t vs. Log N/N_0 digunakan untuk menghitung nilai D yaitu waktu (menit) pada suhu tertentu yang diperlukan untuk menurunkan jumlah spora, dimana

merupakan nilai *inverse* dari *slope* pada kurva. Nilai z yaitu besarnya perubahan suhu yang diperlukan untuk merubah nilai D sebesar 90% yang diperoleh dari *inverse slope/plot* antara temperatur terhadap logaritmik nilai D. Untuk mendapatkan tingkat keakuratan data, jumlah koloni spora yang diplotkan merupakan nilai rata-rata $\pm$ standard error (SE). Koefisien determinasi (R^2) dan standar error (SE) dalam penentuan nilai parameter kinetika first order (D dan z) juga akan diberikan dengan menggunakan Microsoft Excel 2010.

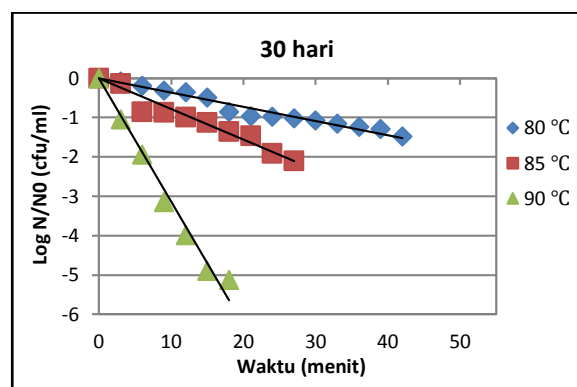
2.3.1 Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengaruh Temperatur terhadap Reduksi Logaritmik Spora *Eupenicillium javanicum*

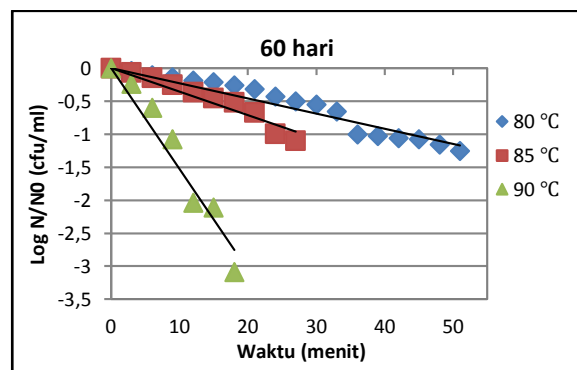
Pada perkembangbiakannya, jamur *E. javanicum* menghasilkan spora seksual yang disebut dengan askospora. Spora yang dihasilkan oleh jamur ini memiliki ketahanan yang tinggi terhadap berbagai macam agen dan stres seperti radiasi, temperatur tinggi, pembekuan, tekanan, pengeringan, pH ekstrim dan berbagai macam zat kimia beracun. Umumnya askospora dewasa akan diproduksi dalam kurun waktu 14 hari pada temperatur 25 °C. Pada penelitian ini dilakukan pengamatan pengaruh temperatur terhadap penurunan jumlah koloni spora *E. javanicum* yang memiliki umur spora 30, dan 60 hari. Berdasarkan sifat resistensinya, bentuk spora dari jamur ini dapat dijadikan bahan untuk meneliti ketahanan jamur *E. javanicum* terhadap panas.

Inaktivasi *E. javanicum* pada penelitian ini dilakukan dengan proses termal untuk mereduksi jumlah populasi spora. Proses termal berupa pemanasan di dalam unit *waterbath* yang ditujukan untuk melihat kemampuan/ketahanan spora dalam jus nanas terhadap perlakuan panas. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *spread plate* untuk

menghitung pencacahan jumlah spora pada setiap interval waktu pemanasan tertentu. Variasi temperatur yang digunakan adalah 80 °C, 85 °C dan 90 °C, serta variasi umur spora 30, dan 60 hari. Nilai yang didapatkan pada pencacahan spora diplotkan dengan waktu pemanasan (t (menit)) pada tiga suhu dan umur spora yang berbeda. *Slope* yang dihasilkan pada grafik berfungsi untuk melihat perbandingan jumlah reduksi dari spora *E. javanicum* yang terinaktivasi pada masing-masing temperatur. Adapun hasil reduksi logaritmik terhadap variasi temperatur dapat dilihat pada Gambar 3.1(a), (b) berikut.



(a)



(b)

Gambar 3.1 Pengaruh Temperatur terhadap Reduksi Logaritmik Spora *E. javanicum* dalam Jus Nanas: (a) 30 Hari, dan (b) 60 Hari

Berdasarkan Gambar 3.1 (a), (b) dapat dilihat bahwa penurunan jumlah logaritma spora *E. javanicum* semakin cepat dengan meningkatnya temperatur. Pada spora yang berumur 30 hari, untuk mereduksi 1 log spora dalam jus nanas dengan tingkat kemanisan 13 °Brix dibutuhkan waktu 27,62 menit pada temperatur 80 °C, 12,8 menit pada temperatur 85 °C. Begitu pula pada spora dengan umur 60 hari terjadi penurunan logaritma yaitu pada 43,67 menit pada temperatur 80 °C, 29,07 menit pada temperatur 85 °C. Berdasarkan hasil yang didapat terlihat penurunan jumlah koloni spora *E. javanicum* semakin cepat dengan meningkatnya temperatur, dimana penurunan jumlah koloni yang paling cepat berlangsung pada temperatur 60 °C.

Hasil tersebut sesuai dengan penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur inaktivasi yang digunakan maka semakin cepat pengurangan jumlah spora. Aragao (1989) melakukan penelitian tentang inaktivasi spora *E. javanicum* dalam produk bubur stroberi pada pH 3.0 dengan tingkat kemanisan 15.0 °Brix. Penelitian tersebut dilakukan pada temperatur 80, 85, dan 90 °C. Hasil penelitian menunjukkan untuk mereduksi 1 logaritma koloni spora *E. javanicum* dibutuhkan waktu 14,5 menit pada temperatur 80 °C, 3,7 menit pada temperatur 85 °C, dan waktu 0,8 menit pada temperatur 90 °C. Serta Adella dkk. (2019) melakukan penelitian dengan proses termal untuk melihat ketahanan spora *E. javanicum* pada media jus nanas dengan variasi temperatur 80, 85 dan 90 °C serta tingkat kemanisan 10 °Brix. Hasil penelitian menunjukkan reduksi koloni yang terjadi pada 10 °Brix masing-masing temperatur sebesar 19,82 menit untuk 80 °C, 4,63 menit untuk temperatur 85 °C dan 1,45 menit untuk temperatur 90 °C.

Hasil inaktivasi yang didapatkan pada penelitian ini memiliki kecenderungan

yang sama dengan penelitian terdahulu. Dimana penurunan jumlah logaritma spora *E. javanicum* semakin cepat dengan meningkatnya temperatur. Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat dilihat bahwa peningkatan temperatur pemanasan sangat mempengaruhi laju pengurangan spora *E. javanicum* di dalam jus nanas. Besarnya jarak setiap interval waktu mengindikasikan bahwa temperatur pemanasan sangat berperan aktif dalam proses inaktivasi spora, dimana pemberian panas dapat mempengaruhi komponen-komponen penyusun sel/spora.

Menurut Coleman dkk. (2010) secara umum didalam inti spora terdapat *dipicolinic acid* (DPA) yaitu piridin-2,6-dikarbonat sekitar 25% dari berat inti spora yang merupakan protein penyusun spora, dimana kematian spora disebabkan oleh pelepasan DPA dari dalam inti. Namun, mekanisme pelepasan DPA dari dalam inti spora *E. javanicum* oleh panas tidak dipelajari dalam penelitian ini. Akan tetapi dapat diketahui bahwa mekanisme kematian spora oleh panas dapat disebabkan karena hilangnya senyawa DPA yang berlangsung secara signifikan selama perlakuan panas. Kemudian setelah kehilangan senyawa DPA, terjadi denaturasi protein yaitu berupa perubahan struktur protein pada spora yang terjadi secara tiba-tiba dalam inti sel spora. Berdasarkan pernyataan tersebut maka hal yang memungkinkan terjadi pada proses kematian spora *E. javanicum* oleh panas adalah adanya pelepasan DPA yang berlangsung secara cepat dan denaturasi protein sehingga dinding sel kehilangan nutrisi yang menyebabkan kematian pada spora. Dengan kata lain, semakin tinggi panas yang diberikan (pada temperatur 80 °C, 85 °C dan 90 °C) maka akan semakin cepat proses inaktivasi spora *E. javanicum* di dalam jus nanas. Namun, proses pengolahan juga harus mempertimbangkan efek atau pengaruh perlakuan panas

terhadap kualitas jus nanas.

3.2 Pengaruh Umur Spora terhadap Reduksi Logaritmik Spora *Eupenicillium javanicum*

Pada penelitian ini juga mengacu pada variasi lain yang digunakan selain temperatur pemanasan yaitu umur spora 30 dan 60 hari untuk masing-masing temperatur. Proses ini bertujuan untuk mempelajari waktu sporulasi spora *E. javanicum* terhadap proses inaktivasinya yang dilakukan dengan menggunakan temperatur tinggi di dalam jus nanas. Berdasarkan Gambar 3.1 dapat dilihat bahwa untuk mereduksi 1 log spora dalam jus nanas pada temperatur 80 °C dengan spora yang berumur 30 hari dibutuhkan waktu 27,62 menit, dan 60 hari dibutuhkan waktu 43,67. Kemudian inaktivasi spora yang dilakukan dengan temperatur 85 °C dengan umur 30 hari terjadi pada waktu 12,8 menit, pada umur 45 menit dibutuhkan waktu 18,28 menit, dan pada umur 60 hari dibutuhkan waktu 29,07 menit. Serta pada temperatur 90 °C pada spora dengan umur 30 hari diutuhkan waktu 3,19 menit, begitu pula pada spora dengan umur 60 dibutuhkan waktu selama 6,5 menit. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa resistensi yang terjadi pada spora juga bergantung pada lamanya waktu sporulasi (umur spora). Dimana semakin lama waktu sporulasi, maka semakin lama pula waktu yang dibutuhkan untuk mereduksi jumlah koloninya. Hal tersebut dapat dilihat pada masing-masing temperatur yang sama baik 80, 85 dan 90 °C spora dengan umur 60 hari memiliki waktu yang lebih lambat untuk menginaktivasi spora sebanyak 1 logaritma jika dibandingkan spora yang berumur 30 hari.

Penelitian tentang inaktivasi spora *E. javanicum* pada jus buah nanas dengan variasi umur spora belum pernah dilaporkan pada literatur terdahulu. Namun, literatur

menyatakan bahwa pada jenis spora lain umur spora juga mempengaruhi resistensi mikroorganisme terhadap panas. Beuchat (1988) pernah melakukan penelitian jamur *Talaromyces flavus* menggunakan metode pasteurisasi termal pada jus apel dengan variasi umur spora 14, 30, dan 58 hari. Hasil penelitian menunjukkan ketahanan panas *T. flavus* pada suhu 85 °C dengan umur spora 14 hari mengalami inaktivasi total pada waktu 30 menit, spora berumur 30 hari pada 90 menit dan 58 hari pada 120 menit. Hasil tersebut menunjukkan bahwa spora *T. flavus* di dalam jus apel memiliki *heat resistance* yang lebih tinggi disetiap penambahan umur sporanya apabila dibandingkan inaktivasi total untuk spora *T. flavus* dengan umur 58 hari memiliki waktu yang lebih lama dibandingkan dengan inaktivasi spora dengan umur 30 dan 14 hari. Kedua penelitian ini menunjukkan peningkatan resistensi spora terhadap panas seiring dengan bertambahnya umur spora.

Hal yang sama juga ditunjukkan dari hasil penelitian lain dengan jenis spora yang berbeda yaitu Slongo dkk. (2009) yang melakukan penelitian pada spora *Neosartorya fischeri* dengan metode termal pada jus pepaya dengan umur spora 1 dan 3 bulan dengan temperatur produksi masing-masing 25 dan 30 °C dan temperatur pemanasan 80 °C. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan resistensi termal diperoleh nilai $D_{80^{\circ}\text{C}}$ spora berumur 3 bulan dengan temperatur produksi 25 °C yaitu sebesar 23%, lebih tinggi dibandingkan dengan yang 1 bulan yaitu 13%. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan kecenderungan yang sama yaitu Khoirunnisa dkk. (2019) yang melakukan penelitian tentang inaktivasi termal spora *Talaromyces sp.* pada jus nanas dengan suhu 80, 85 dan 90 °C serta umur spora 30, 45 dan 60 hari. Waktu pengurangan sebesar 1 log spora pada temperatur 80 °C dengan spora yang berumur 30 hari adalah selama 53,76 menit,

selama 59,88 menit pada spora yang berumur 45 hari dan selama 67,11 menit pada spora yang berumur 60 hari. Saat menggunakan temperatur 85 °C, terjadi pengurangan 1 log spora selama 16,92 menit pada spora yang berumur 30 hari, 20,96 menit pada spora yang berumur 45 hari, dan 25,38 menit pada spora yang berumur 60 hari. Kemudian saat menggunakan temperatur 90 °C adalah selama 2,89 menit dengan spora yang berumur 30 hari, 3,73 dan 4,80 menit pada spora yang berumur 45 dan 60 hari.

Pembentukan spora pada jamur terjadi selama fase stationer setelah mengalami penurunan nutrisi tertentu dalam medium biakan atau lingkungan (Hariyadi, 2000). Pada *fungi* atau jamur spora yang dihasilkan tidak hanya digunakan sebagai alat untuk bertahan hidup, namun umumnya juga merupakan alat bereproduksi. Pembentukan spora terjadi dari pembelahan sel secara asimetris yang menghasilkan sel yang lebih kecil dan sel yang lebih besar. Setelah penyelesaian pemisahan DNA, sel yang lebih besar (sel induk) mulai menelan sel yang lebih kecil (*forespores*). Selama pematangan DNA spora, sel induk membentuk *forespore* menjadi spora melalui produksi korteks spora pada lapisan dalam dan luar. Pembentukan dinding pelapis terus terjadi seiring dengan bertambahnya umur spora yang mengakibatkan semakin meningkat ketahanan panasnya (Higgins dan Dworkin, 2011). Semakin tua umur spora, semakin rendah tingkat inaktivasi yang terjadi. Perubahan ultrastruktur spora atau struktur nano melalui pembentukan multi-lapisan di dinding *ascospores* dapat berkontribusi pada resistensi yang lebih tinggi dari *ascospores* yang lebih tua (Chapman dkk, 2007).

Selain itu, menurut Evelyn dan Silva (2017a), resistensi spora terhadap panas meningkat saat umur spora bertambah hal ini berhubungan dengan tingkat dormansi

sel. Dormansi adalah suatu keadaan berhenti tumbuh yang dialami sebagai tanggapan dari suatu keadaan yang tidak mendukung pertumbuhan normal, sehingga sel akan berhenti tumbuh dan kembali membentuk dinding sel. Resistensi yang berbeda di antara spora dengan usia yang berbeda juga bisa menunjukkan perbedaan dalam rasio *asci* (bentuk jamak dari askus) dan askospora dimana spora yang lebih tua mengandung lebih banyak *asci* daripada askospora bebasnya (sehingga lebih sulit untuk dinonaktifkan) Hal tersebutlah yang mengakibatkan semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk mereduksi jumlah spora.

2.4.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pengurangan log askospora *E. javanicum* semakin cepat dengan meningkatnya temperatur dimana pada umur spora 30 hari untuk mereduksi 1 log spora dalam jus nanas dibutuhkan waktu 27,62 menit pada temperatur 80 °C, 12,8 menit pada temperatur 85 °C, dan 3,19 menit pada temperatur 90 °C.
2. Pengurangan log spora berbanding terbalik dengan umur spora yang diinaktivasi yaitu pada temperatur 85 °C dengan umur 30 hari dibutuhkan waktu selama 12,8 menit, dan pada umur 60 hari dibutuhkan waktu 29,07 menit.

Daftar Pustaka

- Acumedia Manufacture. (2011). Potato Dextrose Agar (7149). https://foodsafety.neogen.com/pdf/acumedia_pi/7149_pi.pdf. Diakses pada 16 juli 2019.
- Adella, L., Evelyn., dan Muria, S.R. (2019). Inaktivasi spora jamur *Eupenicillium javanicum* dalam jus nanas. *Jom FTEKNIK*. 6(1) : 5-7.
- Ağcam, E., Akyıldız, A., and Dündar, B. (2018). Thermal pasteurization and microbial inactivation of fruit juices. In *Fruit Juices* (pp. 309-339). Academic Press.
- Badan Pusat Statistik. (2017). Jumlah Pohon Buah-Buahan yang Menghasilkan Menurut Jenis dan Kabupaten/Kota 2015 (Pohon). <https://riau.bps.go.id/statictable/2017/01/24/307/-produksi-tanaman-buah-buahan-menurut-jenis-dan-kabupaten-kota-2015-ton-.html>. Diakses pada tanggal 20 Februari 2019.
- Beuchat, L.R. (1988). Thermal tolerance of *Talaromyces flavus* ascospores as affected by growth medium and temperature, age and sugar content in the inactivation medium. *Transactions of the British Mycological Society*, 90(3), 359-364.
- Chapman, B., Winley, E., Fong, A.S.W., Hocking, A.D., Stewart, C.M., and Buckle, K.A. (2007). Ascospore inactivation and germination by high pressure processing is affected by ascospore age. *Innovative food science & emerging technologies*, 8(4), 531-534.
- Coleman, W.H., Zhang, P., and Setlow, P. 2010. Mechanism of killing of spores of *Bacillus cereus* and *Bacillus megaterium* by wet heat. *Letter in Applied Microbiology* 50: 507-514.
- Evelyn and Silva, F.V.M. (2017a). Resistance of *Byssoschlamys nivea* and *Neosartorya fischeri* mould spores of different age to high pressure thermal processing and thermosonication. *Journal of Food Engineering*, 201, 9-16.
- Evelyn, Kim, H.J and Silva, F.V.M. (2016). Modeling the inactivation of *Neosartorya fischeri* ascospores in apple juice by high pressure, power

- ultrasound and thermal processing. *Food Control*, 59, 530-537.
- Hajare, S.N., Dhokane, V.S., Shashidhar, R., Saroj, S., Sharma, A., dan Bandekar, J. R. (2006). Radiation processing of minimally processed pineapple (*Ananas comosus* Merr.): effect on nutritional and sensory quality. *Journal of food science*, 71(6), S501-S505.
- Hariyadi, P., Kusnandar, F dan Wulandari, N. (2000). Dasar-dasar Teori dan Praktek Proses Termal. *Pusat Studi Pangan dan Gizi IPB, Bogor*.
- Haryadi, P. (2009). Validasi Proses Panas Pasteurisasi untuk Seafoods: Peranan Pengukur Suhu. *Food Review Indonesia: Vol IV/No.8*. Bogor. Bogor Agricultural University.
- Higgins, D and Jonathan, J. (2011). Recent Progress in *Bacillus subtilis* sporulation. 36(1): 131-48.
- Kementrian Pertanian. (2016). Outlook: komoditas pertanian sub sektor hortikultura. <http://epublikasi.setjen.pertanian.go.id/epublikasi/outlook/2016/Hortikultura/OUTLOOK%20NANAS%202016/files/assets/common/downloads/OUTLOOK%20NANAS%202016.pdf>. Diakses pada 23 maret 2019.
- Körmeny, I. (2006). Fruit Processing: Principles of Heat Treatment. In *Handbook of Fruit and Fruit Processing* 2nd edn. Ed, Y. H. Hui. Blackwell Publishing, USA.
- National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods (NACMCF), (2006). Requisite scientific parameters for establishing the equivalence of alternative methods of pasteurization. *Journal of Food Protection*, 69(5), 1190-1216.
- Pitt, J.I. and Hocking, A.D. (1997). *Fungi and food spoilage*, second ed. London. Blackie Academic and Professional.
- Rahayu, W.P. (2006). Mikotoksin dan Mikotoksis: Mikrobiologi Keamanan Pangan. *Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan. Institut Pertanian Bogor. Bogor*.
- Ramesh, M.N. (2007). Pasteurization and food preservation. In: Rahman, M.S. (Ed.), *Handbook of Food Preservation*, second ed. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 571-585.
- Silva, F.V.M and Gibbs, P.A. (2010). Non-proteolytic *Clostridium botulinum* spores in low-acid cold-distributed foods and design of pasteurization processes. *Trend Food Science and Technology*, 21(2), 95-105.
- Silva, F.V.M and Gibbs, P.A. (2004). Target selecting in designing pasteurization processes for shelf-stable high-acid fruit products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44(5), 353-360.
- Slongo, A. P., Miorelli, S., and Aragao, G. (2009). Influência de diferentes fatores na termorresistência de *Neosartorya fischeri* em suco de mamão. *Alimentos e Nutrição Araraquara*, 16(4), 377-387.