

SIFAT KIMIA DAN KINETIKA DEGRADASI TERMAL ANTIOKSIDAN JUS MELON (*Cucumis melo* L.) KULTIVAR GAMA MELON PARFUM

Fadilah Husnun¹, Budi Setiadi Daryono², Aprilia Fitriani³, Supriyadi Supriyadi^{1*}

¹Departemen Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian–Fakultas Teknologi Pertanian–Universitas Gadjah Mada.

²Fakultas Biologi –Universitas Gadjah Mada

³Teknologi Pangan–Fakultas Teknologi Industri–Universitas Ahmad Dahlan

*Email: suprif248@ugm.ac.id

ABSTRAK

Sebagai salah satu kultivar melon lokal unggul, melon kultivar Gama Melon Parfum (GMP) sangat potensial karena mengandung antioksidan alami. Melon GMP dapat dikonsumsi dalam bentuk jus dan dinikmati oleh masyarakat luas. Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi sifat-sifat jus melon GMP serta mengevaluasi nilai D dan Z sifat antioksidannya yang meliputi kandungan total fenolik, vitamin C, dan aktivitas antioksidan. Penelitian ini menggunakan dua faktor yaitu variasi suhu (65, 77, 88, 92 °C) serta waktu (0, 10, 20, dan 30 menit) pasteurisasi dengan pengulangan sampel sebanyak tiga kali. Hasil menunjukkan bahwa proses pasteurisasi dapat mempengaruhi sifat-sifat jus melon GMP yaitu dapat mendegradasi aktivitas antioksidan, kandungan total fenolik, vitamin C, serta total asam berturut-turut sebesar 51%; 16,8%; 84%; dan 296%. Akan tetapi nilai pH jus melon meningkat setelah dipasteurisasi dengan persentase 1,6%. Kinetika degradasi aktivitas antioksidan dapat didekati dengan menggunakan kinetika reaksi orde pertama rentang nilai D aktivitas antioksidan, total fenolik, dan vitamin C berturut-turut adalah 97,09-714,29 menit, 400-1666,67 menit, dan 38,76-222,22 menit. Nilai Z berturut-turut sebesar 32,15; 46,95; dan 37,04 °C. Ketiga parameter yang dievaluasi memiliki sifat sensitif terhadap perlakuan termal.

Kata kunci-aktivitas antioksidan; kinetika degradasi termal; jus melon; gama melon parfum; pasteurisasi

PENDAHULUAN

Jus buah menjadi salah satu produk pengolahan buah-buahan yang banyak diminati oleh masyarakat luas khususnya di Indonesia karena memiliki kandungan senyawa antioksidan yang melimpah seperti vitamin C, karotenoid, flavonoid, dan senyawa fenolik (Aina dan Suprayogi, 2011; Nurliyana et al., 2010; Ashraf et al., 2011). Kandungan senyawa-senyawa antioksidan yang cukup tinggi pada jus buah-buahan tersebut menjadikan jus buah dapat dikatakan sebagai sumber antioksidan alami yang baik bagi kesehatan.

Salah satu buah yang cukup melimpah produksinya di Indonesia dan dapat dimanfaatkan dalam bentuk jus adalah buah melon. Tanaman ini masuk ke dalam familia Cucurbitaceae. Berdasarkan Departemen Pertanian Amerika Serikat (2018), kandungan vitamin C pada melon cukup tinggi yaitu sebesar 36,7 mg/100 g melon. Buah melon pada umumnya mengandung senyawa bioaktif yang berperan sebagai antioksidan. Kandungan antioksidan yang paling banyak ditemukan di buah melon adalah golongan senyawa fenolik (Silva et al., 2016).

Salah satu melon lokal unggul yang sedang dikembangkan yaitu kultivar Gama Melon Parfum atau melon GMP. Melon GMP ini telah dikembangkan oleh Universitas Gadjah Mada sejak tahun 2011 silam (Daryono and Maryanto, 2017). Melon kultivar GMP ini memiliki karakter yang cukup unik yaitu ukurannya yang hanya sebesar buah jeruk atau segenggaman tangan dan memiliki aroma yang harum sehingga berpotensi sebagai flavor alami dari aroma buahnya (Hasbullah et al., 2019). Selain itu, keunikan lain dari melon GMP ini adalah memiliki rasa yang pahit yang disebabkan karena adanya total fenol, kalsium, dan asam amino yang terkandung di dalamnya (Anto et al., 2015). Selain itu kandungan rasa pahit yang ada di melon GMP juga karena keberadaan senyawa cucurbitacin (Saputri et al., 2020). Potensi antioksidan lain pada buah melon GMP juga telah dipelajari oleh Zulfikar et al. (2020) meliputi aktivitas antioksidan yaitu sebesar 73,78% RSA; vitamin C sebesar 27,19 mg/100 g, dan kandungan total flavonoid sebesar 81,87 µg/g.

Dalam pengolahan jus buah dilakukan proses pemanasan dengan pasteurisasi yang bertujuan untuk menghentikan kerja enzim perusak kualitas jus buah dan juga mikroorganisme (yeast, bakteri, dan kapang) penyebab pembusukan. Penelitian Vegara et al. (2013) mengungkapkan bahwa pasteurisasi

dapat meningkatkan umur simpan dari jus buah karena proses panas dapat membunuh mikrobia yang dapat menyebabkan pembusukan. Optimasi kondisi pasteurisasi penting dilakukan karena mengingat pada setiap jenis jus buah kondisinya dapat berbeda-beda. Selain itu, kondisi yang optimal dalam pasteurisasi dapat mempertahankan kandungan jus agar tidak rusak. Suhu dan waktu pasteurisasi berperan penting dalam menentukan keberhasilan proses pasteurisasi. Suhu dan waktu yang terlalu rendah tidak dapat membunuh mikrobia patogen secara maksimal dan dapat mengakibatkan umur simpan jus melon menjadi pendek (Juffs dan Deeth., 2007) sedangkan penggunaan suhu atau waktu yang terlalu tinggi juga cenderung dapat menurunkan kualitas jus melon yang meliputi penurunan sifat antioksidannya (Silva et al., 2016). Suhu yang biasa digunakan untuk pasteurisasi jus buah yaitu kurang dari 100 °C. Astawan dan Wahyuni (1991) menyebutkan pasteurisasi pada jus biasa dilakukan pada suhu 75 °C selama 15 menit. Kunitake et al. (2014) melaporkan bahwa suhu yang digunakan untuk pasteurisasi jus tebu yaitu berkisar antara 85-95 °C. Azzouzi et al. (2018) menggunakan suhu 65-92 °C untuk memanaskan jus jeruk cv. Moroccan Valencia Late.

Di antara senyawa yang terkandung di dalam jus melon GMP tersebut, beberapa senyawa antioksidan juga dapat mudah rusak karena proses pasteurisasi yang tidak tepat (Randhir et al., 2008). Proses pemanasan tersebut dapat menyebabkan berbagai reaksi kerusakan seperti pencoklatan nonenzimatik dan kehilangan nutrisi pada jus buah (Renard dan Maingonnat, 2012; Rattanathanalerk et al., 2005). Agar didapatkan perlakuan pasteurisasi jus yang optimal maka dilakukan optimasi suhu dan waktu pasteurisasi. Selain itu, perlu dilakukan studi mengenai kinetika degradasi termalnya untuk mengetahui nilai D dan Z jus buah akibat proses pasteurisasi tersebut. Menurut Ling et al. (2015), nilai D (*Decimal Reduction Time*) adalah waktu pemanasan (menit) yang dibutuhkan untuk menurunkan 90% atau 1 siklus log aktivitas antioksidan, kandungan total fenolik, dan vitamin C pada suhu tertentu. Nilai Z adalah perubahan suhu (°C) yang diperlukan untuk menurunkan aktivitas antioksidan terhadap nilai D sebesar 90% atau 1 siklus log. Nilai Z yang semakin kecil menandakan nilai D yang semakin sensitif terhadap perubahan suhu pasteurisasi.

Melon GMP merupakan kultivar yang relatif baru sehingga kandungan jus serta studi degradasi termal terhadap sifat antioksidannya belum diketahui. Oleh karena itu, pada penelitian ini dievaluasi sifat-sifat jus melon GMP serta mengevaluasi nilai D dan Z sifat antioksidannya yang meliputi kandungan total fenolik, vitamin C, dan aktivitas antioksidan.

METODOLOGI PENELITIAN

A. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah melon kultivar Gama Melon Parfum yang ditanam di Pusat Inovasi Agroteknologi (PIAT) UGM di Berbah, Prambanan, Yogyakarta. Buah yang digunakan yaitu buah matang atau berumur 30 hari setelah pembungaan (*day after anthesis*), berwarna kuning, dan memiliki berat rata-rata yaitu 250 gram. Bahan yang digunakan untuk analisis meliputi DPPH, metanol PA, Folin-Ciocalteu, asam galat, dan Na₂CO₃ yang diperoleh dari Merck (Darmstadt, Jerman). Asam askorbat standar yang diperoleh dari VWR chemicals (Solon, Amerika Serikat), larutan iod yang diperoleh dari Nebrix Limited (Tanzania), dan indikator amilum.

B. Tahapan Penelitian

1. Pembuatan Jus Melon Kultivar GMP

Pembuatan jus dilakukan berdasarkan metode Satu (2004). Buah melon GMP utuh terlebih dahulu diblansing dengan cara dicelupkan dalam air dengan suhu 85 °C selama 5 menit dan segera didinginkan dengan cara diguyur dengan air es. Pembuatan jus dilakukan dengan menggunakan juicer (SHARP EJ-150LP (K)). Jus yang diperoleh dimasukkan ke dalam jerigen dan disimpan pada suhu -16 °C hingga akan diproses lebih lanjut.

2. Perlakuan Pasteurisasi Jus Melon GMP

Pada penelitian ini dilakukan pasteurisasi jus melon GMP dengan variasi dua faktor perlakuan yaitu suhu (65, 77, dan 88, 92 °C) dan waktu (0, 10, 20, dan 30 menit) (Patras et al, 2010). Jus sebanyak 90 mL dikemas dalam botol kaca 100 mL dan ditutup dengan aluminium foil selama pasteurisasi. Pasteurisasi dilakukan dengan cara botol kaca yang berisi jus direbus hingga mencapai suhu yang diinginkan. Pengaturan suhu pasteurisasi menggunakan termometer. Setelah dipasteurisasi, jus didinginkan kemudian ditutup rapat dan dianalisis fisikokimia dan mikrobiologi meliputi aktivitas

antioksidan dengan metode DPPH (Brighente et al., 2007), kandungan total fenolik dengan metode Folin-Ciocalteu (Wern et al., 2016), vitamin C dengan metode titrasi iodometri (AOAC, 1995), identifikasi Cucurbitacin B dengan metode HPLC (Saputri et al., 2020), dan total asam (Chemistry Libretext, 2021).

3. Analisis Aktivitas Antioksidan

Sebanyak 19,7 mg serbuk DPPH (BM 394,32) ditimbang kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur yang ditutup menggunakan aluminum foil. Kemudian ditambahkan metanol PA hingga larutan mencapai volume 50 ml dan terbentuk larutan DPPH 0,1 mM. Sebanyak 0,1 ml sampel jus melon GMP yang telah dipreparasi dimasukkan ke dalam tabung reaksi kemudian ditambahkan sebanyak 2,9 ml larutan DPPH 0,1 mM yang telah dibuat sebelumnya. Selanjutnya sampel divortex selama satu menit dan diinkubasi pada suhu kamar dalam ruang gelap selama 30 menit. Absorbansi diukur dengan spektrofotometer UV-vis pada panjang gelombang 517 nm dengan absorbansi larutan methanol PA sebagai absorbansi blanko. Pengulangan analisis sebanyak tiga kali pada tiap sampel.

$$\% \text{ Penghambatan} = \frac{\text{Absblanko} - \text{Abs sampel}}{\text{Absblanko}} \times 100\% \quad (1)$$

4. Analisis Kandungan Total Fenolik

Sampel jus melon GMP terlebih dahulu disentrifugasi dengan kecepatan 4000 rpm selama 15 menit. Jus dilakukan pengenceran (sampel:akuades = 1:3). Sebanyak 0,4 ml jus encer ditambahkan akuades hingga total larutan 4 ml. Reagen Folin-Ciocalteu sebanyak 0,4 ml ditambahkan ke dalam larutan. Setelah lima menit, 4 ml 7% Na₂CO₃ (b/v) ditambahkan ke dalam larutan dan terakhir ditambahkan akuades hingga mencapai tanda batas. Larutan dikocok dan diinkubasi selama 90 menit di suhu ruang. Sampel ditera dengan spektrofotometri UV-vis (panjang gelombang 765 nm). Kandungan total fenolik dinyatakan dalam mg GAE/100 ml. Pengulangan analisis sebanyak tiga kali pada tiap sampel.

5. Analisis Kadar Vitamin C

Jus melon GMP diambil sebanyak 10 mL dan dituang ke dalam labu takar 100 mL dan ditambah akuades ditambahkan hingga tanda batas. Sebanyak 25 ml larutan sampel encer diambil kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan dibuat pengulangan sebanyak tiga kali ulangan untuk setiap sampelnya. Indikator amilum 1% ditambahkan dan kemudian dititrasi dengan larutan iod 0,01 N yang sudah distandarisasi. Volume iod dicatat dan dihitung kadar vitamin C nya. Pengulangan analisis sebanyak tiga kali pada tiap sampel.

6. Analisis nilai pH

Sebanyak 30-50 ml sampel jus GMP digunakan untuk diukur pH nya. Setelah alat dihidupkan, kemudian dikalibrasi terlebih dahulu dengan larutan buffer pH 4.0 dan pH 7.0 kemudian sampel ditera. Setiap pergantian sampe terlebih dahulu dibilas dengan akuades dan dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali untuk setiap sampel jus melon GMP.

7. Analisis total asam

Sampel jus melon GMP yang disimpan pada inkubator dihomogenkan dan dipindahkan sebanyak 5 mL ke dalam conical 50 mL, lalu diberi 2-3 tetes indikator PP dan dititrasi dengan menggunakan NaOH 0,1 N yang sudah distandarisasi hingga berwarna pink dan tidak berubah selama 30 detik. Sebelum melakukan pengukuran asam tertitrasi, dilakukan standardisasi larutan NaOH 0,1 N tersebut dengan menggunakan asam oksalat 0,1 N dan diberi 2-3 tetes indikator PP dan dititrasi dengan larutan NaOH yang akan distandarisasi. Normalitas NaOH dapat diketahui dengan rumus (2) dan % asam tertitrasi dapat diketahui dengan rumus (3).

$$N \text{ NaOH} = \frac{\text{massa asam oksalat (g)} \times 2}{\text{Volume NaOH (mL)} \times 0,126} \quad (2)$$

$$\text{Kadar asam tertitrasi (\%)} = \frac{\text{Volume NaOH (mL)} \times N \text{ NaOH} \times \text{BM Asam laktat}}{\text{Volume sampel (mL)} \times 1000} \times 100\% \quad (3)$$

8. Kinetika Degradasi Termal

Degradasi termal antioksidan jus melon GMP dalam penelitian ini didekati dengan kinetika reaksi (Herdiana et al., 2014) dengan persamaan-persamaan sebagai berikut:

Untuk reaksi orde ke-n maka persamaannya adalah:

$$\text{Orde ke-}n: \frac{dc}{dt} = -k.C^n \quad (4)$$

Untuk reaksi orde ke-0 maka $n=0$ sehingga persamaannya menjadi:

$$\frac{dc}{dt} = -k \quad (5)$$

Integral dari persamaan (5) diperoleh:

$$C - C_0 = -kt \quad (6)$$

Untuk reaksi orde ke-1 maka $n=1$ sehingga persamaan (4) menjadi:

$$\frac{dc}{dt} = -kt \quad (7)$$

Integral dari persamaan (7) diperoleh:

$$\ln \frac{C}{C_0} = -kt \quad (8)$$

Keterangan:

C=konsentrasi reaktan pada waktu tertentu t

k =konstanta laju reaksi (unit konsentrasi $1-n$ /waktu) (1/menit)

Pendekatan kinetika degradasi dapat juga didekati dengan penentuan harga D dan Z. Harga D dapat ditentukan dengan persamaan:

$$D = \frac{\ln 10}{k} = \frac{2,303}{k} \quad (9)$$

Nilai D juga dapat ditentukan dengan membuat regresi antara waktu pemanasan (sumbu x) dan log konsentrasi (sumbu y), nilai $D = |1/\text{slope}|$ berupa pada suhu tertentu $t = \text{waktu pemanasan}$.

Sedangkan pengaruh suhu dapat didekati dengan penentuan harga Z dan dapat dihitung dengan persamaan:

$$Z = \frac{T_2 - T_1}{\log \frac{D_1}{D_2}} \quad (10)$$

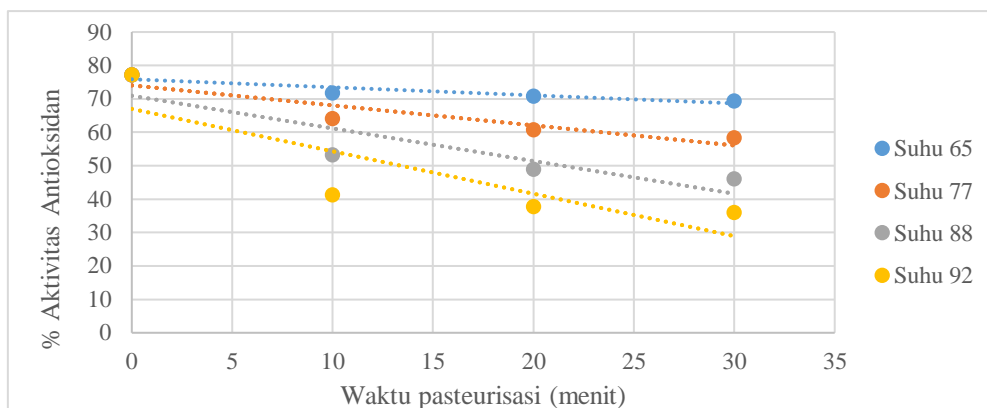
Nilai Z dapat juga ditentukan dengan membuat regresi antara suhu pemanasan (sumbu x) dan log nilai D (sumbu y), nilai $Z = |1/\text{slope}|$

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Aktivitas Antioksidan Jus Melon GMP Selama Pasteurisasi

Hasil pengukuran aktivitas antioksidan dengan metode DPPH pada jus melon GMP dapat dilihat pada Gambar 1. Hasil aktivitas antioksidan jus melon GMP dengan metode DPPH pada perlakuan kontrol (tidak dipasteurisasi) yaitu sebesar $77,09 \pm 0,00\%$. Selama proses pasteurisasi terjadi penurunan aktivitas antioksidan secara signifikan ($p < 0,05$). Penurunan tertinggi yaitu pada perlakuan pasteurisasi dengan suhu pemanasan tertinggi dan waktu paling lama (92°C , 30 menit) dengan persentase penurunan sebesar 51%. Penurunan tersebut termasuk besar bila dibandingkan dengan jus lain. Kathiravan et al. (2014) melaporkan bahwa perlakuan pasteurisasi pada jus buah bit siap minum menurunkan aktivitas antioksidan dari kontrol yang tidak dipasteurisasi sebesar 76,71% menjadi 63,87%. Elez-Martinez et al. (2006) menyatakan bahwa proses termal secara signifikan dapat menurunkan aktivitas antioksidan pada jus jeruk sebesar 12,35%. Beberapa penelitian menyatakan bahwa proses pasteurisasi dapat mendegradasi senyawa-senyawa antioksidan yang dapat mempengaruhi aktivitas antioksidannya. Vieira et al. (2018) menyatakan bahwa pasteurisasi pada jus jeruk mengakibatkan kerusakan senyawa karotenoid sehingga sifat antioksidannya menjadi berkurang. Benattouche et al. (2019) mempelajari kerusakan vitamin C selama pasteurisasi yang menyatakan bahwa penurunan aktivitas antioksidan pada jus jeruk Walkowiak-Tomczak (2007) menyebutkan bahwa menurunnya aktivitas antioksidan pada jus buah black chokeberry disebabkan karena menurunnya antosianin yang merupakan salah satu senyawa antioksidan. Oms-Oliu et al. (2009) melaporkan bahwa penurunan senyawa likopen sebagai senyawa antioksidan pada jus semangka

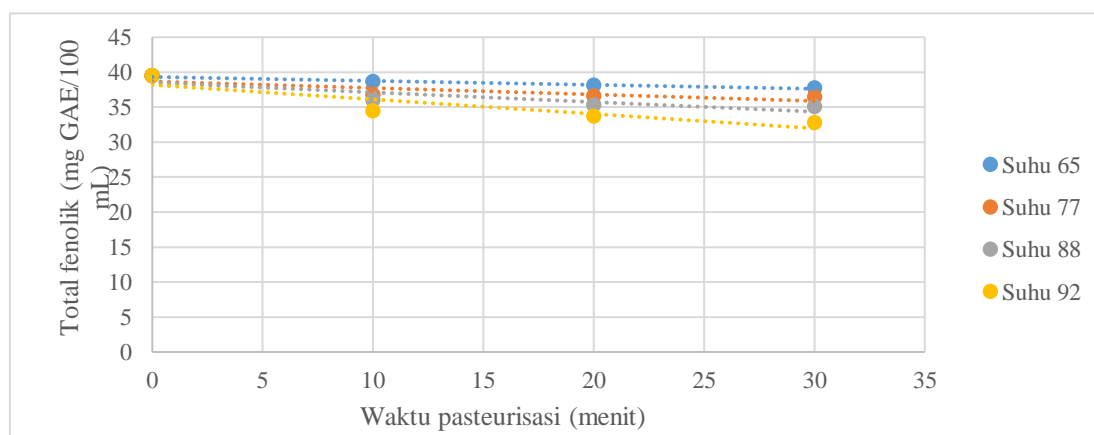
merupakan penyebab utama penurunan aktivitas antioskidan pada jus semangka setelah dipasteurisasi. Sedangkan Almeida et al. (2011) melaporkan penyebab penurunan aktivitas antioksidan pada jus nanas berkaitan dengan kandungan total fenolik yang mengalami penurunan karena proses pemanasan. Akan tetapi belum ada literatur mengenai pengaruh proses pasteurisasi terhadap aktivitas antioksidan pada jus melon yang tersedia sebagai pembandingan untuk penelitian ini.



Gambar 1. Aktivitas Antioksidan Jus Melon GMP selama Pasteurisasi pada Suhu 65 °C, 77 °C, 88 °C, 92 °C

B. Total Fenolik Jus Melon GMP Selama Pasteurisasi

Hasil pengukuran kandungan total fenolik (mg GAE/100 mL) jus melon GMP pada berbagai suhu dan waktu pemanasan dapat dilihat pada Gambar 2. Kandungan senyawa fenolik pada jus sebelum proses pasteurisasi mencapai $39,42 \pm 0,01$ mg GAE/100 mL. Selama pasteurisasi terjadi degradasi kandungan total fenolik secara signifikan ($p < 0,05$) untuk seluruh perlakuan sampel. Setelah dipasteurisasi dengan suhu dan waktu terendah yaitu 65 °C selama 10 menit, mulai terjadi penurunan sebesar 1,98% dari total fenolik awal dan terus mengalami penurunan hingga kadar total fenolik paling rendah yaitu pada suhu 92 °C selama 30 menit. Kadar total fenolik akhir mencapai mencapai $32,77 \pm 0,00$ mg GAE/100 mL.



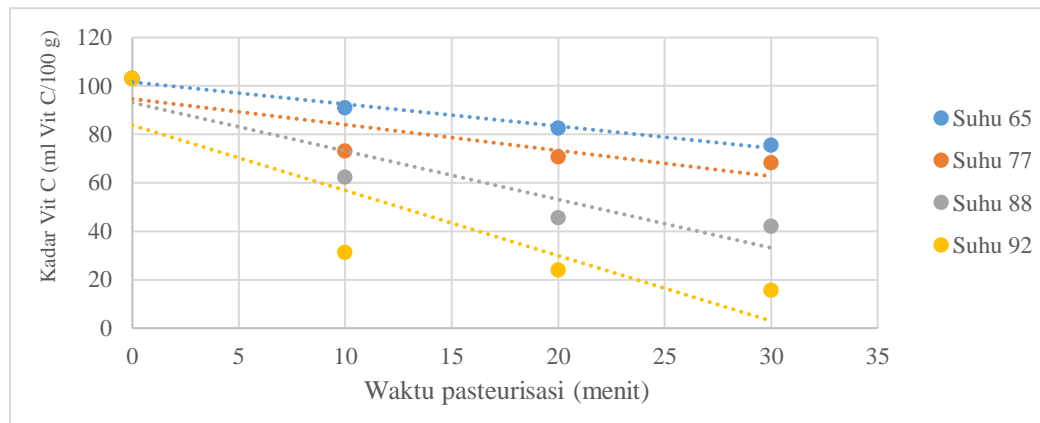
Gambar 2. Total Fenolik Jus Melon GMP yang Dipasteurisasi pada Suhu 65 °C, 77 °C, 88 °C, 92 °C

Penurunan total fenolik akibat proses pemanasan pada beberapa jus buah juga telah banyak diteliti. Zhang et al. (2018) menyebutkan bahwa terjadi degradasi total fenolik pada buah lengkeng sebesar 42% pada kondisi suhu pasteurisasi yaitu 100 °C selama 1 menit. Turturica et al. (2018) meneliti mengenai penurunan kadar antosianin pada buah plum yang dipanaskan pada suhu 50-120 °C dengan waktu 0-60 menit sebesar 22-25%. Hardinasinta et al. (2021) menyebutkan bahwa perlakuan pemanasan pada suhu 70-110 °C dan waktu 0-45 menit mengakibatkan penurunan antosianin, senyawa bioaktif, dan total fenol pada jus buah *bignay* (*Antidesma bunius*) sebesar 21-62%. Proses termal yang terjadi dapat menurunkan kandungan total fenolik pada jus melon GMP. Menurut Pratt (1992), penurunan kandungan total fenolik dapat terjadi karena adanya proses oksidasi. Hal ini seperti yang telah

dilaporkan oleh Margean et al. (2020) bahwa penyebab penurunan kandungan total fenolik pada jus anggur yang dipasteurisasi dari 72.86 mg GAE/100 mL menjadi 70.64 mg GAE/100 mL karena adanya proses oksidasi.

C. Vitamin C Jus Melon GMP Selama Pasteurisasi

Hasil pengukuran kadar vitamin C pada sampel jus melon GMP dapat dilihat pada Gambar 3. Kadar awal vitamin C yaitu sebesar $102,92 \pm 5,48$ ml Vit C/100 g dan terjadi penurunan signifikan kadar vitamin C setelah jus dipasteurisasi ($p < 0,05$). Hilangnya vitamin C tersebut dikarenakan proses pemanasan yang terjadi dapat memicu terjadinya oksidasi vitamin C. Vitamin C dapat teroksidasi menjadi asam dehidroaskorbat kemudian mengalami hidrolisis menjadi asam 2,3-diketoglutanat dalam air. Oleh karena itu, semakin besar kandungan air pada bahan, maka vitamin C akan semakin mudah terdegradasi (Herbig dan Renard, 2017).



Gambar 3. Vitamin C Jus Melon GMP yang Dipasteurisasi pada Suhu 65 °C, 77 °C, 88 °C, 92 °C

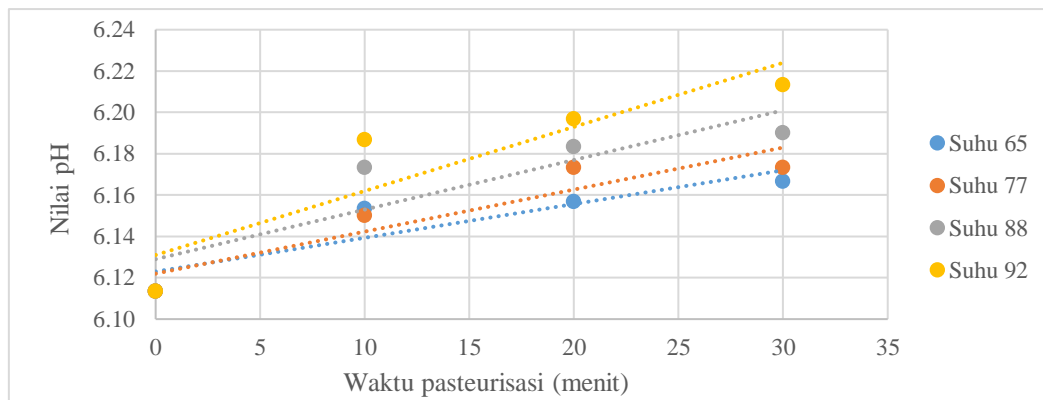
Selain itu oksidasi asam askorbat juga dipengaruhi oleh cahaya dan kondisi penyimpanan. Semakin tinggi suhu pasteurisasi dan penyimpanan, kecepatan oksidasi asam askorbat akan meningkat. Semakin tinggi suhu dan semakin lama waktu pasteurisasi dan penyimpanan, penurunan kadar vitamin C terlihat semakin besar (Kusuma et al., 2007). Pada penelitian lain dengan menggunakan bahan yang berbeda membenarkan terkait degradasi kandungan vitamin C karena pasteurisasi ini. Molto-Puigmarti et al. (2011) menyebutkan bahwa terjadi degradasi vitamin C pada sampel air susu ibu setelah dipasteurisasi yaitu sebesar 20%. Hasil kadar vitamin C terendah setelah perlakuan pasteurisasi yaitu pada perlakuan dengan suhu 92 °C selama 30 menit dengan kadar vitamin C $15,56 \pm 2,07$ ml Vit C/100 g. Penurunan kadar vitamin C jus melon GMP akibat proses pasteurisasi tersebut mencapai 84%.

D. Nilai pH Jus Melon GMP Selama Pasteurisasi

Pengukuran nilai pH bertujuan untuk mengetahui perubahan nilai pH jus melon GMP dari berbagai kondisi perlakuan suhu dan waktu pasteurisasi. Hasil menunjukkan terjadi peningkatan pH seiring bertambahnya suhu serta waktu pasteurisasi dan berbeda nyata untuk setiap perlakuannya ($p < 0,05$). Nilai pH jus melon GMP berkisar antara 6,11-6,21 dan rentang tersebut tidak jauh berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Galeb et.al (2002) yang menyebutkan bahwa jus melon *cantaloupe* memiliki rentang pH yaitu 6,34 sampai 6,83. Pada perlakuan pasteurisasi 92 °C selama 30 menit memiliki nilai pH yang paling besar. Kenaikan nilai pH dari jus melon GMP segar dengan jus yang telah dipasteurisasi yaitu mencapai 1,6%.

Proses pemanasan mempengaruhi kenaikan pH jus melon GMP. Kenaikan pH yang terjadi pada jus melon GMP tersebut diduga karena adanya degradasi total kandungan vitamin C yang berkontribusi terhadap sifat asam dari jus tersebut. Pemanasan menyebabkan vitamin C berkurang karena sifat dari asam askorbat sendiri yang labil terhadap panas (El-Ishaq and Obirinakem, 2015). Adanya kenaikan suhu dari proses pemanasan ini dapat meningkatkan laju reaksi kimia, baik yang dikatalisis maupun yang tidak dikatalisis oleh enzim. El-Ishaq dan Obirinakem (2015) juga menyebutkan bahwa proses pemanasan ini dapat menyebabkan oksidasi asam askorbat yang akan menginaktivasi enzim sehingga laju reaksi enzimatik dapat dipengaruhi. Estiasih dan Sofia (2009) menyebutkan bahwa adanya

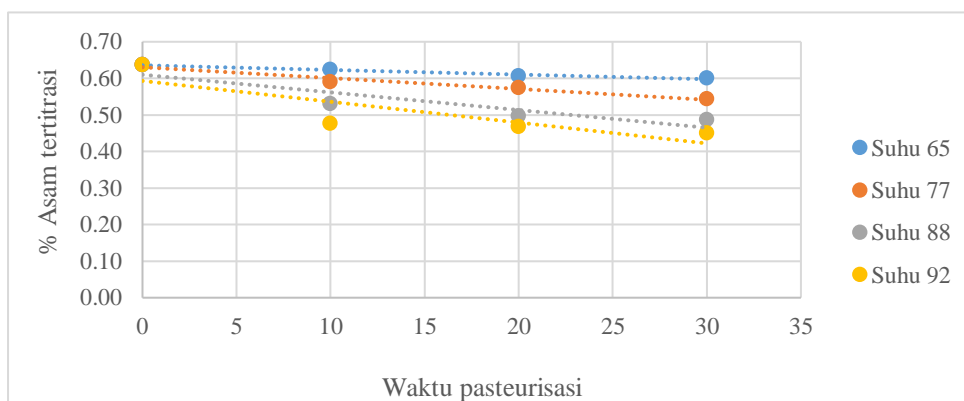
perlakuan panas juga menyebabkan senyawa fenol terdekomposisi sehingga mengalami penurunan kemampuan sebagai senyawa antioksidan. Degradasi kandungan total fenolik sebagai senyawa bioaktif pada proses pasteurisasi jus melon GMP juga diduga menjadi penyebab peningkatan nilai pH jus menjadi lebih basa.



Gambar 4. Nilai pH Jus Melon GMP yang Dipasteurisasi pada Suhu 65 °C, 77 °C, 88 °C, 92 °C

E. Total asam tertitrasi jus melon GMP selama pasteurisasi

Hasil pengukuran total asam tertitrasi pada jus melon GMP dapat dilihat pada Gambar 5. Kadar total asam tertitrasi awal sebelum dipasteurisasi yaitu sebesar $0,65 \pm 0,1\%$ dan menurun secara signifikan ($p < 0,05$) setelah perlakuan pasteurisasi. Total asam biasanya ditandai dengan adanya kandungan vitamin C yang ada di dalam jus meskipun tidak seluruh asam merupakan vitamin C. Pada kasus pasteurisasi jus melon GMP ini, penurunan total asam karena pemanasan terjadi seiring menurunnya kadar vitamin C yang ada di dalam jus melon GMP akibat oksidasi. Selain vitamin C, terdapat jenis asam lain di buah melon seperti asam sitrat dan asam malat (Burger et al., 2003). Semakin tinggi suhu pasteurisasi, maka reaksi yang melibatkan asam organik tersebut berlangsung lebih cepat. Hal ini menyebabkan total asam tertitrasi pada proses pasteurisasi menurun lebih cepat seiring dengan bertambahnya suhu dan waktu (Kusuma et al., 2007). Laju penurunan asam tertitrasi pada jus melon GMP ini bersifat stabil. Hal ini dibenarkan oleh Rabie et al. (2014) yang meneliti mengenai penurunan total asam pada jus buah *Physalis peruviana* L. yang telah dipasteurisasi dengan penurunan total asam sebesar 1,40% dari jus segar. Mehmood et al. (2008) juga menyatakan bahwa proses pasteurisasi dapat menyebabkan penurunan total asam pada jus apel dari 0,52% hingga 0,41%. Persentase penurunan total asam pada jus melon GMP yaitu mencapai 29,6% untuk suhu dan waktu pasteurisasi yang paling tinggi.

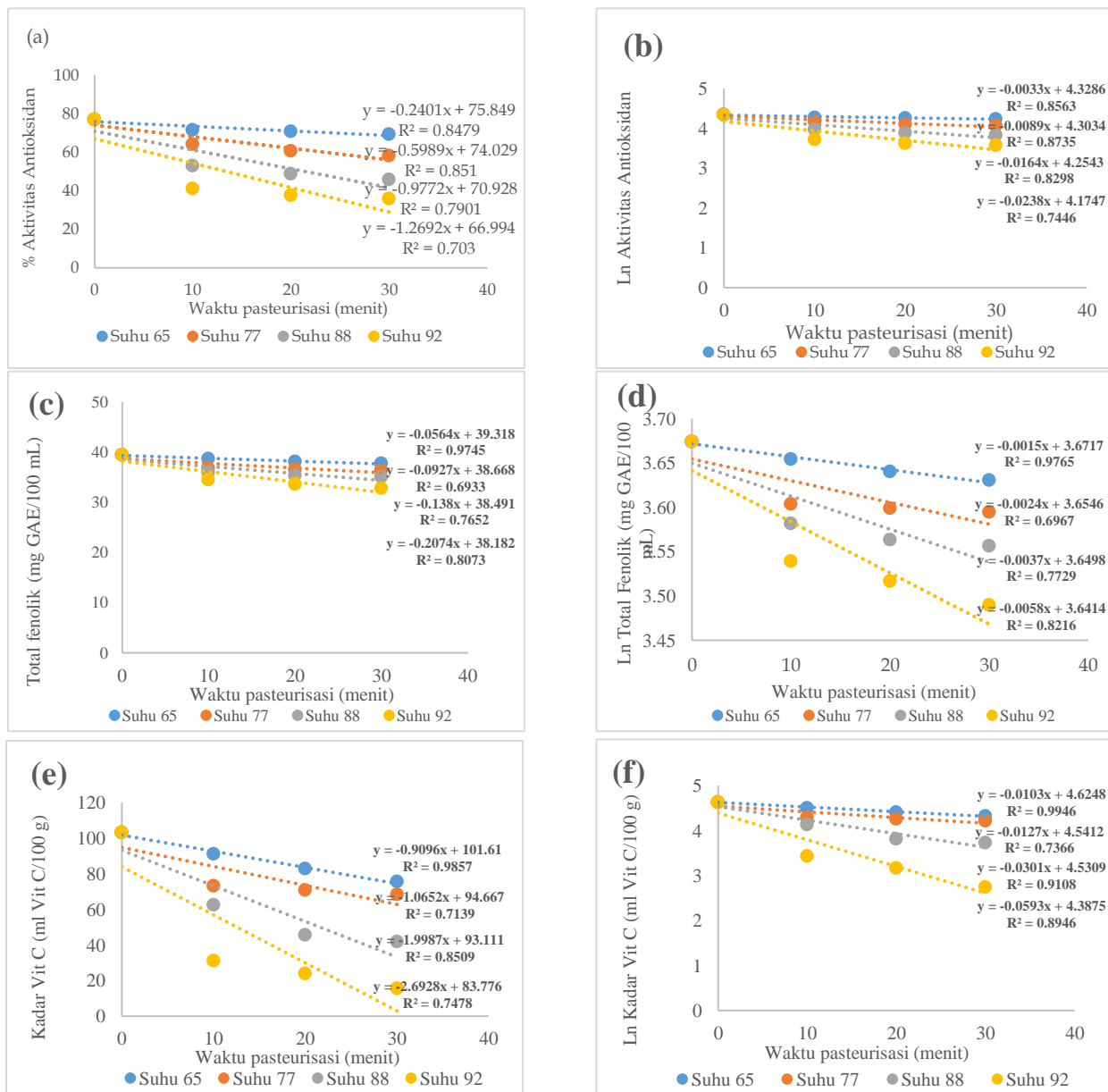


Gambar 5. Total Asam Jus Melon GMP yang Dipasteurisasi pada Suhu (A) 65 °C, (B) 77 °C, (C) 88 °C, (D) 92 °C

F. Kinetika Degradasi Termal pada Aktivitas Antioksidan, Total Fenolik, dan Vitamin C

Hasil penentuan orde reaksi pada aktivitas antioksidan, total fenolik, dan vitamin C jus melon GMP disajikan pada Gambar 6. Orde reaksi yang dipilih merupakan orde reaksi dengan persamaan yang memiliki rata-rata R^2 mendekati 1 (Turturica et al., 2016). Beberapa penelitian menyebutkan mengenai

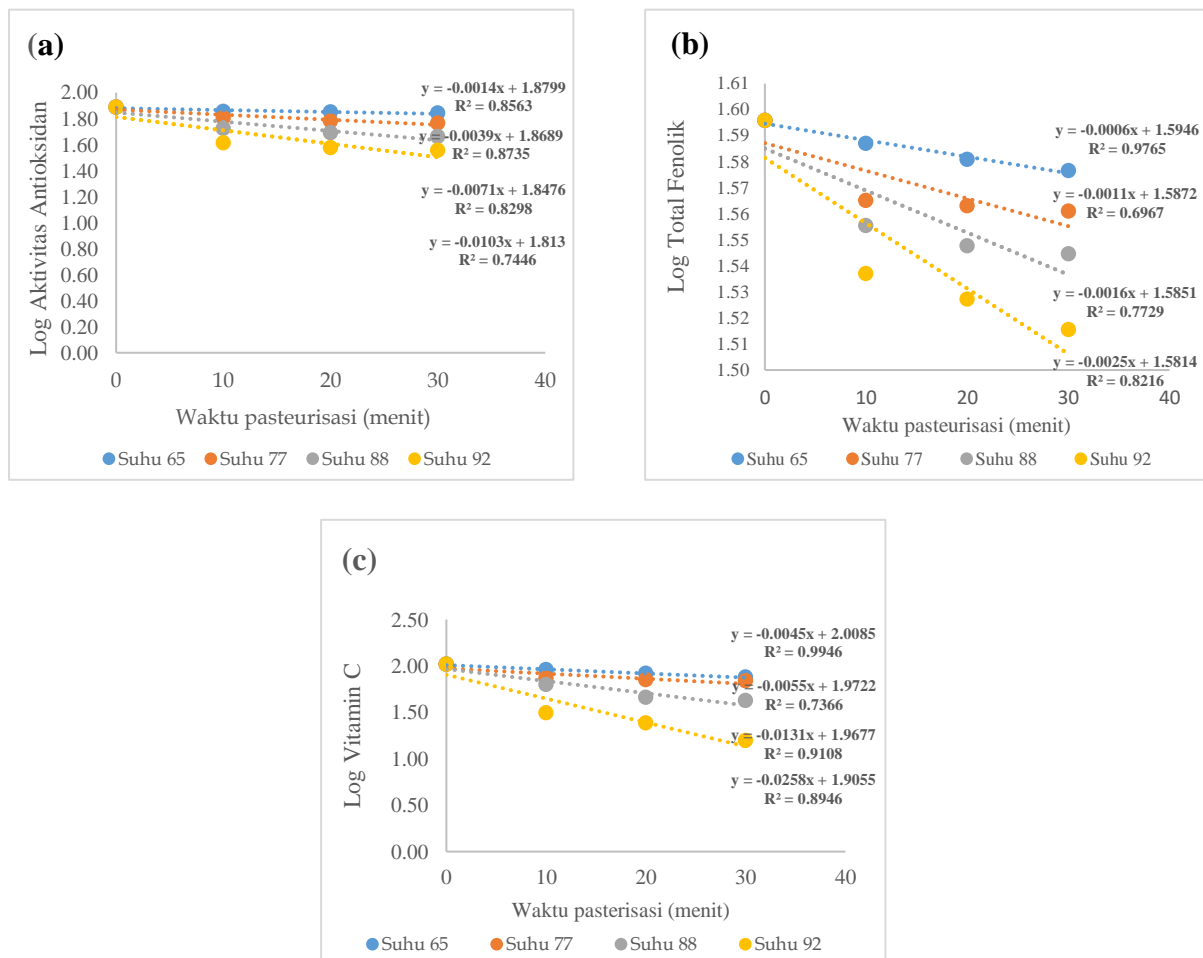
kinetika degradasi termal komponen bioaktif seperti senyawa-senyawa antioksidan mengikuti kinetika reaksi orde 1. Berdasarkan pada Gambar 6 pada keseluruhan analisis baik aktivitas antioksidan, total fenolik, maupun vitamin C, pada orde 1 memiliki R^2 yang lebih linier dibandingkan dengan orde 0. Penggunaan orde 1 digunakan dalam kinetika degradasi termal pada sifat antioksidan jus melon GMP ini yaitu dengan rentang R^2 pada aktivitas antioksidan (0,7446-0,8735), total fenolik (0,6967-0,9765), dan vitamin C (0,7366-0,9946). Hal yang sama juga diungkapkan oleh Dhuique-Mayer et al. (2007) yang menggunakan orde 1 pada penentuan kinetika degradasi termal mikrobutrien antioksidan pada jus jeruk. Solyom et al. (2014) juga menggunakan orde 1 untuk menentukan degradasi polifenol pada buah anggur. Hok et al. (2007) menyebutkan bahwa kinetika degradasi termal pada vitamin C bahan pasta tomat mengikuti orde reaksi 1.



Gambar 6. Kinetika Reaksi Degradasi Termal Aktivitas Antioksidan (a) Orde 0, (b) Orde 1, Total Fenolik (c) Orde 0, (d) Orde 1, Vitamin C (e) Orde 0, dan (f) Orde 1

G. Penentuan Nilai D dan Z dari Degradasi Aktivitas Antioksidan, Total Fenolik, dan Vitamin C

Setelah didapatkan orde reaksi 1 pada penelitian ini, maka dapat ditentukan beberapa parameter kinetika degradasi termal meliputi perhitungan nilai D dan nilai Z. Nilai D pada ketiga parameter dapat dilihat pada Gambar 7.



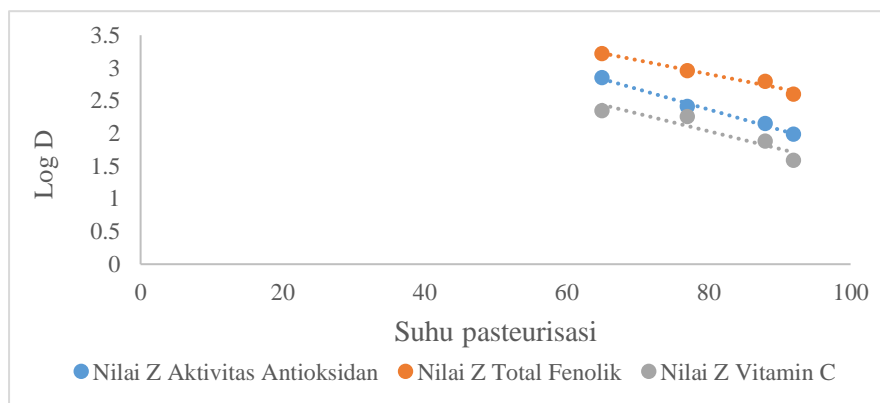
Gambar 7. Kurva Penentuan (a) Nilai D Aktivitas Antioksidan, (b) Nilai D Total Fenolik, (c) Nilai D Vitamin C pada jus melon GMP

Berdasarkan Gambar 7 maka diperoleh nilai D aktivitas antioksidan (Gambar 7 (a)) pada suhu 65 °C, 77 °C, 88 °C, dan 92 °C berturut-turut adalah 714,29 menit; 256,41 menit; 140,85 menit; dan 97,09 menit. Nilai D aktivitas antioksidan pada jus melon GMP menunjukkan angka yang lebih besar dibandingkan dengan penelitian Herdiana et al. (2014) yang meneliti nilai D aktivitas antioksidan pada wedang uwuh siap minum pada suhu 65 °C, 75 °C, dan 85 °C berturut-turut adalah 416,67 menit; 97,09 menit; dan 90,91 menit. Hal ini mengindikasikan jus melon GMP memiliki ketahanan panas yang cukup tinggi terhadap perubahan aktivitas antioksidannya karena waktu yang diperlukan untuk mereduksi 90% nilai awalnya semakin lama. Selanjutnya nilai D total fenolik (Gambar 7 (b)) pada suhu 65 °C, 77 °C, 88 °C, dan 92 °C berturut-turut adalah 1666,67 menit; 909,09 menit; 625 menit, dan 400 menit. Hal ini tidak jauh berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Dhuique-Mayer et al. (2007) yang meneliti mengenai nilai D β-karoten jus sitrus pada suhu 75 °C dan 85 °C berturut-turut adalah 1300 menit dan 815,67 menit. Nilai D vitamin C (Gambar 7 (c)) pada suhu 65 °C, 77 °C, 88 °C, dan 92 °C berturut-turut adalah 222,22 menit; 181,82 menit; 76,34 menit; dan 38,76 menit. Dhuique-Mayer et al. (2007) juga melaporkan nilai D asam askorbat pada suhu 70 °C dan 80 °C berturut-turut adalah 1994,67 menit dan 1222 menit. Perbedaan angka nilai D dapat terjadi karena perbedaan bahan yang digunakan.

Berdasarkan ketiga parameter tersebut, nilai D yang paling besar yaitu pada parameter kandungan total fenolik yaitu pada suhu 65 °C, 77 °C, 88 °C, dan 92 °C berturut-turut adalah 1666,67 menit; 909,09 menit; 625 menit, dan 400 menit. Parameter yang memiliki nilai D paling kecil adalah vitamin C. Herdiana et al. (2014) menyatakan nilai D yang semakin besar pada parameter tertentu menandakan semakin tahan terhadap panas, demikian juga sebaliknya. Hal ini menandakan bahwa vitamin C merupakan parameter yang paling sensitif terhadap perubahan panas dan paling mudah mengalami kerusakan karena memiliki waktu yang paling singkat untuk mengalami kerusakan dibandingkan dengan parameter yang lain pada tiap suhu yang sama. Selain itu, selisih nilai D yang

diperoleh antar suhu pada parameter vitamin C juga paling kecil dibandingkan dengan selisih nilai D pada parameter lain di antar suhunya. Hal tersebut dapat diartikan bahwa waktu yang dibutuhkan oleh parameter vitamin C ini untuk menurunkan 90% atau 1 siklus log nya lebih cepat dibandingkan dengan parameter lainnya yaitu aktivitas antioksidan dan kandungan total fenolik.

Sensitivitas suhu terhadap degradasi ketiga parameter antioksidan jus melon GMP yang diukur dapat dilihat berdasarkan nilai Z yang disajikan pada Gambar 8. Berdasarkan Gambar 8 diperoleh persamaan regresi untuk aktivitas antioksidan $y = -0,0311x + 4,8502$ dengan $R^2 = 0,9906$. Nilai Z didapatkan yaitu $32,15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Selanjutnya persamaan regresi untuk total fenolik yaitu $y = -0,0213x + 4,6107$ dengan $R^2 = 0,9704$ dan didapatkan nilai Z yaitu $46,95\text{ }^{\circ}\text{C}$. Persamaan regresi untuk vitamin C yaitu $y = -0,027x + 4,1911$ dengan $R^2 = 0,869$. Nilai Z vitamin C adalah $37,04\text{ }^{\circ}\text{C}$. Penelitian Nayak et al. (2011) meneliti mengenai kinetika degradasi antosianin pada kentang ungu yang dipasteurisasi dengan suhu $100\text{-}150\text{ }^{\circ}\text{C}$ memperoleh nilai Z sebesar $47,9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pada penelitian Ursu et al. (2020) mempelajari kinetika degradasi termal pada aktivitas antioksidan dan senyawa antosianin ekstrak tepung jagung ungu pada suhu $80\text{-}180\text{ }^{\circ}\text{C}$, memperoleh nilai Z berturut-turut sebesar $75,75\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan $61,72\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dhuique-Mayer et al. (2007) melaporkan untuk nilai Z asam askorbat pada jus sitrus yaitu sebesar $64\text{ }^{\circ}\text{C}$. Hasil nilai Z yang berbeda-beda dikarenakan penggunaan suhu pasteurisasi dan bahan yang berbeda-beda namun pada nilai Z pada sifat antioksidan jus melon GMP masih masuk ke dalam rentang untuk nilai Z mikronutrien antioksidan.



Gambar 8. Kurva Penentuan Nilai Z Aktivitas Antioksidan, Total Fenolik, dan Vitamin C pada Jus Melon GMP

Pada parameter nilai Z, Ling et al. (2015) menyebutkan nilai Z yang semakin kecil menandakan nilai D yang semakin sensitif terhadap perubahan suhu pasteurisasi. Parameter atau senyawa yang memiliki nilai Z yang kecil sangat bergantung pada suhu, sedangkan apabila senyawa yang memiliki nilai Z yang besar maka membutuhkan perubahan suhu yang lebih besar untuk mengurangi waktu menuju kerusakan setelah dipanaskan. Pada arti yang lain, nilai Z yang semakin besar juga menandakan semakin besar suhu pasteurisasi yang diperlukan untuk merusak senyawa antioksidan dalam waktu yang relatif singkat. Nilai Z juga perlu diketahui untuk melakukan perhitungan suhu pasteurisasi yang dibutuhkan untuk merusak sifat-sifat antioksidan tersebut dalam sebuah produk pangan. Pada jus melon GMP yang telah dipasteurisasi ini, nilai Z yang paling kecil yaitu pada parameter aktivitas antioksidan sedangkan nilai Z terbesar yaitu pada parameter total fenolik. Hal ini dapat terlihat dari grafik pada Gambar 3 yang menunjukkan garis yang paling tajam penurunannya pada parameter aktivitas antioksidan yang mengindikasikan bahwa parameter aktivitas antioksidan memiliki sensitivitas yang paling besar dibandingkan dengan parameter total fenolik dan vitamin C. Nilai Z yang paling kecil tersebut juga mengindikasikan bahwa dengan perubahan suhu yang kecil saja sudah dapat menyebabkan kerusakan pada aktivitas antioksidan ini dalam waktu yang relatif singkat. Pada kasus ini seharusnya vitamin C memiliki nilai Z yang paling kecil seiring dengan nilai D nya yang paling kecil. Hal tersebut sangat mungkin dapat terjadi mengingat adanya korelasi yang kuat juga antara kedua parameter tersebut. Mengingat bahwa vitamin C merupakan salah satu senyawa mikronutrien antioksidan yang banyak terkandung di dalam jus melon GMP, maka diduga parameter vitamin C ini memiliki peranan paling besar dalam degradasi pada parameter aktivitas antioksidan ini. Jutkus et al. (2015) menyebutkan bahwa vitamin C memiliki sifat yang mudah rusak dan sensitif terhadap panas. Hal inilah yang

menjadikan terjadinya degradasi yang sangat mudah sehingga mempengaruhi aktivitas antioksidan keseluruhan yang ada di dalam jus melon GMP setelah dipasteurisasi.

KESIMPULAN

Pada penelitian ini untuk pertama kali dipelajari sifat-sifat jus melon GMP meliputi aktivitas antioksidan, kandungan total fenolik, vitamin C, nilai pH, dan total asam serta pengaruhnya setelah perlakuan pasteurisasi. Proses pasteurisasi dapat mendegradasi aktivitas antioksidan, kandungan total fenolik, vitamin C, dan total asam akan tetapi dapat meningkatkan nilai pH nya. Studi laju kinetika penurunan antioksidan pada jus melon GMP juga pertama kali dipelajari pada penelitian ini. Kinetika degradasi termal pada jus melon GMP dapat didekati dengan orde pertama. Pada perhitungan parameter degradasi termal dapat terlihat bahwa ketiga parameter antioksidan yang diukur yaitu aktivitas antioksidan, kandungan total fenolik, dan vitamin C memiliki sifat sensitif terhadap perlakuan termal. Hasil penelitian menunjukkan nilai D paling kecil yaitu pada parameter vitamin C sedangkan nilai Z yang terkecil adalah pada parameter aktivitas antioksidan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini didanai oleh RISPRO LPDP. Penulis mengucapkan terimakasih kepada tim Gama Melon UGM yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aina, M. dan D. Suprayogi. 2011. Uji Kualitatif Vitamin C pada berbagai Makanan dan pengaruhnya terhadap pemanasan. *Jurnal Sains dan Matematika* 3(1):62-67.
- Almeida, M. M. B., de Sousa, P. H. M., Arriaga, Â. M. C., do Prado, G. M., Magalhães, C. E. de C., Maia, G. A., dan de Lemos, T. L. G. 2011. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. *Food Research International* 44(7):2155–2159.
- Anto, Supriyadi, dan Daryono, B. S. 2015. Identifikasi Senyawa yang Berkorelasi terhadap Rasa Pahit Selama Perkembangan Fase Buah Melon (*Cucumis melo* L.) Kultivar Gama Melon Parfum. *Tesis*. UGM Yogyakarta.
- AOAC. 1995. *Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemist*. AOAC International. Virginia, USA.
- Ashraf, M. A., M. J. Maah, I. Yusoff, K. Mahmood, dan Wajid, A. 2011. Study of antioxidant potential of tropical fruit. *Int. Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics* 1(1) 53-57.
- Astawan, M. dan Wahyuni. 1991. *Teknologi Pengolahan Pangan Tepat Guna*. Akademi Pressindo. Jakarta.
- Azzouzi, H., Elfazazi, K., Achchoub, M., Chafki, L., Jbilou, M., Salmaoui, S. 2018. Effect of thermal pasteurization on the physicochemical stability and nutritional quality of Moroccan Valencia Late orange juice. *International Journal of Engineering Sciences and Research Technology*.
- Benattouche, Z., Djilali, B., Ahmed, H., dan Mokhtar, B. 2019. Effect of thermal pasteurization on phytochemical characteristics and antioxidant capacity of orange juice. *Revue Nature et Technologie*.
- Brighente, I.M.C., Dias, M., Verdi, L.G., dan Pizzolatti, M.G. 2007. Antioxidant activity and total phenolic content of some Brazilian species. *Pharmaceutical Biology* 45(2):156-161.
- Burger, Y., Sa'ar, U., Distelfeld, A., Katzir, N. 2003. Development of sweet melon (*Cucumis melo* L.) genotypes combining high sucrose and organic acid content. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 128(4):537-540.
- Estiasih, T. dan Ahmadi. 2009. *Teknologi Pengolahan Pangan*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Chemistry Libretext. 2021. <https://chem.libretexts.org/>
- Daryono, B.S. dan Maryanto, S.D. 2017. *Keanekaragaman dan Potensi Sumber Daya Genetik Melon*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Dhuique-Mayer, C., Tbatou, M., Carail, M., Caris-Veyrat, C., Dornier, M., & Amiot, M. J. 2007. Thermal degradation of antioxidant micronutrients in citrus juice: Kinetics and Newly Formed Compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55(10):4209–4216.

- El-Ishaq, Abubakar, Obirinakem, Simon. 2015. Effect of temperature and storage on vitamin C content in fruits juice. *International Journal of Chemical and Biomolecular Science* 1(2):17–21.
- Elez-Martinez, Plaza, L., Sanchez-Moreno, C., P., Ancos, Martin-Belloso, B.O., Cano, M.P. 2006. Effect of refrigerated storage on vitamin C and antioxidant activity of orange juice processed by high-pressure or pulsed electric fields with regard to low pasteurization. *Eur Food Res Technol* 223: 487–493.
- Estiasih, T. dan Sofia. 2009. *Teknologi Pengolahan Pangan*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Galeb, A. D. S., Wrolstad, R. E., dan McDaniel, M. R. 2002. Composition and quality of clarified Cantaloupe juice concentrate. *Journal of Food Processing and Preservation* 26(1):39–56.
- Hasbullah, U. H. A., Supriyadi, Daryono, B. S. 2019. Aroma volatile compounds profile of melon (Cucumis melo L.) cv. Gama Melon Parfum. *International Conference on Food Science & Technology Series: Earth and Environmental Science* 292: 012027.
- Herbig, A.L., Renard, C. 2017. Factors that impact the stability of vitamin C at intermediate temperatures in a food matrix. *Food Chemistry* 220:444-451.
- Herdiana, D. D., Utami, R., dan Anandito, R. B. K. 2014. Kinetika degradasi termal aktivitas antioksidan pada minuman tradisional wedang uwuh siap minum. *Jurnal Teknosains Pangan* 3(3):44-53.
- Hok, K.T., Setyo, W., Irawaty, W., dan Soetaredjo, F.E. 2007. Pengaruh suhu dan waktu pemanasan terhadap kandungan vitamin A dan C pada proses pembuatan pasta tomat. *Jurnal Ilmiah Widya Teknik* 6(2):111-120.
- Juffs, H. dan Deeth, H. 2007. Scientific evaluation of pasteurisation for pathogen reduction in milk and milk products. *Scientific Evaluation of Milk Pasteurisation*.
- Kathiravan, T., Nadanasabapathi, S. dan Kumar, R. 2014. Standardization of process condition in batch thermal pasteurization and its effect on antioxidant, pigment and microbial inactivation of Ready to Drink (RTD) beetroot (Beta vulgaris L.) juice. *International Food Research Journal* 21(4):1305-1312.
- Kunitake, M., Ditchfield, C., Silva, C., dan Petrus, R. 2014. Effect of pasteurization temperature on stability of an acidified sugarcane juice beverage. *Ciência e Agrotecnologia*. 38(6):554–561.
- Kusuma, H.R., Ingewati, T., Indraswati, N., dan Martina. 2007. Pengaruh pasteurisasi terhadap kualitas jus jeruk Pacitan. *Jurnal Ilmiah Widya Teknik* 6(2).
- Ling, Z., Wang, F., Fang, X., Gao, X., dan Zhang, Z. 2015. A hybrid thermal management system for lithium ion batteries combining phase change materials with forced-air cooling. *Applied Energy* 148:403–409.
- Margean, A., Lupu, M. I., Alexa, E., Padureanu, V., Canja, C. M., Cocan, I., dan Poiana, M.A. 2020. An Overview of Effects Induced by Pasteurization and High-Power Ultrasound Treatment on the Quality of Red Grape Juice. *Molecules* 25(7):1669.
- Mehmood, Z., Ayub, M., Bibi, N., dan Alam, Z. 2008. Effect of pasteurization and chemical preservatives on the quality and shelf stability of apple juice. *American Journal of Food Technology* 3(2).
- Molto-Puigmarti, C., Guxens, M., Mendez, M. A., Julvez, J., Garcia-Esteban, R., Forns, J., dan Sunyer, J. 2011. Breastfeeding, Long-Chain Polyunsaturated Fatty Acids in Colostrum, and Infant Mental Development *PEDIATRICS* 128(4):e880–e889.
- Nayak, B., Berrios, J.D.J., Powers, J.R., dan Tang, J. 2011. Thermal degradation of anthocyanins from purple potato (cv. Purple Majesty) and impact on antioxidant capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59:11040-11049.
- Nurliyana, R., S. Zahir, M. Sulaeman, M.R. Aisyah, dan Rahim, K. 2010. Antioxidant study of pulps and peels of dragon fruit: a comparative study. *International Food Research Journal* 17:367-375.
- Oms-Oliu, G., Odriozola-Serrano, I., Soliva-Fortuny, R., dan Martín-Belloso, O. 2009. Effects of high-intensity pulsed electric field processing conditions on lycopene, vitamin C and antioxidant capacity of watermelon juice. *Food Chemistry* 115(4):1312–1319.
- Patras, A., Brunton, N.P., Tiwari, B., Butler, F. 2010. Stability and degradation kinetics of bioactive compounds and colour in strawberry jam during storage. *Food Bioprocess Technology* 4:1245–1252.

- Jutkus, R.A.L., Li, N., Taylor, L.S., dan Mauer, L.J. 2015. Effect of emperature and initial moisture content on the chemical stability and color change of various forms of vitamin C. *International Journal of Food Properties* 18(4):862-879.
- Pratt, D. E. 1992. *Natural Antioxidant from Plant Material (di dalam Huang, M. T., Ho, C. T. dan Lee, C. Y. (eds)) Effect on Health II: Antioxidant and Cancer Prevention*. American Chem. Soc. Washington D. C.
- Rabie, M. A., Soliman, A. Z, Diaconeasa, Z. A. S., Constantin, B. 2014. Effect of pasteurization and shelf life on the physicochemical properties of physalis (*Physalis peruviana* L.) juice. *Journal of Food Processing and Preservation* 1-10.
- Randhir, R., Kwon, Y. I., dan Shetty, K. 2008. Effect of thermal processing on phenolics, antioxidant activity and health-relevant functionality of select grain sprouts and seedlings. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 9(3):355–364.
- Rattanathanalerk, M., Chiewchan, N., dan Srichumpoung, W. 2005. *Effect of thermal processing on the quality loss of pineapple juice*. *Journal of Food Engineering*, 66(2): 259–265.
- Renard, C. dan Maingonnat, J. F. 2012. *Thermal Processing of Fruits and Fruit Juices. Thermal Food Processing: New technologies and qualities issues, Contemporary Food Engineering*. CRC Press Boca Raton, p. 686.
- Saputri, A. P., Wibowo, W. A., dan Daryono, B. S. 2020. Phenotypical characters and biochemical compound of cucurbitacin melon (*Cucumis melo* L. 'Gama Melon Parfum') resulted from breeding. *The 6th International Conference on Biological Science ICBS*.
- Satuhu, S. 2004. *Penanganan dan Pengolahan Buah*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Silva, F. V. M, Sulaiman, A., dan Farid, M. 2016. Quality stability and sensory attributes of apple juice processed by thermosonication, pulsed electric field and thermal processing. *Food Science and Technology International* 0(0):1-12.
- Solyom, K., Sola, R., Cocero, M.J., Mato, R.B. 2014. Thermal degradation of grape marc polyphenols. *Food Chemistry* 159:361-366.
- Turturica, M., Stanciuc, N., Bahrim, G., Rapeanu, G. 2016. Effect of thermal treatment on phenolic compounds from plum (*prunus domestica*) extracts-a kinetic study. *Journal of Food Engineering* 171:200-207.
- Turturica, M., Stanciuc, N., Muresan, C., Rapeanu, G., dan Croitoru, C. 2018. Journal of food quality thermal degradation of plum anthocyanins: comparison of kinetics from simple to natural systems. *Journal of Food Quality*.
- Ursu, M. S., Aprodu, I., Milea, Stefania A., Enachi, E., Rapeanu, G., Bahrim, G. E., dan Stanciuc, N. 2020. *Thermal Degradation Kinetics of Anthocyanins Extracted from Purple Maize Flour Extract and the Effect of Heating on Selected Biological Functionality Foods*, 9(11):1593.
- Vegara, S., Martí, N., Mena, P., Saura, D., dan Valero, M. 2013. Effect of pasteurization process and storage on color and shelf-life of pomegranate juices. *LWT-Food Science and Technology*. 54(2):592–596.
- Vieira, F., Lourenço, S., Fidalgo, L., Santos, S., Silvestre, A., Jerónimo, E., dan Saraiva, J. 2018. Long-term effect on bioactive components and antioxidant activity of thermal and high-pressure pasteurization of orange juice. *Molecules*. 23(10):2706.
- Walkowiak-Tomczak, D. 2007. Changes in antioxidant activity of black chokeberry juice concentrate solutions during storage. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria* 6(2).
- Wern, K.H, Haron, H., dan Keng, C.B. 2016. Comparison of Total Phenolic Contents (TPC) and antioxidant activities of fresh fruit juices, commercial 100% fruit juices and fruit drinks. *Sains Malaysiana* 45(9): 1319–1327.
- Zhang, R., Khan, S. A., Lin, Y., Guo, D., Pan, X., Liu, L., Zhang, M. 2018. *Phenolic profiles and cellular antioxidant activity of longan pulp of 24 representative Chinese cultivars*. *International Journal of Food Properties* 21(1), 746–759.
- Zulfikar, M., Widya, F.S., Wibowo, A.W., Daryono, B.S., Widiyanto, S. 2020. Antioxidant activity of melon fruit (*Cucumis melo* L. GMP) ethanolic extract. *The 6th International Conference on Biological Science ICBS 2019 AIP Conference Proceedings* 2260.