Jurusan Ilmu dan Teknologi Pangan
Universitas Sebelas Maret

Avaliable online at
www.ilmupangan.fp.uns.ac.id

JURNAL TEKNOSAINS PANGAN

Jurnal Teknosains Pangan Vol 3 No. 3 Juli 2014

KINETIKA DEGRADASI TERMAL AKTIVITAS ANTIOKSIDAN PADA MINUMAN TRADISIONAL WEDANG UWUH SIAP MINUM

Thermal Degradation Kinetic of Antioxidant Activity on Traditional Drink Wedang Uwuh Ready to Drink

Desintya Dwi Herdiana [*)], Rohula Utami [*)], R. Baskara Katri Anandito [*)]

[*)] *Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret*

Received 1 Mei 2014; accepted 20 Juni 2014 ; published online 1 Juli 2014

ABSTRAK

Sebagai salah satu minuman tradisional yang berasal dari kawasan Bantul – Yogyakarta, Indonesia, Wedang Uwuh diramu dari campuran rempah yang berpotensi menjadi minuman fungsional karena mengandung antioksidan alami. Minuman berwarna merah ini memiliki aroma khas rempah, rasa manis dan hangat. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui kinetika degradasi termal aktivitas antioksidan pada wedang uwuh siap minum. Aktivitas antioksidan diuji menggunakan metode DPPH. Penelitian ini menggunakan dua faktor yaitu variasi suhu (65, 75, dan 85 ^{o}C) dan waktu pemanasan (0, 10, 20, 30 menit) dengan pengulangan sampel dan uji sebanyak dua kali. Data yang diperoleh dari penelitian dianalisis dengan menggunakan persamaan model Arrhenius dan Ball terdiri dari nilai D, Z, k, dan Ea untuk mengetahui degradasi termal terhadap aktivitas antioksidan. Degradasi aktivitas antioksidan mengikuti reaksi orde pertama. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh Nilai $D_{65°C}$ adalah 416,67 menit, $D_{75°C}$ adalah 97,09 menit, dan $D_{85°C}$ adalah 90,91 menit. Nilai Z sebesar 30,21 °C. Konstanta laju reaksi (k) pada $D_{65°C}$, $D_{75°C}$, dan $D_{85°C}$ berturut-turut yaitu 0,0055 menit^{-1}, 0,0237 menit^{-1}, dan 0,0253 menit^{-1}. Energi aktivasi (Ea) sebesar 77,23 kJ/mol atau 18,46 kcal/mol.

Kata kunci: Aktivitas antioksidan, kinetika degradasi termal, wedang uwuh, rempah, pasteurisasi.

ABSTRACT

As one of traditional drink from Bantul – Yogyakarta, Indonesia, Wedang Uwuh are mixed from a mixture of spices which is potentially to be a functional drink because it contains natural antioxidants. This beverage has an spices flavor, hot and sweet taste, and red colour. This study aimed to determine thermal degradation kinetic of antioxidant activity on Wedang Uwuh ready to drink. Antioxidant activity analized by DPPH method. This study was done using two factors, they were level of temperature (65, 75, and 85 ^{o}C) and heating time (0, 10, 20, 30 minutes) with duplo sample and analysis. Followed by a kinetic study for degradation antioxidant activity using Arrhenius and Ball model, consist of D value, Z value, the reaction rate constant (k), and the activation energy (Ea). First-order reaction showed a good fit for the degradation of antioxidant activity. The results showed that the heat resistant of antioxidant activity, $D_{65°C}$ was 416,67 minutes, $D_{75°C}$ was 97,09 minutes and $D_{85°C}$ was 90,91 minutes. Z value was equal to 30,21°C describes the range of temperature that increase the degradation rate of antioxidant activity. The reaction rate constant (k) for $D_{65°C}$, $D_{75°C}$, and $D_{85°C}$ were 0,0055 minutes^{-1}, 0,0237 minutes^{-1}, and 0,0253 minutes^{-1}, respectively. The activation energy (Ea) obtained by 77,23 kJ/mol or 18,46 kcal/mol.

Key words: *antioxidant activity, thermal degradation kinetics, Wedang Uwuh, spices or herbs, pasteurization*.

[*)]*Corresponding author: [herdiana2desintya@yahoo.com]*

PENDAHULUAN

Wedang uwuh merupakan minuman kesehatan tradisional khas Imogiri, Bantul, Yogyakarta. Diracik dari ramuan rempah alami, menebarkan aroma khas rempah, berwarna merah, dan rasa manis pedas. Wedang uwuh dalam bahasa Jawa artinya minuman sampah. Penjulukan "uwuh/sampah" ini disebabkan komposisi rempah dari bahan-bahan minuman ini tampak seperti sampah dedaunan dan ranting serta serutan kayu. Bahan bakunya terdiri dari rempah khas Indonesia seperti daun dan ranting cengkeh, daun kayu manis, serutan kayu secang, jahe, daun pandan, dan gula batu.

Winarti (2010) menyatakan bahwa sesungguhnya banyak panganan tradisional Indonesia yang memenuhi persyaratan sebagai pangan fungsional seperti minuman yang berbasis rempah (jahe, kunyit asam, beras kencur, dan lain-lain). Dengan memiliki sumber antioksidan alami, wedang uwuh sebagai minuman kesehatan warisan para raja di Indonesia ini berpotensi sebagai minuman fungsional. Hal ini didukung oleh Rahmawati (2011) dimana fungsionalitas beberapa bahan dalam wedang uwuh untuk mencegah dan meminimalkan terjadinya penyakit degeneratif yaitu antioksidan, menurunkan kolesterol, anti diare, dan anti kanker. Menurut Herold (2007), pencampuran rempah-rempah dalam formulasi minuman dapat dilakukan untuk memperoleh suatu kombinasi antioksidan dengan aktivitas yang lebih tinggi dibandingkan jika hanya digunakan secara terpisah atau tunggal. Banyak herbalis meyakini bahwa berkhasiat untuk meningkatkan daya tahan tubuh karena kandungan antioksidannya tinggi. Bahkan, jika berbagai kandungan bahan dalam wedang uwuh diuraikan satu persatu, khasiat yang dimilikinya sangat beragam (Kementrian Perdagangan RI, 2012).

Dampak negatif dari pola hidup dan pola konsumsi manusia berpengaruh pada meningkatnya efek radikal bebas dan berbagai macam penyakit degeneratif. Seiring perkembangan ilmu pengetahuan dan perubahan gaya hidup, masyarakat menjadi semakin kritis dan selektif terhadap konsumsi pangan untuk menunjang kesehatan. Aggarwal *et al.* (2002) menyatakan bahwa ada banyak komponen dalam rempah-rempah yang dapat menghambat proses terbentuknya senyawa oksigen reaktif atau *Reactive Oxygen Species* (ROS). Untuk mengurangi serangan radikal bebas, antioksidan alami mampu melindungi tubuh terhadap kerusakan yang disebabkan oksigen reaktif dan menangkap radikal bebas.

Disamping itu, kesibukan aktivitas masyarakat di era modern menuntut produsen produk pangan menciptakan inovasi produk pangan yang dapat disajikan atau dikonsumsi secara cepat dan praktis namun tetap memperhatikan kelengkapan nilai gizinya. Desakan mobilitas manusia yang kian meningkat, tren kembali ke alam "*back to nature*", dan permintaan konsumen akan minuman kesehatan yang semakin tinggi mendorong inovasi terhadap produk herbal yang praktis dan aman dikonsumsi.

Wedang uwuh biasanya disajikan dalam bentuk seduhan, maka dengan alasan tersebut produk ini perlu pengembangan dengan penyajian siap minum "*ready to drink*". Untuk mempertahankan mutu dan memperpanjang umur simpannya dapat dikenakan perlakuan termal berupa pasteurisasi agar mikroba patogen pada produk akan mati. Namun, proses pasteurisasi juga dapat menurunkan aktivitas antioksidan di dalamnya, karena sifat antioksidan yang rentan panas. Operasi proses termal secara konvensional diklasifikasikan berdasarkan pada intensitas panas yang digunakan: pasteurisasi (65–85°C), sterilisasi (110–121°C), and *ultra high temperature* (UHT) (140–160°C) (Aamir *et al*., 2013). Untuk mendapatkan perlakuan pasteurisasi optimal dapat dilakukan pendekatan studi mengenai kinetika degradasi termalnya.

Telah dilakukan beberapa penelitian mengenai kinetika degradasi termal dari beberapa senyawa yang termasuk kelompok antioksidan. Erge dan Özşen (2013) menentukan pengaruh termal pada senyawa bioaktif berupa aktivitas antioksidan, total antosianin monomer, total fenol dan warna visual pulp stroberi liar pada suhu 60-90 ^{o}C. Patras *et al*. (2010) mempelajari kinetika degradasi termal antosianin pada beberapa bahan pertanian dimana kondisi prosesnya yaitu suhu 60-100 ^{o}C dengan waktu 20-120 menit pada rosela dihasilkan Energi aktivasi (Ea) sebesar 66,22 kJ/mol, plum *puree* dengan suhu 50, 70, 80, dan 90 ^{o}C dengan waktu 0-20 menit menghasilkan Ea sebesar 37,48 kJ/mol. Adapun penelitian mengenai kinetika degradasi termal karoten (Maharani[1], 2010) dan vitamin C (Maharani[2], 2010) pada sari buah buah semu jambu mete menggunakan suhu 60-80 ^{o}C dengan waktu 5-20 menit. Belum banyak penelitian secara ilmiah pada wedang uwuh. Oleh karena itu, perlu diketahui bagaimana kinetika degradasi aktivitas antioksidan pada wedang uwuh siap minum ini. Tujuan

penelitian ini adalah mengetahui kinetika degradasi termal aktivitas antioksidan pada wedang uwuh siap minum.

METODE PENELITIAN

Alat

Alat-alat yang digunakan untuk pembuatan wedang uwuh yaitu timbangan analitik, spatula, panci, kompor, saringan, kain saring, penjepit, aluminium foil, baskom, gelas plastik PP (Plaspac), mesin *cup sealer*, *waterbath* (Memmert), *icebath*, termometer digital, *timer*. Peralatan untuk analisis antara lain gelas ukur 500 ml, labu takar 10 ml, gelas beker, propipet, pipet ukur, tabung reaksi, vortex, dan spektrofotometer UV-vis 1240 (Shimadzu, Jepang).

Bahan

Bahan-bahan untuk pembuatan minuman tradisional dalam penelitian ini adalah wedang uwuh seduh (Mbak Elin) khas Imogiri - Yogyakarta yang diperoleh dari Pasar Gede Surakarta dan air minum dalam kemasan (AQUA). Sedangkan bahan-bahan yang digunakan untuk analisis adalah DPPH (ALDRICH) dan metanol (EMSURE).

Tahapan Penelitian

Pembuatan wedang uwuh siap minum

Semua bahan wedang uwuh (jahe memar, serutan secang, daun kayu manis, daun cengkeh, ranting cengkeh, daun pandan, gula batu) dalam bentuk kering siap seduh dimasukkan dalam panci (tanpa gula) kemudian diseduh air mendidih ± 100^{o}C, diaduk, dan didiamkan sekitar 15 menit agar keluar ekstraknya (Hartanto, 2012; Tasia, 2014). Gula batu diseduh secara terpisah menggunakan air mendidih sampai larut. Formulasi pembuatan wedang uwuh tertera pada **Tabel 1**. Masing-masing seduhan tersebut disaring dan dicampurkan. Setelah itu, dikemas dalam gelas-gelas plastik jenis Polyprophilene (PP) kemudian direkatkan plastik penutup menggunakan mesin *cup sealer*. Selanjutnya dipasteurisasi dengan kombinasi variasi suhu (65, 75, dan 85 ^{o}C) dan waktu (0, 10, 20, 30 menit). Setelah itu, produk direndam dalam *icebath* ±10 menit dan penutup gelas dibungkus aluminium foil agar terhindar kontak langsung cahaya.

Tabel 1. Formulasi Pembuatan Wedang Uwuh

Bahan	Jumlah
Daun cengkeh	15,18 g
Ranting cengkeh	63,40 g
Daun kayu manis	13,39 g
Daun pandan	15,46 g
Jahe	320,0 g
Serutan Secang	40,77 g
Gula batu	566,8 g
Air seduh uwuh	3.900 ml
Air seduh gula	520 ml

Keterangan: Takaran di atas untuk 26 gelas @ 170 ml

Analisis Aktivitas Antioksidan/Penangkapan Radikal Bebas

Analisa aktivitas antioksidan ini menggunakan metode DPPH. Pada prinsip ini komponen antioksidan dalam sampel akan mereduksi radikal DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) menjadi difenil pikril hidrazin sehingga warna ungu sampel semakin memudar. 0,1 ml sampel diencerkan dalam metanol sampai 10 ml. Sampel tersebut diambil 1 ml, ditambahkan 1 ml DPPH 0,35 mM dalam metanol, dan ditambahkan metanol sampai 5 ml. Sebagai kontrol blanko, 1 ml DPPH ditambahkan metanol sampai 5 ml. Sampel diukur dengan absorbansi pada panjang gelombang 517 nm (Poerawinata, 2007; Molyneux, 2004).

Perhitungan Parameter Kinetika Degradasi Termal

Parameter kinetika degradasi termal meliputi nilai D, nilai Z, nilai k, dan nilai Ea. Nilai D (*Decimal Reduction Time*) adalah waktu pemanasan (menit) yang dibutuhkan untuk menurunkan 90% atau 1 siklus log aktivitas antioksidan pada suhu tertentu. Nilai Z adalah perubahan suhu (^{o}C) yang diperlukan untuk menurunkan aktivitas antioksidan terhadap nilai D sebesar 90% atau 1 siklus log. Nilai k adalah konstanta laju reaksi (1/menit). Energi aktivasi (Ea) adalah energi minimum yang dibutuhkan untuk memulai terjadinya reaksi kimia tertentu (kJ/mol atau kcal/mol). Digunakan kinetika model Arrhenius dan Ball sebagai berikut:

Orde ke-n: $\frac{dC}{dt} = -kC^n$ ..... (i)

Orde 0 : $C - C_0 = -kt$ ..... (ii)

Orde 1 : $\ln\left(\frac{C}{C0}\right) = -kt$ ..... (iii)

Dimana C adalah konsentrasi reaktan pada waktu tertentu t; k adalah konstanta laju reaksi (unit konsentrasi $^{1-n}$/waktu) (1/menit),

$$D = \frac{t}{\log\left(\frac{No}{Nt}\right)} \quad \text{..... (iv)}$$

$$Z = \frac{T2-T1}{\log\left(\frac{DT}{Do}\right)} \quad \text{..... (v)}$$

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

$$\ln k = \ln k_0 - (Ea/R)(1/T) \quad \text{.... (vii)}$$

Nilai D ialah plot regresi antara waktu pemanasan (sumbu x) dan log konsentrasi (sumbu y), nilai D berupa $|1/slope|$ pada suhu tertentu (Sukasih, 2009). t adalah waktu pemanasan. N_0/Nt adalah konsentrasi aktivitas antioksidan pada waktu tertentu. Nilai Z ialah plot regresi antara suhu pemanasan (sumbu x) dan log nilai D (sumbu y), nilai Z berupa $|1/slope|$. T ialah suhu pemanasan (K). R yaitu tetapan gas (8,314 J/mol.K atau 1,987 cal/mol.K). Ea adalah *slope* dari persamaan regresi (1/T, ln k) dikali R.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pasteurisasi wedang uwuh menggunakan *waterbath* dengan dua faktor perlakuan yaitu suhu (65, 75, dan 85 ^oC) dan waktu (0, 10, 20, dan 30 menit) (Patras *et al*, 2010; Maharani[1], 2010). Pasteurisasi ini bertujuan untuk membunuh mikroba patogen yang berbahaya karena dapat menimbulkan penyakit, memperpanjang umur simpan produk, dan menginaktivasi enzim dalam bahan dengan masih mempertimbangkan mutunya (Sukasih, 2009).

Pasteurisasi wedang uwuh dilakukan dalam gelas plastik berbahan polipropilena (PP) yang dikemas rapat. Setelah itu, produk langsung direndam dalam *icebath* selama ±10 menit. Perendaman dalam *icebath* bertujuan untuk memberikan efek kejut suhu sehingga terjadi pendinginan dengan cepat agar dapat mencegah germinasi dan pertumbuhan spora termofilik. Selanjutnya, tutup gelas dibungkus dengan aluminium foil untuk menghindari produk dari kontak langsung cahaya, karena menurut Sari *et al.* (2012), paparan oksigen, cahaya, dan suhu tinggi dapat mempengaruhi oksidasi.

A. Aktivitas Antioksidan Wedang Uwuh Siap Minum

Antioksidan merupakan senyawa pemberi elektron atau reduktan. Antioksidan juga merupakan senyawa yang dapat menghambat reaksi oksidasi, dengan mengikat radikal bebas dan molekul yang sangat reaktif. Akibatnya kerusakan sel akan dihambat (Winarsi, 2010). Dalam ilmu pangan, antioksidan didefinisikan sebagai suatu zat dalam makanan yang ketika berada dalam konsentrasi rendah dibandingkan dengan substrat teroksidasi secara signifikan mengurangi atau mencegah efek buruk dari spesies oksigen dan nitrogen reaktif (ROS/RNS) pada fungsi fisiologis normal manusia (Karadag *et al.*, 2009).

Mekanisme kerja antioksidan bertindak sebagai (1) hambatan fisik untuk mencegah akses ROS ke bagian penting biologis, misalnya filter UV, membran sel; (2) perangkap kimia (menyerap energi dan elektron), memadamkan ROS seperti karotenoid, antosianidin; (3) katalisator yang menetralisir atau mengalihkan ROS, misalnya antioksidan enzim SOD (*superoxide dismutase*), katalase, dan *glutathion peroxidase*; (4) mengikat/inaktivasi ion logam untuk mencegah generasi ROS, misalnya ferritin, ceruloplasmin, katekin; dan (5) antioksidan rantai pemecah yang menangkap dan menghancurkan ROS, seperti asam askorbat (vitamin C), tokoferol (vitamin E), asam urat, *glutathione*, flavonoid (Karadag *et al.*, 2009).

Penentuan aktivitas antioksidan pada wedang uwuh siap minum menggunakan uji DPPH dengan pelarut metanol. Prinsip dari uji ini adalah adanya donasi atom hidrogen dari substansi yang diujikan kepada radikal bebas DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) yang ditunjukkan oleh perubahan warna. Radikal bebas DPPH bersifat peka terhadap cahaya, oksigen dan pH, tetapi stabil dalam bentuk radikal sehingga memungkinkan untuk dilakukan pengukuran antioksidan (Molyneux, 2004). Metode DPPH berfungsi untuk mengukur elektron tunggal seperti transfer hidrogen sekaligus juga untuk mengukur aktivitas penghambatan radikal bebas. Senyawa yang aktif sebagai antioksidan mereduksi radikal bebas DPPH menjadi *difenil pikril hidrazin.* Antioksidan alami umumnya berbentuk cairan pekat dan sensitif terhadap pemanasan. Antioksidan dapat rusak karena suhu tinggi dan mudah teroksidasi (Miryanti *et al*., 2011).

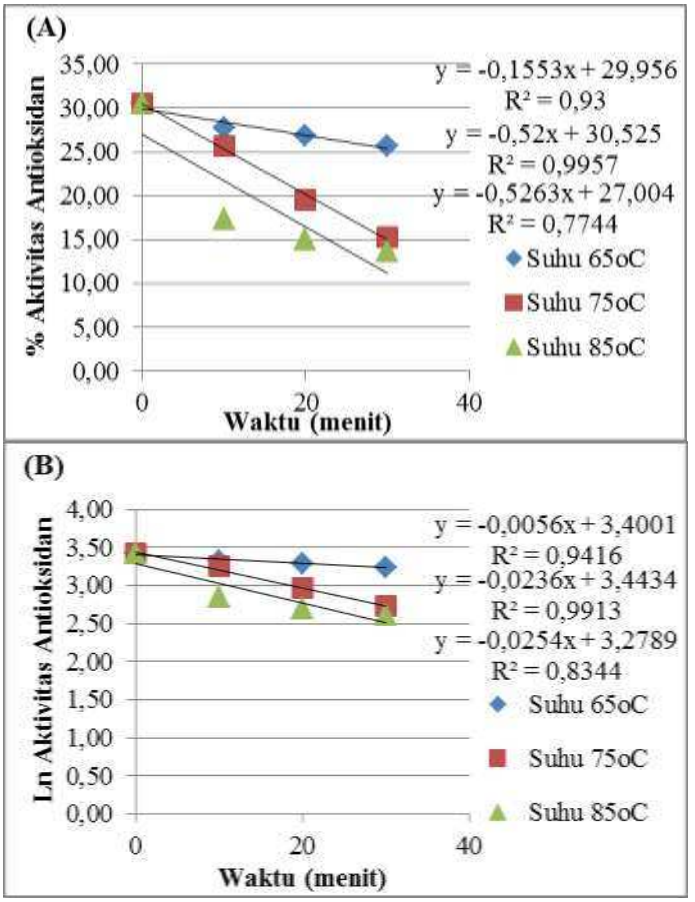
Tabel 2. Aktivitas Antioksidan (%, Log, Ln) Wedang Uwuh Siap Minum

Suhu (°C)	Waktu (menit)	Aktivitas Antioksidan (%)	Log	Ln
65	0	30.473	1,484	3,417
	10	27,663	1,442	3,320
	20	26,775	1,428	3,287
	30	25,592	1,408	3,242
75	0	30,473	1,484	3,417
	10	25,703	1,410	3,247
	20	19,527	1,291	2,972
	30	15,200	1,182	2,721
85	0	30,473	1,484	3,417
	10	17,308	1,238	2,851
	20	14,941	1,174	2,704
	30	13,720	1,137	2,619

Aktivitas antioksidan (AA) wedang uwuh siap minum dianalisa menggunakan metode DPPH (Poerawinata, 2007; Molyneux, 2004) sebelum dan setelah perlakuan termal berupa pasteurisasi yang tercantum dalam **Tabel 2**. AA pada sampel kontrol (tanpa pasteurisasi) sebesar 30,47%. Dari semua perlakuan terjadi penurunan %AA seiring dengan kenaikan suhu dan waktu pemanasan yang digunakan. Antioksidan dapat menurun aktivitasnya karena beberapa faktor seperti panas, cahaya, logam peroksida, dan oksigen (Oktaviana, 2010). Dengan demikian, semakin tinggi suhu dan semakin lama waktu pemanasan produk, maka aktivitas antioksidan semakin menurun.

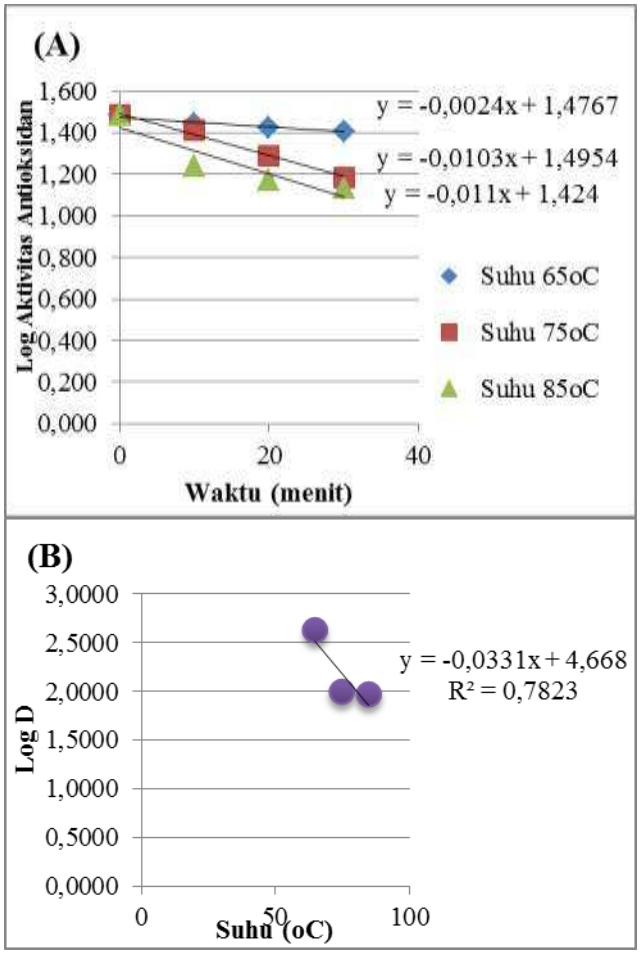
B. Penentuan Kinetika Degradasi Termal Aktivitas Antioksidan

Penentuan kinetika degradasi termal meliputi paramater perhitungan nilai k (1/menit), nilai D (menit), nilai Z (°C), dan Ea (kJ/mol.K). Dalam persamaan Arrhenius, dapat ditentukan orde reaksi mengikuti persamaan (i) atau (ii) dan (iii). Setelah ditentukan orde yang cocok, konstanta laju reaksi (k) dapat diketahui dari *slope* persamaan orde tersebut. Kebanyakan dari beberapa penelitian mengenai kinetika degradasi termal komponen bioaktif seperti antosianin, karotenoid, likopen, dan sebagainya mengikuti kinetika reaksi orde ke-1.



Gambar 1. Kinetika Reaksi Degradasi Termal Aktivitas Antioksidan (A) Orde 0 & (B) Orde 1

Berdasarkan **Gambar 1** diperoleh R^2 yang lebih besar atau mendekati 1 yaitu pada orde 1 yaitu plot antara Waktu (sumbu x) dengan Ln Aktivitas Antioksidan (sumbu y). Sehingga kinetika degradasi termal aktivitas antioksidan wedang uwuh siap minum menggunakan orde 1 dengan R^2 sebesar 0,8344 - 0,9913. Hasil yang sesuai dengan penelitian Jaiswal dan Abu-Ghannam (2007) yang mengikuti model kinetika kapasitas antioksidan dengan metode DPPH orde ke 1 dengan R^2 sebesar 0,95 – 0,97. Menurut Tbatou *et al*. (2007), dengan asumsi reaksi orde pertama untuk degradasi mikronutrien, laju reaksi sebanding dengan konsentrasi di bawah kondisi isotermal.



Gambar 2. Kurva Penentuan (A) Nilai D dan (B) Nilai Z

Faktor penting dalam pengembangan proses termal bergantung pada suhu dan waktu yang digunakan dalam proses tersebut. Nilai D (*Decimal Reduction Time*) adalah waktu yang diperlukan untuk menurunkan kadar sebesar satu siklus log pada suhu tertentu. Penentuan nilai D mengikuti persamaan 4 yaitu sama dengan membuat plot antara waktu pemanasan sebagai sumbu x dan log konsentrasi senyawa sebagai sumbu y, dimana nilai D adalah 1/*slope* (menit). Manfaat menentukan nilai D yaitu untuk menyatakan jangka waktu perlakuan panas yang diperlukan pada suhu tertentu untuk mereduksi 90% atau sepersepuluh nilai mula-mula. Semakin besar nilai D menunjukkan semakin tinggi ketahanan panas aktivitas antioksidan tersebut pada suhu pemanasan tertentu. Pengaruh suhu terhadap nilai D dinyatakan dengan nilai Z (^oC), yaitu perbedaan suhu yang dapat merubah nilai D sebanyak 90%. Semakin kecil nilai Z menunjukkan semakin sensitif nilai D oleh perubahan suhu pemanasan. Dengan mengetahui nilai Z, memungkinkan dilakukan perhitungan kebutuhan suhu pemanasan yang dapat merusak aktivitas antioksidan produk. Setelah ditentukan nilai D kemudian nilai Z ditentukan dengan membuat plot antara suhu pemanasan (T) sebagai sumbu x dan log nilai D sebagai sumbu y, maka nilai Z merupakan |1/*slope*| (Sukasih, 2009).

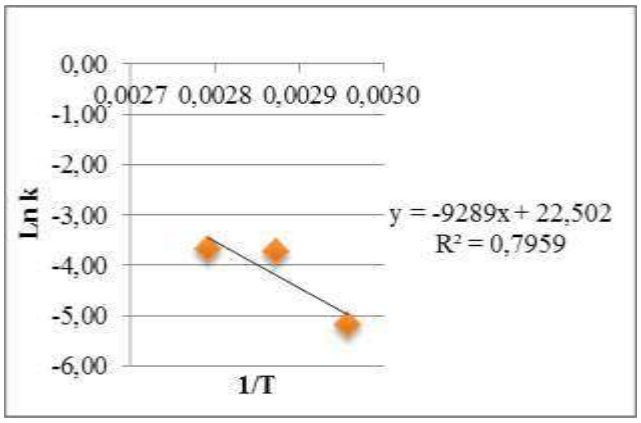
Menurut hasil penelitian pada **Gambar 2 (A)** dan **Tabel 3**, dapat dilihat adanya penurunan aktivitas antioksidan selama proses pasteurisasi pada setiap sampel wedang uwuh siap minum. Nilai $D_{65°C}$ adalah 416,67 menit, $D_{75°C}$ adalah 97,09 menit, dan $D_{85°C}$ adalah 90,91 menit. Menurut penelitian Tabtou *et al*. (2007) tentang kinetika degradasi pada jus sitrus, nilai $D_{75°C}$ β-karoten adalah 1.300 menit dan $D_{80°C}$ adalah 815,67 menit, untuk asam askorbat $D_{70°C}$ adalah 1.994,67 menit dan $D_{80°C}$ adalah 1.222 menit. Dengan demikian, adanya perbedaan suhu dan waktu pasteurisasi berpengaruh terhadap kinetika penurunan aktivitas antioksidan pada wedang uwuh siap minum.

Berdasarkan kurva penentuan nilai Z pada **Gambar 2 (B)**, diperoleh persamaan regresi y = -0,0331x + 4,668 dengan R^2 = 0,7823. Sehingga didapatkan nilai Z sebesar 30,21 ^oC. Pada penelitian Cisse *et al*. (2009) yang mempelajari kinetika degradasi antosianin dengan suhu pemanasan 60-100^oC memperoleh nilai Z sebesar 36 ^oC pada jus jeruk (*blood orange*) dan pada ekstrak rosela sekitar 34 - 44 ^oC. Nilai Z dari degradasi antosianin pada kentang ungu yang dipanasi 100-150 ^oC selama 0-60 menit sebesar 47,9 ^oC (Nayak *et al*., 2011). Pada penelitian Tabtou *et al*. (2007), nilai Z β-karoten sebesar 22,5 ^oC, *β-cryptoxanthin* 15,9 ^oC, *zeinoxanthin* 20,2 ^oC, dan asam askorbat sebesar 64,0 ^oC. Nilai Z dari hasil penelitian tidak terlampau jauh dan masuk dalam kisaran nilai Z mikronutrien antioksidan.

Tabel 3. Perhitungan Nilai D, k, Z, dan Energi Aktivasi

Suhu (^oC)	Nilai D (menit)	k (menit^{-1})	Nilai Z (^oC)	Ea (kJ/mol)
65	416,667	0,0055		
75	97,087	0,0237	30,21	77,23
85	90,909	0,0253		

Konstanta laju reaksi (k) ditentukan dengan menggunakan persamaan (vi). Pada **Tabel 3** telah diketahui konstanta laju reaksi (k) pada $D_{65°C}$, $D_{75°C}$, dan $D_{85°C}$ berturut-turut yaitu 0,0055 menit^{-1}, 0,0237 menit^{-1}, dan 0,0253 menit^{-1}. Konstanta laju reaksi (k) pada penelitian Jaiswal dan Ghannam (2013) yang mempelajari kinetika degradasi kapasitas antioksidan, total fenol, dan total flavonoid pada kubis York yaitu berturut-turut 0,089-0,128 menit^{-1}, 0,150-0,214 menit^{-1}, dan 0,144-0,197 menit^{-1}. Perbedaan ini bisa terjadi karena perbedaan sampel dan perlakuan termal yang diberikan.

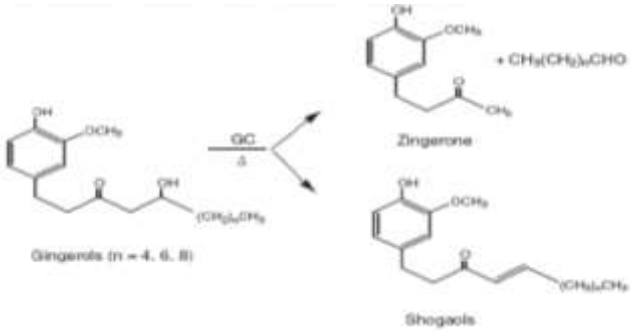


Gambar 3. Kurva Penentuan Energi Aktivasi Degradasi Aktivitas Antioksidan Wedang Uwuh selama Pasteurisasi

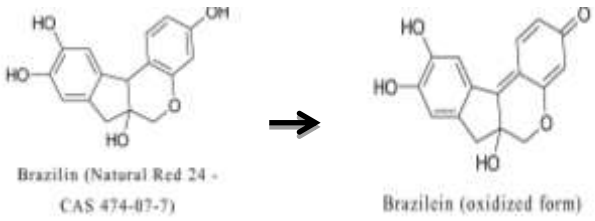
Sementara hasil Energi aktivasi (Ea) ditentukan dengan menggunakan regresi linear antara 1/T (sumbu x) dengan ln k (sumbu y), kemudian *slope* dikalikan dengan tetapan R (8,314 J/mol.K) atau sebanding dengan persamaan (vii). Dengan persamaan regresi y = -9289x + 22,502, R^2 = 0,7959 dihasilkan Energi aktivasi yaitu 77,23 kJ/mol. Angka tersebut menunjukkan besarnya energi minimum yang dibutuhkan untuk memulai reaksi penurunan aktivitas antioksidan pada wedang uwuh siap minum. Semakin rendah nilai Ea maka semakin mudah terjadinya penurunan. Ea pada degradasi β-karoten sebesar 110 kJ/mol, *β-cryptoxanthin* 156 kJ/mol, *zeinoxanthin* 122,8 kJ/mol, dan asam askorbat sebesar 35,9 kJ/mol (Tbatou *et al*., 2007). Ea untuk degradasi antosianin yaitu 72,89 kJ/mol pada kentang ungu (Nayak *et al*., 2011) dan 61,60 kJ/mol pada rosela Thai (Cisse *et al*., 2009). Hasil Ea untuk degradasi aktivitas antioksidan pada wedang uwuh cukup baik bila dibandingkan dengan mikronutrien antioksidan lain. Dapat diduga jenis antioksidan pada wedang uwuh bermacam-macam dan memiliki kestabilan panas yang cukup baik dimana ia memerlukan energi aktivasi yang sedang atau cukup tinggi. Pada dasarnya antioksidan akan melepas hidrogen atau elektron atau membentuk senyawa kompleks radikal dengan cincin aromatiknya untuk menghambat oksidasi.

Jika ditinjau dari komposisinya, wedang uwuh didominasi oleh rempah cengkeh, jahe, dan secang. Menurut Nurdjannah (2004) dan Ayoola *et al*. (2008) eugenol merupakan senyawa terbanyak pada minyak cengkeh. Senyawa fenolik utama yang berasal dari jahe yaitu *gingerol*, *shogaol*, dan zingerone, dengan aktivitas antioksidan tertinggi ditunjukkan oleh komponen *gingerol* (Winarsi, 2007; Suryatno *et al.*, 2012). Sedangkan pada secang juga terdapat antioksidan dari senyawa fenolik, flavonoid, dan senyawa aktif lain seperti *sappanchalcone*, *caesalpin* p, dan brazilin (Wicaksono *et al.*, 2008).

Gingerol sebagai salah satu senyawa fenol terbesar dalam jahe, memiliki sifat yang rentan terhadap perubahan suhu pada saat penyimpanan maupun pengolahan bahan. Sehingga dengan mudah *gingerol* dapat berubah menjadi *shogaol* dan *zingerone* serta mengakibatkan menurunnya kadar fenol total jahe (Widiyanti, 2009). Brazilin yang memberi warna merah pada secang ketika teroksidasi membentuk brazilein (Wicaksono *et al*., 2008). Diduga perubahan dari senyawa-senyawa tersebut juga berkontribusi dalam degradasi aktivitas antioksidan wedang uwuh yang dipasteurisasi. Konversi senyawa-senyawa tersebut ketika mengalami degradasi termal atau oksidasi dapat dilihat pada **Gambar 4** dan **Gambar 5**.



Gambar 4. Konversi *Gingerol* menjadi *Zingerone* dan *Shogaol*



Gambar 5. Konversi Brazilin menjadi Brazilein

Karena masih terbatasnya penelitian mengenai produk wedang uwuh, belum bisa dipatenkan jenis atau spesifikasi dari antioksidan yang terkandung di dalamnya. Walau banyak spesifikasi senyawa yang dapat bertindak sebagai antioksidan, perolehan angka dari berbagai parameter dalam penelitian ini dapat dibandingkan dengan macam-macam jenis senyawa antioksidan secara umum pada suatu produk minuman. Maka dari itu, dapat dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengidentifikasi senyawa aktif yang bertindak dominan sebagai antioksidan dan bagaimana degradasinya serta faktor lain seperti keberadaan oksigen.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan mengenai kinetika degradasi termal Aktivitas Antioksidan (AA) wedang uwuh yang ditinjau dari ketahanan panas AA (nilai D), rentang suhu yang meningkatkan laju degradasi (nilai Z), konstanta laju reaksi degradasi (k), dan Energi aktivasi (Ea) atau energi minimum untuk memulai reaksi degradasi yakni:

1. Nilai $D_{65°C}$ adalah 416,67 menit, $D_{75°C}$ adalah 97,09 menit, dan $D_{85°C}$ adalah 90,91 menit.
2. Nilai Z sebesar 30,21 °C.
3. Konstanta laju reaksi (k) pada $D_{65°C}$, $D_{75°C}$, dan $D_{85°C}$ berturut-turut yaitu 0,0055 $menit^{-1}$, 0,0237 $menit^{-1}$, dan 0,0253 $menit^{-1}$.
4. Energi aktivasi (Ea) sebesar 77,23 kJ/mol atau 18,45 kcal/mol.

SARAN

Perlu dilakukan penelitian dari aspek mikrobiologis untuk mengetahui perlakuan pasteurisasi yang terbaik dalam mempertahankan mutu dan keamanan pangan. Dapat dilakukan penelitian yang mengkaji kualitas secara visual (seperti degradasi warna), sensoris, dan/atau umur simpan produk, serta jenis antioksidan dominan pada produk ini.

DAFTAR PUSTAKA

Aamir, M., M. Ovissipour, S. S. Sablani, dan B. Rasco. 2013. *Predicting the Quality of Pasteurized Vegetables Using Kinetic Models: A Review*. Hindawi Publishing Corp. International Journal of Food Science. Vol 2013.

Aggarwal, B.B., N. Ahmad, dan H. Mukhtar. 2002. *Spices as Potent Antioxidants with Therapeutic Potential*. Di dalam Herold. 2007. *Formulasi Minuman Fungsional Berbasis Kumis Kucing (Orthisiphon aristatus Bl. Miq) yang Didasarkan pada Optimasi Aktivitas Antioksidan, Mutu Citarasa, dan Warna*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Ayoola, G. A., F. M. Lawore, T. Adelowotan, I. E. Aibinu, E. Adenipekun, H. A. B. Coker dan T. O. Odugbemi. 2008. *Chemical Analysis and Antimicrobial Activity of the Essential oil of Syzigium aromaticum (clove)*. African Journal of Microbiology Research. Vol. 2.

Cisse, M., F. Vaillant, O. Acosta, C. Dhuique-Mayer, dan M. Dornier. 2009. *Thermal Degradation Kinetics of Anthocyanins from Blood Orange, Blackberry, and Roselle Using the Arrhenius, Eyring, and Ball Models*. Journal Agricultural & Food Chemistry. 57 (14): 6285-6291

Erge, H. S. dan D. Özşen. 2013. *Degradation Kinetics of Bioactive Compounds and Change in the Antioxidant Activity of Wild Strawberry (Fragaria vesca) Pulp During Heating*. Food and Bioprocess Technology. 6 (9): 2261. Turkey.

Hartanto, H. 2012. *Identifikasi Potensi Antioksidan Minuman Cokelat dari Kakao Lindak (Theobroma Cacao L.) dengan berbagai Cara Preparasi: Metode Radikal Bebas 1,1 Diphenyl-2-Picryhydrazil (DPPH)*. Skripsi. Program Studi Teknologi Pangan. Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.

Herold. 2007. *Formulasi Minuman Fungsional Berbasis Kumis Kucing (Orthisiphon aristatus Bl. Miq) yang Didasarkan pada Optimasi Aktivitas Antioksidan, Mutu Citarasa, dan Warna*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.

Jaiswal, A. K. dan N. Abu-Ghannam. 2013. *Degradation Kinetic Modelling of Colour, Texture, Polyphenols and Antioxidant Capacity of York Cabbage after Microwave Processing*. Food Research International. Dublin Institue of Technology.

Karadag, A., B. Ozcelik, dan S. Saner. 2009. *Review of Methods to Determine Antioxidant Capacities*. Food Analytical Methods. Vol. 2:41-60.

Kementrian Perdagangan Republik Indonesia. 2012. *Info Perdagangan Dalam Negeri: Wedang Uwuh, Nikmat Rasanya, Berlipat Untungnya*. Ditjen PDN/MJL/01/2012. Jakarta.

Maharani[1], Vika. 2010. *Kinetika Degradasi Termal β-Karoten pada Sari Buah Buah Semu Jambu Mete*. Skripsi Ilmu dan Teknologi Pangan. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

Maharani[2], Isabela. 2010. *Kinetika Degradasi Termal Vitamin C pada Sari Buah Buah Semu Jambu Mete*. Skripsi Ilmu dan Teknologi Pangan. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

Miryanti, A., L. Sapei, K. Budiono, dan S. Indra. 2011. *Ekstraksi Antioksidan dari Kulit Buah Manggis (Garcinia Mangostana L.)*. Laporan Penelitian. Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Katolik Parahyangan. Bandung

Molyneux, P. 2004. *The Use of the Stable Free Radical Diphenylpicryl-hydrazyl (DPPH) for Estimating Antioxidant Activity*. Songklanakarin Journal of Science and Technology. 24 (6).

Nayak, B., J. D. J. Berrios, J. R. Powers, dan J. Tang. 2011. *Thermal Degradation of Anthocyanins from Purple Potato (Cv. Purple Majesty) and Impact on Antioxidant Capacity*. Journal of Agricultural & Food Chemistry. Vol. 59 (20).

Nurdjannah, N. 2004. *Diversifikasi Penggunaan Cengkeh*. Perspektif, Review Penelitian Tanaman Industri 3. Vol. 3 (2). Bogor.

Oktaviana, P. R. 2010. *Kajian Kadar Kurkuminoid, Total Fenol, dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Temulawak (Curcuma xanthorrhiza Roxb.) pada Berbagai Teknik Pengeringan dan Proporsi Pelarutan*. Skripsi. Teknologi Hasil Petanian Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

Patras, A., N. P. Brunton, C. O'Donnel, dan B. K. Tiwari. 2010. *Effect of Thermal Processing on Anthocyanin stability in Foods; Mechanism and Kinetics of Degradation*. Review Trends in Food Science & Technology Vol. 21: 3-11.

Poerawinata, M. N. 2007. *Uji Aktivitas Antioksidan pada Daun Pandan (Pandanus polycephalus)*. Skripsi FMIPA Universitas Indonesia. Depok.

Rahmawati., F. 2011. *Kajian Potensi "Wedang Uwuh" Sebagai Minuman Fungsional*. Pendidikan Teknik Boga dan Busana. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Yogyakarta.

Sari, D. K., D. H. Wardhani, dan A. Prasetyaningrum. 2012. *Pengujian Kandungan Total Fenol Kappahycus alvarezzi dengan Metode Ekstraksi Ultrasonik dengan Variasi Suhu dan Waktu.* Prosiding SNST ke-3. Semarang.

Sukasih E., S. Prabawati, dan T. Hidayat. 2009. *Optimasi Kecukupan Panas pada Pasteurisasi Santan dan Pengaruhnya terhadap Mutu Santan yang Dihasilkan*. Jurnal Pascapanen 6 (1): 34-42.

Suryatno, H., Basito, dan E. Widowati. 2012. *Kajian Organoleptik, Aktivitas Antioksidan, Total Fenol Pada Variasi Lama Pemeraman Pembuatan Telur Asin Yang Ditambah Ekstrak Jahe (Zingiber officinale Roscoe)*. Jurnal Teknosains Pangan. 1 (1): 118-125.

Tasia, W. R. N. dan T. D. Widyaningsih. 2014. *Potensi Cincau Hitam (Mesona palustris Bl.), Daun Pandan (Pandanus amaryllifolius) dan Kayu Manis (Cinnamomum burmannii) Sebagai Bahan Baku Minuman Herbal Fungsional*. Jurnal Review Pangan dan Agroindustri 2 (4).

Tbatou, M., C. Dhuique-Mayer, M. Carail, C. Caris-Veyrat, M. Dornier, dan M. J. Amiot. 2007. *Thermal Degradation of Antioxidant Micronutrients in Citrus Juice: Kinetics and Newly Formed Compounds*. Journal of Agricultural & Food Chemsitry Vol. 55: 4209-4216.

Wicaksono, B. D., E. Tangke A., dan Ferry Sandra. 2008. *Aktivitas Antikanker dari Kayu Secang*.

Jurnal Ilmiah Nasional Cermin Dunia Kedokteran Vol. 35 No. 3.

Widiyanti, R. K. 2009. *Analisis Kandungan Senyawa Jahe (Zingiber officinale Roscoe)*. Skripsi. Universitas Indonesia.

Winarsi, H. 2007. *Antioksidan Alami dan Radikal Bebas*. Kanisius. Yogyakarta.

Winarti, S. 2010. *Makanan Fungsional*. Graha Ilmu. Yogyakarta.