

PENGARUH SUHU TERHADAP KANDUNGAN FENOLIK TOTAL DAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN BAWANG PUTIH BUBUK DAN BAWANG HITAM BUBUK

EFFECT OF TEMPERATURE ON TOTAL PHENOLIC CONTENT AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF GARLIC POWDER AND BLACK GARLIC POWDER

*Ika Novianti Safitri and Nuniek Herdyastuti**

*Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Universitas Negeri Surabaya*

Jl. Ketintang, Surabaya (60231), Telp. 031-8298761

** Corresponding author, email: nuniekherdyastuti@unesa.ac.id*

Abstrak. Bawang hitam merupakan produk bawang putih segar yang telah dipanaskan selama dua minggu pada suhu yang terkontrol (65-90°C). Bawang hitam memiliki warna, bau, dan rasa yang berbeda dengan bawang putih. Kadar air yang cukup tinggi dari bawang putih dan bawang hitam menyebabkan bahan pangan ini mudah membusuk. Teknik pengeringan dengan oven dapat memperpanjang umur simpan bawang tersebut. Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui pengaruh suhu pengeringan terhadap kandungan fenolik total dan aktivitas antioksidan bawang putih bubuk dan bawang hitam bubuk. Bawang putih dan bawang hitam dikeringkan pada suhu 60, 70, 80, dan 90°C. Kandungan fenolik total ditentukan dengan reagen Folin-Ciocalteu dan aktivitas antioksidan diukur dengan metode 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH). Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu pengeringan terbaik pada bawang putih yaitu suhu 60°C yang memiliki kandungan fenolik total 0,178 mg gallic acid equivalent (GAE)/g dan sifat antioksidan sedang dengan nilai IC_{50} 105,01 ppm; sedangkan suhu pengeringan terbaik pada bawang hitam yaitu suhu 80°C yang memiliki kandungan fenolik total 2,957 mg gallic acid equivalent (GAE)/g dan sifat antioksidan kuat dengan nilai IC_{50} 67,32 ppm.

Kata kunci : bawang hitam, bawang putih, fenolik, antioksidan

Abstract. Black garlic is a fresh garlic product that has been heated for two weeks at a controlled temperature (65-90°C). Black garlic has a different color, smell, and taste than fresh garlic. High moisture content of garlic and black garlic make these foods spoil easily. Oven drying techniques can extend the shelf life of garlic. The purpose of this research is to determine the effect of drying temperature on total phenolic content and antioxidant activity of garlic powder and black garlic powder. Garlic and black garlic are to be dried at 60, 70, 80, and 90°C. Total phenolic content was determined by Folin-Ciocalteu reagent and antioxidant activity was measured by 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) method. The results of this research showed that the best drying temperature for garlic was 60°C which had total phenolic content 0,178 mg gallic acid equivalent (GAE)/g and moderate antioxidant activity with IC_{50} value 105.01 ppm; while the best drying temperature for black garlic was 80°C which had total phenolic content 2.957 mg gallic acid equivalent (GAE)/g and strong antioxidant activity with IC_{50} value 67.32 ppm.

Key words: black garlic, garlic, phenolic, antioxidant

PENDAHULUAN

Bawang putih (*Allium sativum* L.) merupakan bahan pangan yang banyak dibudidayakan dan digunakan untuk bumbu kuliner dan ramuan obat-obatan. Di Indonesia, bawang putih tunggal atau lebih dikenal sebagai bawang lanang sering digunakan untuk tujuan pengobatan. Bawang putih mengandung antioksidan alami yang dapat menghilangkan reactive oxygen species (ROS) serta mengurangi

peroksida lipid dan oksidasi low-density lipoprotein (LDL) [1]. Bawang putih merupakan bahan pangan dengan jumlah senyawa organosulfur yang tinggi. Dalam satu gram bawang putih segar mengandung 11-35 mg total senyawa organosulfur [2]. Salah satunya yaitu organosulfur alliin (*S-allyl-cystein sulfoxide*) yang berperan sebagai antioksidan dalam bawang putih [3]. Jenis dan konsentrasi senyawa bioaktif dari bawang putih bergantung pada kultivar, tahap

pematangan, praktik produksi tanaman, lokasi, dan metode pengolahan [2].

Prosedur pengolahan mempengaruhi senyawa bioaktif bawang putih, terutama yang berkaitan dengan aktivitas antioksidan [2]. Bawang putih tunggal dapat diolah menjadi bawang hitam tunggal (*black garlic*) melalui proses fermentasi yang dilakukan dengan pemanasan bawang putih segar dalam jangka waktu tertentu pada suhu 65-90°C dengan kelembapan 80-90% [4]. Proses pemanasan menyebabkan berbagai perubahan fisikokimia pada bawang putih, antara lain: perubahan warna menjadi hitam, rasa menjadi manis, dan kandungan nutrisi yang meningkat. Pemanasan bawang putih segar dapat mengakibatkan reaksi pencoklatan non-enzimatis yang dihubungkan dengan pembentukan senyawa antioksidan yang kuat [5]. Aktivitas antioksidan bawang hitam yang meningkat disebabkan oleh peningkatan bioaktivitas senyawa flavonoid dan polifenol, serta terbentuknya senyawa *S-allyl cystein* (SAC) [6]. Jumlah SAC dalam bawang hitam lima sampai enam kali lebih tinggi dibandingkan dengan bawang putih segar [7]. Kandungan fenolik total bawang hitam tunggal dengan pemanasan 15 hari yaitu sebesar 13,68 mg GAE/g sampel dan nilai IC_{50} sebesar 3,47 mg/mL. Hasil tersebut lebih tinggi dari bawang putih tunggal dengan senyawa fenolik total sebesar 9,69 mg GAE/g sampel dan nilai IC_{50} sebesar 42 mg/mL [8].

Bawang putih dan bawang hitam yang memiliki kadar air sebesar 63% dan 49% rentan terhadap aktivitas mikroba sehingga mudah membusuk [4,9]. Kandungan air pada bahan pangan yang cukup tinggi merupakan media yang cocok untuk kehidupan bakteri patogen atau mikroorganisme lainnya. Air yang terdapat dalam bentuk bebas dapat membantu terjadinya proses kerusakan bahan pangan yang disebabkan oleh proses kimiawi, enzimatik, dan mikrobiologis [10]. Teknik pengeringan dengan oven dapat menjadi alternatif untuk memperpanjang umur simpan bawang tersebut. Selain itu, bawang bubuk dapat dicampurkan dalam makanan untuk mengurangi *flavor* dari bawang. Proses pengeringan meningkatkan pelepasan senyawa fenolik yang terikat pada dinding sel tumbuhan [11]. Kandungan fenolik total dan antioksidan dalam bawang yang dikeringkan mengalami peningkatan [12]. Namun seiring dengan meningkatnya suhu pengeringan akan memungkinkan terjadi kerusakan senyawa antioksidan yang terkandung dalam bawang, sehingga perlu dilakukan optimasi suhu

pengeringan untuk mendapatkan hasil yang maksimal [9]. Hal tersebut belum banyak diketahui dan diteliti. Selain itu, belum ada yang melaporkan hasil kandungan fenolik total dan aktivitas antioksidan bawang hitam yang dikeringkan dengan oven suhu 60-90°C yang dibandingkan dengan bawang putih hasil pengeringan pada suhu yang sama. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh suhu terhadap kandungan fenolik total dan aktivitas antioksidan bawang putih bubuk dan bawang hitam bubuk.

METODE PENELITIAN

Bahan

Beberapa bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini, antara lain: bawang putih tunggal yang diperoleh dari distributor di Sidoarjo, aquades, metanol p.a (Fulltime), etanol p.a (Fulltime), *Folin-Ciocalteu* (Merck), Na_2CO_3 (Merck), asam galat (Merck), dan 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) (Sigma Aldrich).

Alat

Beberapa alat yang dibutuhkan dalam penelitian ini, antara lain: peralatan gelas (Iwaki Pyrex), *magic jar* (Cosmos), oven listrik (Daihan Labtech), termometer, *infrared moisture determination balance* (Kett FD-610), blender (Miyako BL-102-PL), ayakan 60 mesh, pisau, loyang, timbangan analitik (Ohaus), vortex (Labnet VX-200), inkubator (Mettler), dan spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu UV-800).

Prosedur Penelitian

Pembuatan Bawang Hitam

Bawang putih tunggal disortasi dari yang tidak busuk dan ukuran yang hampir sama agar memperoleh panas yang merata di dalam *magic jar*, sehingga pematangannya serentak. Bawang putih tunggal yang telah disortasi dipanaskan selama dua minggu di dalam *magic jar* [8].

Pengeringan Sampel

Sampel (bawang putih dan bawang hitam) diiris tipis-tipis, kemudian ditimbang sebanyak 100 gram. Hasil irisan diletakkan pada loyang, lalu dikeringkan dalam oven suhu 60, 70, 80, dan 90°C hingga mencapai kadar air di bawah 13% menurut standar tepung yang ditetapkan oleh BPOM. Setelah mengering, digunakan blender untuk menghaluskan sampel menjadi bubuk. Sampel kemudian diayak dengan ayakan 60 mesh [13].

Uji Kandungan Fenolik Total

Pengujian kandungan fenolik total menggunakan reagen *Folin-Ciocalteu* menurut penelitian Andriani dan Murtisiwi [14] dengan beberapa modifikasi. Sebanyak 80 mg sampel dilarutkan dalam 10 mL etanol p.a. Sebanyak 0,5 mL larutan sampel diambil, lalu ditambahkan 1,5 mL reagen *Folin-Ciocalteu* 10% (v/v). Setelah itu didiamkan selama 3 menit, ditambahkan 1,2 mL larutan Na_2CO_3 7,5% (b/v) pada setiap larutan, divortex selama 3 detik, kemudian didiamkan 30 menit pada suhu ruang. Selanjutnya, diukur absorbansi menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada λ maksimum 755 nm. Dilakukan 3 kali pengulangan. Absorbansi yang diperoleh diplotkan pada kurva standar yang dibuat menggunakan larutan standar asam galat dengan konsentrasi 10, 20, 30, 40, dan 50 ppm. Kandungan fenolik total dinyatakan dalam mg *gallic acid equivalent* (GAE)/g sampel yang dihitung menggunakan persamaan 1.

$$FT = \frac{C \times fp \times V}{m} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

FT : Fenolik total (mg/g)
C : Konsentrasi dari kurva standar (mg/mL)
fp : Faktor pengenceran
V : Volume sampel (mL)
m : Massa sampel (g)

Uji Aktivitas Antioksidan

Pengujian aktivitas antioksidan menggunakan metode *radical scavenging activity* (RSA) DPPH sesuai prosedur yang dilakukan oleh Tukiran, dkk [15] dengan beberapa modifikasi. Aktivitas antioksidan dinyatakan dalam IC_{50} (ppm) yang ditentukan berdasarkan persamaan linier dari grafik antara konsentrasi dan persen inhibisi. Larutan sampel dibuat dari 10 mg sampel yang dilarutkan dalam 10 mL metanol p.a, kemudian diencerkan menjadi lima konsentrasi berbeda yaitu 20, 40, 60, 80, dan 100 ppm. Sebanyak 2 mL larutan sampel dimasukkan ke dalam vial kaca yang telah dilapisi oleh aluminium foil, kemudian ditambahkan 2 mL larutan DPPH 0,004% (b/v). Campuran diinkubasi dalam ruang gelap pada suhu 37°C selama 30 menit. Selanjutnya, diukur absorbansi menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada λ maksimum 515,4 nm. Larutan kontrol dibuat dari 2 mL metanol p.a yang ditambahkan 2 mL larutan DPPH 0,004% (b/v). Persentase penghambatan DPPH (%inhibisi) dari larutan sampel dihitung menggunakan persamaan 2.

$$\%I = \frac{A_1 - A_2}{A_1} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

%I : Persen inhibisi
 A_1 : Absorbansi larutan kontrol
 A_2 : Absorbansi larutan uji

Analisis Data

Data penelitian untuk kandungan fenolik total dan aktivitas antioksidan dianalisis menggunakan statistik parametrik yaitu *One-way ANOVA* dengan uji lanjut Duncan. Hasil dinyatakan sebagai rata-rata \pm standar deviasi dengan tingkat signifikansi 0,05 [12].

HASIL DAN PEMBAHASAN

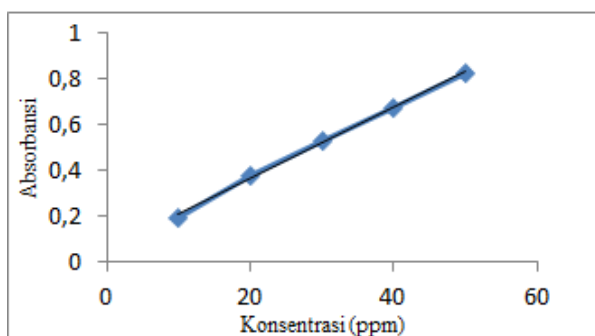
Uji Kandungan Fenolik Total

Uji kandungan fenolik total bertujuan untuk mengetahui kadar senyawa fenolik dalam bawang putih bubuk maupun bawang hitam bubuk yang memiliki aktivitas antioksidan. Metode yang digunakan untuk menentukan kandungan fenolik total didasarkan pada kekuatan reduksi gugus hidroksi senyawa fenolik pada reagen *Folin-Ciocalteu*. Reagen *Folin-Ciocalteu* akan tereduksi menjadi kompleks *molybdenum blue* yang berwarna biru sehingga dapat diukur dengan spektrofotometer UV-Vis, sedangkan senyawa fenolik akan teroksidasi menjadi ion fenolat. Larutan Na_2CO_3 yang ditambahkan dalam uji fenolik bertujuan untuk membuat suasana basa agar senyawa fenolik mengalami disosiasi proton menjadi ion fenolat. Asam galat digunakan sebagai larutan standar karena merupakan asam heteropoli yang memiliki 3 gugus *hydroxy-phenolic* yang akan dioksidasi oleh *Folin-Ciocalteu* [16]. Data rata-rata absorbansi masing-masing sampel yang diperoleh dari hasil uji kandungan fenolik total dengan spektrofotometer UV-Vis ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Rata-Rata Absorbansi pada Uji Kandungan Fenolik Total Bawang Putih Bubuk dan Bawang Hitam Bubuk

Suhu	Nilai Rata-Rata Absorbansi	
	Pengeringan	Nilai Rata-Rata Absorbansi
Kontrol	0,3897	0,2328
60°C	0,4999	0,3375
70°C	0,4916	0,5742
80°C	0,4726	0,4260
90°C	0,4643	0,3687

Kandungan fenolik total diperoleh dari perhitungan menggunakan nilai rata-rata absorbansi (Tabel 1) dan nilai persamaan kurva standar asam galat (Gambar 1).



Gambar 1. Kurva standar asam galat

Berdasarkan Gambar 1, kurva antara konsentrasi asam galat dengan absorbansi diperoleh persamaan linear $y = 0,0156x + 0,0549$ dengan $R^2 = 0,9981$. Data rata-rata absorbansi pada Tabel 1 dimasukkan ke dalam persamaan linear yang diperoleh dari Gambar 1, sehingga didapatkan nilai konsentrasi fenolik total pada setiap sampel. Kemudian dihitung kandungan fenolik total bawang putih bubuk dan bawang hitam bubuk pada berbagai suhu pengeringan menggunakan persamaan 1 dan hasilnya disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Kandungan Fenolik Total Bawang Putih Bubuk dan Bawang Hitam Bubuk

Suhu Pengeringan	Rata-Rata Kandungan Fenolik Total (mg GAE/g)	
	Bawang Putih	Bawang Hitam
Kontrol	$0,126 \pm 0,004^a$	$0,274 \pm 0,005^a$
60°C	$0,178 \pm 0,004^c$	$1,124 \pm 0,024^b$
70°C	$0,175 \pm 0,003^c$	$2,070 \pm 0,077^c$
80°C	$0,167 \pm 0,003^b$	$2,957 \pm 0,102^e$
90°C	$0,164 \pm 0,001^b$	$2,502 \pm 0,053^d$

Ket: Angka pada tabel merupakan nilai *mean* \pm standar deviasi.

Angka yang diikuti dengan perbedaan huruf menunjukkan perbedaan secara signifikan pada tingkat yang sama dalam satu kolom dari hasil uji lanjut Duncan ($sig < 0,05$).

Berdasarkan hasil analisis ragam, suhu pengeringan berpengaruh nyata terhadap kandungan fenolik total bawang putih bubuk dan bawang hitam bubuk ($sig < 0,05$) yang ditampilkan pada Tabel 2. Bawang putih memiliki kadar fenolik total terendah pada perlakuan kontrol ($0,126 \pm 0,004$ mg GAE/g) dan tertinggi pada

perlakuan pengeringan suhu 60°C ($0,178 \pm 0,004$ mg GAE/g), sedangkan bawang hitam memiliki kadar fenolik total terendah pada perlakuan kontrol ($0,274 \pm 0,005$ mg GAE/g) dan tertinggi pada perlakuan pengeringan suhu 80°C ($2,957 \pm 0,102$ mg GAE/g).

Kadar fenolik total bawang hitam secara umum lebih tinggi dibandingkan bawang putih (Tabel 2), karena pada saat pembuatan bawang hitam mengalami proses pemanasan sehingga menyebabkan kandungan senyawa fenolik mengalami peningkatan. Perlakuan panas dapat meningkatkan bentuk fenol bebas karena fraksi bebas asam fenolik meningkat, sedangkan ester, glikosida, dan fraksi yang terikat ester menurun [17]. Kandungan fenolik total dalam bawang hitam meningkat sekitar 4 hingga 10 kali lipat dibandingkan dengan bawang putih segar dan dilaporkan bahwa turunan asam *hydroxycinnamic* ditemukan sebagai asam fenolik utama bawang putih pada langkah pemrosesan yang berbeda [18].

Kandungan fenolik total dalam semua sampel kering secara signifikan lebih tinggi daripada sampel segar (perlakuan kontrol). Proses pengeringan dapat meningkatkan kandungan fenolik total bawang putih dan bawang hitam. Senyawa fenolik total pada bawang putih iris yang dikeringkan menggunakan *infrared drying* dengan suhu 60°C sebesar 0,761 mg GAE/g [12]. Berbagai metode pengeringan yang berbeda menghasilkan peningkatan hingga 10 kali lipat dalam kandungan fenolik total buah apel, pepaya, dan ubi jalar kering [19]. Hasil penelitian sebelumnya juga menyatakan bahwa kandungan fenolik total mangga yang dikeringkan dengan oven lebih tinggi dibandingkan mangga segar [20]. Hal ini disebabkan karena pengeringan dapat merusak dinding sel dan membebaskan senyawa fenolik dari komponen tidak terlarut seperti protein, sehingga meningkatkan jumlah senyawa fenolik yang didapatkan pada proses ekstraksi [11].

Berdasarkan Tabel 2, kandungan fenolik total bawang putih pada pengeringan suhu 60-90°C mengalami penurunan. Namun berbeda dengan bawang hitam dimana kandungan fenolik total pada pengeringan suhu 60-80°C mengalami peningkatan, dan mengalami penurunan pada suhu 90°C. Hal ini sejalan dengan penelitian Susanti yang menjelaskan bahwa kadar fenolik total daun gambir mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya suhu pengeringan dan terjadi penurunan pada suhu tertentu. Kadar total fenolik daun gambir yang dikeringkan pada suhu

40-90°C berkisar antara 0,147-0,267 mg total fenol/mL [21].

Pembentukan senyawa fenolik pada suhu tinggi (yaitu, 80°C) terjadi karena ketersediaan prekursor molekul fenolik oleh interkonversi non-enzimatis antar molekul fenolik [12]. Proses inaktivasi enzim juga dikaitkan dengan pengeringan bahan pangan [22]. Semakin tinggi suhu pengeringan mengakibatkan semakin tingginya proses inaktivasi enzim PPO (Polifenol oksidase), sehingga degradasi fenol semakin rendah. Akan tetapi, meningkatnya suhu juga dapat mengakibatkan kerusakan senyawa fenolik sehingga senyawa fenolik yang terdeteksi semakin sedikit.

Kandungan fenolik total bawang putih yang dikeringkan pada suhu (60-90°C) mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya suhu. Hal ini diduga karena terjadi degradasi atau kerusakan senyawa fenolik akibat kenaikan suhu pengeringan tersebut. Kandungan fenolik total dapat dipengaruhi oleh struktur kimia senyawa polifenol yang terdapat pada tumbuhan, yang dapat menunjukkan ketahanan terhadap panas [23]. Kenaikan atau penurunan kandungan fenolik total seiring dengan meningkatnya suhu juga dipengaruhi oleh jenis bahan pangan [19]. Pengaruh perlakuan panas terhadap kandungan senyawa fenolik, bergantung pada perlakuan, kepekaan terhadap panas, dan lingkungan fisikokimia bahan pangan [17].

Uji Aktivitas Antioksidan

Aktivitas antioksidan ditentukan menggunakan metode *radical scavenging activity* (RSA) DPPH yang menunjukkan kemampuan senyawa antioksidan untuk menyumbangkan elektron atau atom hidrogen, sehingga DPPH menjadi lebih stabil [5]. Aktivitas antioksidan dinyatakan dengan nilai IC_{50} yang dihitung menggunakan persamaan 2 dan hasilnya disajikan pada Tabel 3. IC_{50} merupakan nilai yang menunjukkan konsentrasi senyawa antioksidan pada sampel yang mampu meredam 50% radikal bebas DPPH. Nilai IC_{50} yang semakin kecil menunjukkan aktivitas antioksidan pada sampel semakin tinggi.

Tabel 3 menunjukkan bahwa suhu pengeringan berpengaruh nyata terhadap aktivitas antioksidan bawang putih bubuk dan bawang hitam bubuk ($sig < 0,05$). Pada bawang putih, aktivitas antioksidan tertinggi yaitu pada perlakuan suhu 60°C dengan nilai IC_{50} sebesar $105,01 \pm 0,44$ ppm; sedangkan aktivitas antioksidan terendah yaitu pada perlakuan suhu

90°C dengan nilai IC_{50} sebesar $342,87 \pm 5,08$ ppm. Hasil tersebut berbeda dengan bawang hitam dimana aktivitas antioksidan tertinggi yaitu pada perlakuan suhu 80°C dengan nilai IC_{50} sebesar $67,32 \pm 0,17$ ppm; sedangkan aktivitas antioksidan terendah yaitu pada perlakuan kontrol dengan nilai IC_{50} sebesar $87,47 \pm 0,26$ ppm.

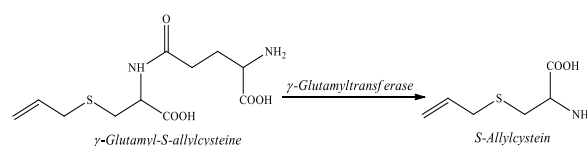
Tabel 3. Hasil Uji Aktivitas Antioksidan Bawang Putih Bubuk dan Bawang Hitam Bubuk

Suhu	Nilai Rata-Rata IC_{50} (ppm)	
Pengeringan	Bawang Putih	Bawang Hitam
Kontrol	$129,15 \pm 0,47^b$	$87,47 \pm 0,26^e$
60°C	$105,01 \pm 0,44^a$	$75,46 \pm 0,07^c$
70°C	$226,58 \pm 0,74^c$	$74,24 \pm 0,12^b$
80°C	$324,97 \pm 1,16^d$	$67,32 \pm 0,17^a$
90°C	$342,87 \pm 5,08^e$	$80,62 \pm 0,02^d$

Ket: Angka pada tabel merupakan nilai *mean* \pm standar deviasi.

Angka yang diikuti dengan perbedaan huruf menunjukkan perbedaan secara signifikan pada tingkat yang sama dalam satu kolom dari hasil uji lanjut Duncan ($sig < 0,05$).

Nilai IC_{50} bawang hitam lebih kecil dibandingkan dengan nilai IC_{50} bawang putih (Tabel 3). Hal ini dapat diartikan bahwa aktivitas antioksidan bawang hitam lebih tinggi dibandingkan bawang putih. Bawang hitam dibuat melalui proses pemanasan selama 14 hari di dalam *magic jar* yang menyebabkan peningkatan senyawa fenolik dan flavonoid serta terbentuknya senyawa baru yaitu *S-allylcystein* (SAC) [6]. SAC terbentuk melalui proses hidrolisis enzimatis γ -Glutamyl-*S*-allylcysteine (GSAC) oleh γ -Glutamyltransferase yang dapat dilihat pada Gambar 2. SAC mengandung gugus tiol yang bertanggung jawab atas kapasitas antioksidan karena nukleofil ini dapat menyumbangkan protonnya ke spesies elektrofilik, sehingga menetralkan atau membuat suatu radikal bebas menjadi kurang reaktif. Bawang hitam juga mengandung senyawa antioksidan tambahan seperti *S-allylmercaptocysteine*, dan *Tetrahydro-beta-carbolines* [24].



Gambar 2. Reaksi hidrolisis enzimatis γ -Glutamyl-*S*-allylcysteine menjadi *S*-allylcystein [24]

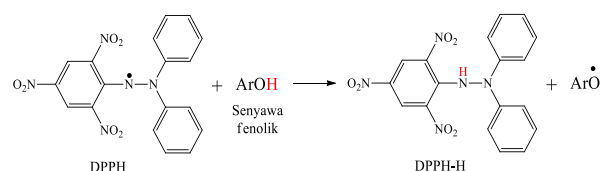
Aktivitas antioksidan bawang putih dan bawang hitam yang dikeringkan secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan sampel segar. Aktivitas antioksidan bawang putih yang dikeringkan dengan *infrared drying* mengalami peningkatan dibandingkan dengan bawang putih segar [12]. Hasil serupa dilaporkan pada mangga iris yang dikeringkan dengan oven menunjukkan peningkatan kandungan antioksidan dengan nilai IC_{50} sampel kering sebesar 0,25 ppm dan sampel segar sebesar 1,5 ppm [20]. Peningkatan aktivitas antioksidan bawang putih dan bawang hitam setelah pengeringan dipengaruhi oleh kadar air yang lebih kecil dibandingkan sampel segar. Kadar air yang rendah dapat meminimalkan reaksi oksidasi dari antioksidan dalam bahan pangan dengan menginaktivasi enzim-enzim oksidatif. Selain itu, pengeringan menyebabkan keluarnya komponen antioksidan akibat dari kerusakan dinding sel karena panas [12].

Berdasarkan Tabel 3, aktivitas antioksidan pada bawang putih menurun seiring dengan meningkatnya suhu pengeringan 60-90°C, sedangkan aktivitas antioksidan pada bawang hitam meningkat seiring dengan meningkatnya suhu pengeringan 60-80°C kemudian menurun pada suhu 90°C. Hasil yang sama juga terjadi pada penelitian Hermes [9] dimana bawang hitam yang dikeringkan pada suhu 60-80°C mengalami peningkatan aktivitas antioksidan.

Secara umum, peningkatan suhu pengeringan dapat meningkatkan aktivitas antioksidan bawang karena suhu dapat meningkatkan senyawa fenolik bebas dan aktivitas fitokimia [12]. Namun pada Tabel 3 menunjukkan peningkatan suhu (60-90°C) justru menurunkan aktivitas antioksidan bawang putih. Ini sejalan dengan data yang ditampilkan pada Tabel 2, dimana kandungan fenolik total bawang putih mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya suhu (60-90°C). Penurunan aktivitas antioksidan bawang putih ini disebabkan bioaktivitas bawang putih khususnya pada senyawa fenolik mulai berkurang pada pengeringan suhu 70°C karena suhu pengeringan yang tinggi. Sedangkan pada bawang hitam, bioaktivitasnya mulai berkurang pada suhu pengeringan 90°C. Bioaktivitas sayuran dan buah-buahan dipengaruhi oleh jenis, metode pengolahan, dan suhu pengeringan. Suhu pengeringan yang tinggi juga dapat merusak zat aktif dari bawang putih dan bawang hitam [19].

Pada penelitian ini aktivitas antioksidan pada bawang putih bubuk dan bawang hitam bubuk berbanding lurus dengan kandungan fenolik total. Senyawa fenolik memiliki

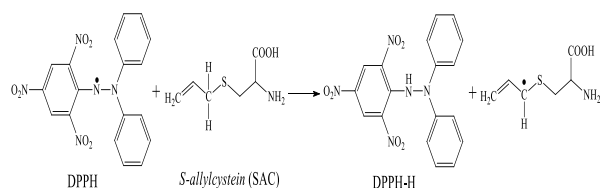
kemampuan antioksidan seperti regenerasi α -tokoferol, mengurangi radikal bebas, dan ion logam pengkelat. Ini karena adanya cincin aromatik dengan struktur terkonjugasi yang memiliki banyak gugus hidroksil berbeda yang membuat senyawa fenolik menjadi donor atom hidrogen yang efektif [25]. Reaksi senyawa fenolik sebagai antioksidan dengan radikal bebas DPPH ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Reaksi suatu senyawa fenolik dengan DPPH [26]

Aktivitas antioksidan yang tinggi pada sayuran setelah pengeringan juga disebabkan karena polifenol yang teroksidasi sebagian memiliki aktivitas antioksidan yang lebih besar daripada polifenol yang tidak teroksidasi. Selain itu, peningkatan kapasitas antioksidan setelah pengeringan berhubungan dengan produk reaksi Maillard seperti *5-hydroxymethylfurfural* (5-HMF) yang dapat terbentuk sebagai akibat dari perlakuan panas sehingga menunjukkan sifat antioksidan yang kuat [19].

Selain senyawa fenolik, senyawa alliin pada bawang putih dan senyawa SAC pada bawang hitam juga mempengaruhi aktivitas antioksidan bawang tersebut. Gugus alil pada senyawa SAC berperan dalam penghambatan radikal bebas [24]. Reaksi penghambatan radikal DPPH oleh senyawa SAC dalam bawang hitam ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Reaksi penghambatan radikal DPPH oleh senyawa *S-allylcysteine* (SAC) [24]

Pada penelitian ini, suhu pengeringan optimum bawang putih yaitu 60°C karena memiliki nilai IC_{50} yang terendah yaitu 105,01 ppm. Pengeringan bawang putih pada suhu 60°C tidak berpengaruh pada alliin yang merupakan salah satu senyawa antioksidan. Kadar air yang lebih rendah dan peningkatan suhu dapat

mengubah sifat dan menginaktivasi enzim allinase yang dapat mendegradasi senyawa alliin menjadi alisin, sehingga aktivitas antioksidannya tinggi [27]. Sedangkan suhu pengeringan optimum bawang hitam yaitu suhu 80°C karena memiliki nilai IC_{50} yang terendah yaitu 67,32 ppm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa bawang putih bubuk tergolong antioksidan sedang dan bawang hitam bubuk tergolong antioksidan kuat. Suatu senyawa termasuk golongan antioksidan sangat kuat jika nilai $IC_{50} < 50$ ppm, golongan kuat jika nilai IC_{50} sebesar 50-100 ppm, golongan sedang jika nilai IC_{50} sebesar 101-150 ppm, dan golongan lemah jika nilai IC_{50} sebesar 151-200 ppm [28].

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu suhu pengeringan berpengaruh nyata terhadap kandungan fenolik total dan aktivitas antioksidan bawang putih bubuk dan bawang hitam bubuk. Meningkatnya suhu pengeringan menyebabkan kandungan fenolik total dan aktivitas antioksidan bawang hitam meningkat hingga suhu pengeringan tertentu, sedangkan pada bawang putih meningkatnya suhu pengeringan menyebabkan penurunan kandungan fenolik total dan aktivitas antioksidan. Efek sinergis senyawa fenolik menjadi alasan peningkatan aktivitas antioksidan pada bawang putih bubuk dan bawang hitam bubuk.

DAFTAR PUSTAKA

- Jang, H.-J., Lee, H.-J., Yoon, D.-K., Ji, D.-S., Kim, J.-H., & Lee, C.-H. 2018. Antioxidant and Antimicrobial Activities of Fresh Garlic and Aged Garlic by Product Extracted with Different Solvents. *Food Sci Biotechnol*, 27(1): 219-225.
- Prati, P., Henrique, C., Souza, A., Silva, V., & Pacheco, M. 2014. Evaluation of Allicin Stability in Processed Garlic of Different Cultivars. *Food Science and Technology*, 34(3): 623-628.
- Wikandari, P., Yuanita, L., Herdyastuti, N., Bimo, H., Juniariani, R., & Cahyaningtyas, F. 2020. Antioxidant Properties of Single Garlic (*Allium sativum*) Pickle. *Digital Press Life Sciences* 2, 2: 1-5.
- Kimura, S., Tung, Y.-C., Pan, M.-H., Su, N.-W., Lai, Y.-J., & Cheng, K.-C. 2016. Black Garlic: A Critical Review of Its Production, Bioactivity, and Application. *Journal of Food and Drug Analysis*, 1-9.
- Bae, S., Cho, S., Won, Y., Lee, S., & Park, H. 2014. Changes in S-allyl cysteine Contents and Physicochemical Properties. *Food Science and Technology*, 55: 397-402.
- Ryu, J., & Kang, D. 2017. Physicochemical Properties, Biological Activity, Health Benefits, and General Limitation of Aged Black Garlic: A Review. *Molecules*, 22(6): 919-932.
- Zhang, X., Li, N., Lu, X., Liu, P., & Qiao, X. 2015. Effects of Temperature on the Quality of Black Garlic. *Journal Science Food Agricultural*, 96: 2366-2372.
- Zhafira, R. 2018. Pengaruh Lama Aging Terhadap Sifat Fisik, Kimia, dan Aktivitas Antioksidan Produk Bawang Hitam Lanang. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 6(1): 34-42.
- Hermes, A., Rahardjo, M., & Sihombing, M. 2018. Pengaruh Variasi Temperatur Vacuum Drying pada Aktivitas Antioksidan Tepung Bawang Hitam (*Allium sativum*). *Prosiding SNST ke-9* (pp. 31-37). Semarang: Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim.
- Handayani, A., Alimin, & Rustiah, W. 2014. Pengaruh Penyimpanan pada Suhu Rendah (*Freezer -3°C*) terhadap Kandungan Air dan Kandungan Lemak pada Ikan Lemuru (*Sardinella longiceps*). *Al-Kimia*, 2(1): 64-75.
- Gumusay, O., Borazan, A., Ercal, N., & Demirkol, O. 2015. Drying Effects on the Antioxidant Properties of Tomatoes and Ginger. *Food Chem*, 173: 156-162.
- Zhou, L., Guo, X., Bi, J., Yi, J., Chen, Q., Wu, X., & Zhou, M. 2016. Drying of Garlic Slices (*Allium sativum* L.) and Its Effect on Thiosulfinates, Total Phenolic Compounds and Antioxidant Activity During Infrared Drying. *Journal of Food Processing and Preservation*: 1-11.
- Husna, A., Khathir, R., & Siregar, K. 2017. Karakteristik Pengeringan Bawang Putih (*Allium sativum* L.) Menggunakan Pengering Oven. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian Unsyiah*, 2(1): 338-347.
- Andriani, D., dan Murtisiwi, L. 2018. Penetapan Kadar Fenolik Total Ekstrak Etanol Bungan Telang (*Clitoria ternatea* L.)

- dengan Spektrofotometri UV Vis. *Cendekia Journal of Pharmacy*, 2(1): 32-38.
15. Tukiran, Miranti, M., Dianawati, I., & Sabila, F. 2020. Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera* Lam.) dan Buah Bit (*Beta vulgaris* L.) sebagai Bahan Tambahan Minuman Suplemen. *Jurnal Kimia Riset*, 5(2): 113-119.
 16. Januarti, I., Taufiq, H., & Sulistyaningsih. 2019. The Correlatiron of Total Flavonoid and Total Phenolic with Antioxidant Activity of Single Bulb Garlic (*Allium sativum*) from Tawangmangu and Magetan. *Jurnal Farmasi Sains dan Komunitas*, 16(2): 96-103.
 17. Choi, I., Cha, H., & Lee, Y. 2014. Physicochemical and Antioxidant Properties of Black Garlic. *Molecules*, 19: 16811-16823.
 18. Kim, J.-S., Kang, O.-J., & Gweon, O.-C. 2019. Comparison of Phenolic Acids and Flavonoids in Black Garlic at Different Thermal Processing Steps. *Journal of Functional Foods*, 5(1): 80-86.
 19. Kamiloglu, S., Toydemir, G., Boyacioglu, D., Beekwilder, J., Hall, R., & Capanoglu, E. 2016. A Review on the Effect of Drying on Antioxidant Potential of Fruits and Vegetables. *Food Science and Nutrition*, 56(1): 110-129.
 20. Nyangena, I., Owino, W., Imathiu, S., & Ambuko, J. 2019. Effect of Pretreatments Prior to Drying on Antioxidant Properties of Dried Mango Slices. *Scientific African*, 6: 1-9.
 21. Susanti, D. Y. 2008. Efek Suhu Pengeringan terhadap Kandungan Fenolik dan Kandungan Katekin Ekstrak Daun Kering Gambir. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Pertanian 2008*. Yogyakarta.
 22. Chen, Y., & Poland, T. 2009. Interactive Influence of Leaf Age, Light Intensity, and Girdling on Green Ash Foliar Chemistry and Emerald Ash Borer Development. *Journal of Chemical Ecology*, 35: 806-815.
 23. Ghafoor, K., Ahmed, I. A. M, Dogu, S., Uslu, N., dkk. 2019. The Effect of Heating Temperature on Total Phenolic Content, Antioxidant Activity, and Phenolic Compunds of Plum and Mahaleb Fruits. *International Journal of Food Engineering*: 1-11.
 24. Colin-Gonzales, A., Santana, R., Silva-Islas, C., Chanez-Cardenas, M., Santamaria, A., & Maldonado, P. 2012. The Antioxidant Mechanisms Underlying the Aged Garlic Extract and S-Allylcysteine-Induced Protection. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*: 1-16.
 25. Lee, H.-J., Yoon, D.-K., Lee, N.-y., & Lee, C.-h. 2019. Effect of Aged and Fermented Garlic Extracts as Natural Antioxidant on Lipid Oxidation in Pork Patties. *Food Science of Animal Resources*, 39(4): 610-622.
 26. Sadeer, N., Montesano, D., Albrizio, S., Zengin, G., & Mahomoodally, M. 2020. The Versatility of Antioxidant Assays in Food Science and Safety Chemistry, Applications, Strengths, and Limitations. *Antioxidants*, 709(9): 1-39.
 27. Utama-ang, N., Cheewinworasak, T., Simawonthamgul, N., & Samakradhamrongthai, R. 2018. Effect of Drying Condition of Thai Garlic (*Allium sativum* L.) on Physicochemical and Sensory Properties. *International Food Research Journal*, 25(4): 1365-1372.
 28. Molyneux, P. 2004. The Use of the Stable Free Radical Diphenylpicryl-hydrazyl (DPPH) for Estimating Antioxidant Activity. *Journal Science Technology*, 26(2): 211-221.