

Formulasi Minuman Fungsional Ekstrak Bawang Hitam dengan Penambahan Lemon dan Madu Menggunakan *Response Surface Methodology*

Formulation of Functional Drink Based on Black Garlic Extract with Lemon and Honey Using Response Surface Methodology

**Hadi Yusuf Faturochman^{1*}, Luthfia Hastiani Muharram², Perlitya Shafarita Sativa³,
Bina Indah Widyananda³, Ema Komalasari⁴**

¹Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi dan Bisnis, Universitas Bakti Tunas Husada, Jl. Cilolohan, Tasikmalaya 46115, Indonesia

²Program Studi Bioteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Bandung, Jl. Soekarno Hatta, Bandung 40614, Indonesia

³Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Bandung, Jl. Soekarno Hatta, Bandung 40614, Indonesia

⁴Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Al Azhar Indonesia, Jl. Sisingamangaraja, Jakarta Selatan 12110, Indonesia

*Penulis Korespondensi: Hadi Yusuf Faturochman, Email: hadiyusuf@universitas-bth.ac.id

Submisi: 2 Desember 2021; Revisi: 17 Maret 2022, 24 Maret 2022, 29 Maret 2022;

Diterima: 4 April 2022; Dipublikasi: 28 Februari 2023

ABSTRAK

Bawang hitam merupakan hasil olahan bawang putih (*Allium sativum*) yang dihasilkan melalui proses fermentasi pada suhu tinggi selama satu bulan. Pengaruh proses fermentasi menyebabkan bawang hitam memiliki aroma yang tidak terlalu menyengat, rasa manis dan asam, serta memiliki kandungan antioksidan yang lebih tinggi dari pada bawang putih. Perubahan karakteristik yang terdapat pada bawang hitam tersebut memungkinkan pemanfaatannya menjadi lebih luas salah satunya dapat diolah menjadi minuman fungsional. Tujuan penelitian adalah menetapkan formula optimum produk minuman fungsional bawang hitam yang memiliki aktivitas antioksidan tinggi serta memiliki sifat organoleptik yang disukai oleh konsumen. Penelitian ini dilakukan dengan rancangan *D-Optimal (Custom) Design* menggunakan metode *Response Surface Methodology (RSM)* dengan variabel bebas berupa konsentrasi ekstrak bawang hitam (73-88%), konsentrasi madu (10-25%), dan konsentrasi sari lemon (2-8%). Melalui proses optimasi diperoleh hasil yaitu formula minuman fungsional bawang hitam terbaik dengan formulasi konsentrasi bawang hitam 76,80%, konsentrasi madu 18,23%, dan konsentrasi sari lemon 4,96% yang menghasilkan aktivitas antioksidan sebesar IC_{50} 4,73% , penerimaan organoleptik warna 5,73, rasa 6,00, aroma 5,25 dan keseluruhan 5,82 pada skala penilaian 1-7. Penambahan sari lemon dan madu mampu menghasilkan minuman fungsional ekstrak bawang hitam dengan kandungan antioksidan yang tinggi dan juga sifat organoleptik yang disukai oleh konsumen.

Kata kunci: Bawang hitam; minuman fungsional; aktivitas antioksidan; *response surface methodology*; optimasi formula

ABSTRACT

Black garlic is a processed product of garlic (*Allium sativum*) which is produced through a fermentation process at high temperatures for one month. The effect of the fermentation process gives black garlic a less pungent aroma, sweet and sour taste, and higher antioxidant content than garlic. Subsequently, the ability of black garlic to be transformed into a useful beverage is one of the changes in properties that allow for a wider range of applications. Therefore, this study aimed to determine the optimal formulation of a functional black garlic drink that possesses high antioxidant activity and consumer-preferred organoleptic properties. This study was conducted using the D-Optimal (Custom) Design with the Response Surface Methodology (RSM) using independent variables in the form of concentration of black garlic extract (73-88%), honey concentration (10-25%), and concentration of lemon juice (2-8%). Using the optimization process, the results obtained are the best black garlic functional drink formula with a concentration 76.80% of black garlic, honey 18.23%, and lemon juice 4.96%, which produces antioxidant activity of IC_{50} 4.73%, organoleptic acceptance of color 5.73, taste 6.00, aroma 5.25 and overall 5.82 on a scale of 1-7. Subsequently, the addition of lemon juice and honey was able to produce a functional drink of black garlic extract with high antioxidant content and consumer-preferred organoleptic properties.

Keywords: Antioxidant activity; black garlic; functional beverage; response surface methodology; formula optimization

PENDAHULUAN

Rempah-rempah merupakan jenis bahan pangan yang telah diketahui memiliki fungsi yang baik untuk menjaga kesehatan dan meningkatkan sistem imunitas di dalam tubuh. Bawang putih (*Allium sativum*) merupakan jenis rempah-rempah yang pada umumnya digunakan untuk memberikan aroma pada makanan. Namun selain itu bawang putih juga diketahui memiliki kandungan nutrisi yang sangat baik bagi tubuh, dan berpotensi untuk mencegah bahkan menyembuhkan berbagai penyakit. Bawang putih memiliki kadar air 63%, kadar protein 2%, asam amino bebas 1,2%, komponen organosulfur 2,3%, kadar karbohidrat 28%, dan kadar serat 1,5% (Agustina dkk., 2020). Beberapa hasil penelitian telah melaporkan bahwa bawang putih memiliki kemampuan sebagai imunomodulator, antioksidan, antibakteri, antijamur, hipoglikemik, dan juga hipolipidemik (Chandrashekhara & Venkatesh, 2016) (Kimura dkk., 2017).

Bawang hitam merupakan produk olahan bawang putih yang dihasilkan melalui proses fermentasi dengan menggunakan suhu yang tinggi, kondisi kelembaban pada kisaran 70 – 80% serta membutuhkan waktu fermentasi selama 1 bulan lebih (Kim dkk., 2013). Selama proses fermentasi karakteristik bawang putih mengalami beberapa perubahan. Warna bawang putih akan berubah menjadi hitam yang diakibatkan oleh adanya reaksi pencokelatan non-enzimatik akibat dari paparan suhu tinggi yang terjadi selama proses fermentasi, serta menghasilkan rasa yang manis, dan mengubah tekstur bawang menjadi kenyal dan seperti jeli (Yuan dkk., 2016). Selain itu, pada bawang hitam juga terdapat senyawa aktif yang terbentuk selama

proses fermentasi yaitu *S-allyl cysteine* (SAC) yang merupakan senyawa yang larut dalam air dengan aktivitas antioksidan yang kuat (Omar & Al-Wabel, 2010). Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa bawang hitam memiliki aktivitas antioksidan yang lebih kuat baik pada penelitian secara *in vitro* maupun *in vivo* daripada bawang putih (Lee dkk., 2020) (Kimura dkk., 2017). Perubahan karakteristik yang terdapat pada bawang hitam tersebut memungkinkan pemanfaatannya menjadi lebih luas yang salah satunya dapat dikembangkan menjadi minuman fungsional yang banyak diminati oleh konsumen karena dipercaya memiliki khasiat bagi kesehatan.

Penelitian yang memanfaatkan bawang hitam sebagai bahan baku dalam formulasi minuman fungsional siap minum (*ready to drink*) belum pernah dilakukan sebelumnya. Oleh karena itu pengembangan formulasi minuman bawang hitam perlu dilakukan untuk dapat menghasilkan minuman fungsional bawang hitam yang memiliki aktivitas antioksidan tinggi serta mutu organoleptik yang dapat diterima oleh konsumen. Sehingga tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan optimasi formula pada minuman berbasis bawang hitam yang memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi serta mutu organoleptik yang dapat diterima oleh konsumen.

BAHAN DAN METODE

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam proses pembuatan minuman fungsional ekstrak bawang hitam pada penelitian ini yaitu pisau, sendok, saringan, botol plastik 100 mL, gelas kimia 500 mL (Pyrex), timbangan analitik,

termometer, gelas ukur 100 mL (Pyrex), panci, kompor gas (Rinai), serta alat-alat yang digunakan untuk analisis yaitu oven (Memmert, Germany), desikator (Duran, Germany), labu Kjeldahl, tanur, cawan porselen, Erlenmeyer 125 mL (Pyrex), kertas saring, labu Soxhlet, alat destilasi, spektrofotometer dan peralatan untuk uji organoleptik. Bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan minuman fungsional ekstrak bawang hitam pada penelitian ini yaitu bawang hitam, madu (Madu Murni Nusantara), jeruk lemon (*Citrus limon*), air minum, serta bahan-bahan yang digunakan untuk analisis yaitu reagen DPPH (*2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl*), NaOH 30-33%, H₂SO₄ 10%, H₃BO₃ 3%, HCl 0,1M, indikator metil merah, heksana, dan akuades.

Penentuan Kondisi Proses Ekstraksi Bawang Hitam

Pada tahap ini dilakukan pemilihan kondisi proses ekstraksi bawang hitam berupa suhu dan waktu ekstraksi untuk menghasilkan ekstrak bawang hitam dengan kandungan aktivitas antioksidan yang tinggi dan juga memiliki sifat organoleptik (warna, rasa, aroma) yang baik. Proses ekstraksi bawang hitam dilakukan dengan cara mengupas bawang hitam dan mengirisnya menjadi kecil-kecil, kemudian bawang hitam ditimbang sebanyak 10 gram, setelah itu dimasukkan kedalam air sebanyak 200 mL dengan variasi suhu air yang digunakan yaitu (70 °C, 80 °C, 90 °C) dan variasi waktu ekstraksi (10, 20, 30) menit. Hasil ekstraksi kemudian disaring dan dimasukkan ke dalam botol.

Optimasi Formula dengan *Design Expert 13,0*

Formulasi awal minuman fungsional bawang hitam dibuat dengan menggunakan campuran tiga bahan baku yaitu ekstrak bawang hitam, madu, dan sari lemon dalam persentase (%). Penentuan nilai variabel pada formulasi awal diperoleh melalui hasil pengamatan pada saat *trial and error* melalui pembuatan formula minuman ekstrak bawang hitam yang mengacu pada hasil penelitian pembuatan produk minuman sejenis yang diperoleh dari studi literatur. Formula awal yang digunakan mengacu pada hasil penelitian pembuatan produk minuman fungsional teh rambut jagung yang ditambahkan dengan jeruk nipis dan madu, dimana hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa formulasi terbaik yang dihasilkan yaitu ekstrak rambut jagung 70%, jeruk nipis 15%, dan madu 5% (Trihaditia, 2016). Oleh karena itu nilai variabel yang digunakan sebagai batas atas dan batas bawahnya adalah konsentrasi ekstrak bawang hitam (73-88%), konsentrasi madu (10-25%), dan konsentrasi sari lemon (2-8%) yang selanjutnya akan dimasukkan ke dalam program *Design Expert 13.0 (Trial version)* serta diolah dengan

menggunakan rancangan *D – Optimal (Custom) Design*. Hasil dari pengolahan formulasi awal akan di dapatkan 16 kombinasi perlakuan yang selanjutnya akan dilakukan proses optimasi dengan menggunakan metode *Response Surface Methodology (RSM)*. Masing-masing perlakuan dianalisis nilai aktivitas antioksidan serta karakteristik organoleptiknya yang terdiri dari rasa, warna, aroma, dan nilai keseluruhan.

Model yang diperoleh dari masing-masing respon yang diperoleh kemudian dilakukan proses optimasi. Proses optimasi formula dilakukan dengan cara memilih nilai *desirability* tertinggi (mendekati nilai 1) yang mengacu pada penetapan target dan tingkat kepentingan (*importance*) yang diharapkan. Nilai respon aktivitas antioksidan dan karakteristik organoleptik akan digunakan sebagai data utama namun dengan tingkat kepentingan (*importance*) yang berbeda, dimana aktivitas antioksidan dengan tingkat kepentingan sebesar 5, sedangkan nilai kepentingan pada karakteristik organoleptik yaitu warna sebesar 3, rasa sebesar 4, aroma sebesar 4, dan keseluruhan sebesar 4. Setelah itu, dilakukan analisis respon terhadap parameter tersebut, kemudian ditentukan formula yang optimal.

Verifikasi Hasil Optimasi

Formula yang dihasilkan dari proses optimasi pada tahap 2 selanjutnya dilakukan proses verifikasi terlebih dahulu dengan menggunakan program *Design Expert 13,0* untuk menentukan formulasi akhir yang paling optimal. Verifikasi dilakukan untuk membuktikan ketepatan nilai prediksi (*predicted mean*) yang diperoleh dari nilai respon yang diberikan oleh program *Design Expert 13,0* pada proses optimasi. Proses verifikasi dilakukan dengan cara membuat kembali formula yang disarankan oleh program *Design Expert 13,0* dan dilakukan kembali pengukuran nilai respon sehingga dihasilkan nilai aktual (*observed*). Nilai aktual yang dihasilkan kemudian dibandingkan dengan nilai prediksi yang diperoleh dari program *Design Expert 13,0* pada formula minuman bawang hitam yang optimal. Selanjutnya, program *Design Expert 13,0* akan memberikan nilai *Confident Interval (CI)* untuk setiap nilai prediksi respon pada taraf signifikansi 5%. *Confident Interval (CI)* adalah nilai rentang yang menunjukkan ekspektasi rata-rata hasil pengukuran berikutnya.

Prosedur Analisis

Aktivitas Antioksidan

Aktivitas antioksidan pada sampel dianalisis dengan menggunakan reagen DPPH (*2,2-diphenyl-1-*

picrylhydrazyl) dengan cara menambahkan 1 ml reagen DPPH (5 mg/100 ml etanol) ke dalam 1 ml larutan sampel. Kontrol negatif menggunakan larutan yang terdiri dari 1 ml reagen DPPH yang ditambahkan ke dalam 1 ml pelarut sampel, sedangkan kontrol positif menggunakan larutan asam askorbat. Blanko untuk pengujian menggunakan akuades yang digunakan sebagai pelarut sampel. Selanjutnya larutan diinkubasi dalam ruang gelap selama 30 menit dan kemudian pengukuran aktivitas antioksidan dilakukan dengan menggunakan UV-Vis pada panjang gelombang 517 nm. Nilai aktivitas antioksidan dinyatakan dengan nilai *Inhibitory Concentration* (IC₅₀) yaitu berupa nilai yang menunjukkan besarnya jumlah atau konsentrasi suatu senyawa uji yang dapat meredam 50% radikal bebas (Agustina dkk., 2020). Semakin kecil nilai IC₅₀ menunjukkan semakin tinggi aktivitas antioksidan pada suatu sampel. Perhitungan nilai IC₅₀ menggunakan Persamaan (1).

$$\% \text{Antioksidan} = \frac{A_c - A}{A_c} \times 100 \% \quad (1)$$

Dimana *A_c* = nilai absorbansi kontrol dan *A* = nilai absorbansi sampel.

Analisis Organoleptik

Analisis organoleptik dilakukan dengan menggunakan uji hedonik terhadap atribut warna, aroma, dan rasa pada hasil ekstraksi bawang hitam tahap 1 yaitu tahap penentuan kondisi proses ekstraksi bawang hitam. Sedangkan uji hedonik pada formulasi minuman fungsional bawang hitam dilakukan terhadap atribut rasa, warna, aroma, dan nilai keseluruhan. Panelis yang digunakan yaitu panelis tidak terlatih sebanyak 70 orang. Penilaian menggunakan skala 1 sampai 7 (1= sangat tidak suka, 2 = tidak suka, 3= agak tidak suka, 4= biasa saja, 5= suka, 6= agak suka dan 7= sangat suka) (Seftiono dkk., 2019).

Analisis proksimat

Analisis proksimat yang dilakukan terhadap sampel terdiri dari analisis kadar air basis basah menggunakan *moisture analyzer infrared* dengan suhu 105 °C selama 47 menit, kadar protein metode kjeldahl (AOAC 978,04), kadar lemak metode *Soxhlet* (AOAC 920,39), kadar abu menggunakan metode horwitz (AOAC 930,05), dan kadar karbohidrat menggunakan metode *by difference* (Fatmawati dkk., 2021).

Analisis Data

Formula minuman fungsional bawang hitam dianalisis dengan menggunakan metode *Response Surface Metodologi* (RSM) berikut ANOVA yang ada di

program *Design Expert 13,0 (Trial version)*. Sedangkan hasil analisis aktivitas antioksidan dan analisis organoleptik pada ekstrak bawang hitam dianalisis menggunakan metode statistik *two way ANOVA* dan dilanjutkan dengan uji DUNCAN 5% apabila terdapat pengaruh yang signifikan, yang dilakukan dengan menggunakan program *Microsoft Excel 2013*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Proses Ekstraksi Bawang Hitam

Ekstraksi merupakan suatu cara untuk memisahkan campuran dari beberapa zat menjadi komponen-komponen yang terpisah. Proses ekstraksi yang dilakukan dengan menggunakan suhu tinggi atau pemanasan perlu memperhatikan waktu dan juga suhu yang digunakan agar tidak banyak kandungan senyawa aktif pada bahan seperti halnya antioksidan yang hilang atau mengalami kerusakan selama proses ekstraksi. Selain itu, proses ekstraksi pada pembuatan minuman fungsional bawang hitam ini juga diharapkan dapat dilakukan dengan cara yang sederhana untuk mempermudah penerapannya pada skala produksi yang lebih besar.

Proses ekstraksi bawang hitam dilakukan dengan menggunakan variasi suhu dan waktu ekstraksi. Kondisi proses ekstraksi yang baik dipilih berdasarkan pada karakteristik ekstrak bawang hitam yang memiliki nilai aktivitas antioksidan yang tinggi serta sifat organoleptik (warna, rasa, dan aroma) yang baik. Hasil dari pengamatan kondisi proses ekstraksi bawang hitam dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengamatan kondisi ekstraksi bawang hitam

Suhu (°C)	Waktu (menit)	Nilai organoleptik			Kadar antioksidan IC ₅₀ (%)
		Rasa	Warna	Aroma	
70	10	4,56	3,33	4,90	9,49±0,02
	20	4,44	4,59	4,31	10,26±0,74
	30	3,89	4,56	4,81	10,81±0,21
80	10	4,32	4,00	4,05	10,89±0,11
	20	5,00	5,58	4,71	8,78±0,29
	30	4,90	5,12	4,29	8,57±0,05
90	10	4,12	3,62	3,27	10,19±0,03
	20	3,45	2,22	3,13	8,66±0,11
	30	2,73	2,15	3,67	6,22±0,06

Keterangan: data pada tabel disajikan sebagai rata-rata ± standar deviasi

Hasil analisis kondisi ekstraksi bawang hitam menunjukkan bahwa suhu dan waktu ekstraksi berpengaruh terhadap aktivitas antioksidan serta penerimaan secara organoleptik oleh konsumen dalam hal warna, rasa, dan aroma. Seperti halnya yang dilaporkan oleh Michiels dkk., (2012) yang menyatakan bahwa jenis pelarut, suhu dan waktu merupakan parameter yang penting dan perlu diperhatikan saat proses ekstraksi bioaktif. Efek pemanasan juga sangat berpengaruh terhadap potensial aktivitas antioksidan bawang hitam (Kim dkk., 2013). Banyaknya komponen bioaktif yang dapat terekstrak pada suatu sampel juga sangat dipengaruhi oleh kecukupan waktu kontak antara pelarut dengan komponen bahan yang akan diekstrak. Hasil analisis menunjukkan bahwa kondisi proses ekstraksi bawang hitam yang terbaik berdasarkan hasil pengujian aktivitas antioksidan yaitu pada suhu 90 °C selama 30 menit dengan nilai aktivitas antioksidan mencapai IC_{50} sebesar 6,22%. Semakin rendah nilai IC_{50} suatu bahan menunjukkan semakin tinggi aktivitas antioksidannya. Nilai IC_{50} kurang dari 50 menunjukkan aktivitas antioksidan yang sangat kuat, nilai IC_{50} pada kisaran 50-100 menunjukkan aktivitas antioksidan yang kuat, nilai IC_{50} pada kisaran 100-150 menunjukkan aktivitas antioksidan sedang, dan nilai IC_{50} pada kisaran

151-200 menunjukkan aktivitas antioksidan lemah. Sedangkan sifat organoleptik yang paling disukai oleh konsumen baik itu pada rasa, warna dan aroma yaitu pada suhu 80 °C selama 20 menit. Berdasarkan hasil analisis tersebut maka dipilih kondisi ekstraksi terbaik yaitu pada suhu 80 °C dengan waktu ekstraksi selama 20 menit yang akan digunakan dalam tahapan penelitian selanjutnya, pemilihan dilakukan dengan pertimbangan bahwa kondisi proses ekstraksi tersebut mampu menghasilkan sifat organoleptik yang disukai oleh konsumen namun aktivitas antioksidannya pun tidak berbeda nyata dengan kondisi proses ekstraksi 90 °C selama 20 menit yang memiliki aktivitas antioksidan ekstrak bawang hitam yang paling tinggi.

Formulasi awal minuman fungsional bawang hitam

Setelah menentukan kondisi ekstrak bawang hitam yang akan digunakan dalam pembuatan minuman fungsional bawang hitam, selanjutnya dilakukan formulasi minuman fungsional bawang hitam dengan menggunakan RSM dengan rancangan D-Optimal (*Custom*) Design dari tiga variabel (konsentrasi ekstrak bawang hitam, konsentrasi madu, dan konsentrasi sari lemon) diperoleh 16 perlakuan percobaan.

Tabel 2. Formulasi dan hasil pengukuran nilai respon pada minuman fungsional bawang hitam

Formulasi	Konsentrasi bawang hitam (%)	Konsentrasi madu (%)	Konsentrasi lemon (%)	Aktivitas antioksidan	Warna	Rasa	Aroma	Keseluruhan
1	80,35	17,65	2,00	4,36	5,23	3,75	3,25	3,50
2	86,76	10,00	3,24	4,22	5,21	2,00	2,75	2,00
3	75,71	16,28	8,00	4,76	4,50	4,24	4,00	4,52
4	73,00	19,00	8,00	4,52	5,27	4,77	5,00	4,75
5	74,45	20,68	4,82	5,23	5,23	5,23	5,50	5,00
6	77,48	20,52	2,00	4,49	5,27	4,00	4,75	4,00
7	80,35	17,65	2,00	4,12	5,75	3,50	3,00	3,55
8	78,99	13,01	8,00	4,95	4,50	3,00	4,50	3,25
9	73,00	23,87	3,12	4,94	5,00	3,25	5,26	3,50
10	78,38	16,46	5,15	5,14	5,25	4,75	5,25	5,00
11	82,77	13,39	3,83	4,47	5,22	3,25	3,79	3,00
12	82,18	10,00	7,82	5,43	4,28	2,50	3,00	2,75
13	78,38	16,46	5,15	4,37	5,27	5,00	6,00	5,51
14	86,76	10,00	3,24	4,54	5,00	3,00	4,00	3,00
15	78,38	16,46	5,15	4,56	5,75	6,23	6,00	6,00
16	73,00	23,87	3,12	5,32	5,21	4,21	4,75	4,05

Total percobaan dan hasil pengukuran optimasi formulasi pembuatan minuman fungsional bawang hitam menggunakan RSM dapat dilihat pada Tabel 2. Pengaruh konsentrasi ekstrak bawang hitam (73-88%), konsentrasi madu (10-25%), dan konsentrasi sari lemon (2-8%) menghasilkan nilai respon aktivitas antioksidan IC_{50} (4-5%), nilai respon sifat organoleptik warna (4,28-5,75), rasa (2,00-6,23), aroma (2,75-6,00), dan keseluruhan (2,00 – 6,00).

Data hasil analisis terhadap respon aktivitas antioksidan dan sifat organoleptik yang diperoleh kemudian dilakukan perancangan model polinomial yang tepat untuk melihat hubungan antara variabel perlakuan dengan respon menggunakan program *Design Expert 13,0*. Pada tahap awal analisis, program akan memberikan pilihan model polinomial seperti *model linear, mean, quadratic, cubic, atau special cubic* pada setiap hubungan antara variabel perlakuan dengan respon yang dihasilkan. Tahap selanjutnya yaitu penentuan model yang paling tepat untuk setiap model hubungan antara variabel perlakuan dengan respon. Adapun syarat model yang baik antara lain dapat dilihat dari nilai *p* pada uji *sequential model sum of squares* dan nilai *F* pada uji ANOVA, tidak ditemukannya ketidaktepatan model (*lack of fit*), nilai *adequate precision* yang lebih dari 4, serta kedekatan antara nilai *adjusted-R²* dengan nilai *predicted-R²* dari model yang dihasilkan. Pada penelitian ini program *Design Expert 13,0* merekomendasikan model polinomial berupa model *quadratic* yang mampu menunjukkan bahwa variabel konsentrasi ekstrak bawang hitam, madu, dan sari lemon mempunyai keeratan yang tinggi dengan respon aktivitas antioksidan, dan sifat organoleptik (rasa, warna, aroma, dan nilai keseluruhan) seperti yang disajikan pada Tabel 3.

Berdasarkan pada hasil analisis dapat diketahui bahwa semua model yang dihasilkan sudah tepat dan memenuhi persyaratan yang artinya model yang dihasilkan mampu menunjukkan adanya hubungan

antara masing-masing variabel dengan respon penelitian. Hal tersebut dapat dilihat dari hasil uji ANOVA yang menunjukkan nilai yang signifikan ($p < 0,05$), nilai pada uji *lack of fit* untuk seluruh model menunjukkan nilai yang tidak signifikan ($p > 0,05$), nilai *adequate precision* model lebih dari 4, dan kedekatan nilai *adjusted-R²* dengan nilai *predicted-R²* berada pada kisaran $\pm 0,20$.

Hasil Analisis Respon Aktivitas Antioksidan

Produk pangan fungsional diartikan sebagai suatu produk yang dapat memberikan efek fungsional seperti halnya mampu meningkatkan kesehatan tubuh seseorang. Efek fungsional suatu bahan pangan erat kaitannya dengan senyawa fitokimia yang terdapat pada bahan pangan tersebut. Adanya pencampuran beberapa bahan pada pembuatan minuman fungsional bawang hitam ini diharapkan mampu menghasilkan sinergisme yang berdampak pada peningkatan aktivitas antioksidan pada produk akhir yang dihasilkan. Oleh karena itu, respon aktivitas antioksidan merupakan salah satu respon yang penting untuk dianalisis pada penelitian ini.

Hasil pengukuran aktivitas antioksidan pada minuman fungsional bawang hitam bervariasi antara IC_{50} sebesar 4% sampai 5%. Pengukuran aktivitas antioksidan dilakukan dengan menggunakan metode penangkapan radikal bebas DPPH yang merupakan radikal bebas stabil yang dapat bereaksi dengan radikal lain membentuk suatu senyawa yang stabil. Tingginya aktivitas antioksidan suatu bahan ditandai dengan nilai IC_{50} yang semakin kecil. Adapun persamaan yang didapatkan untuk respon aktivitas antioksidan tersaji pada Persamaan (2).

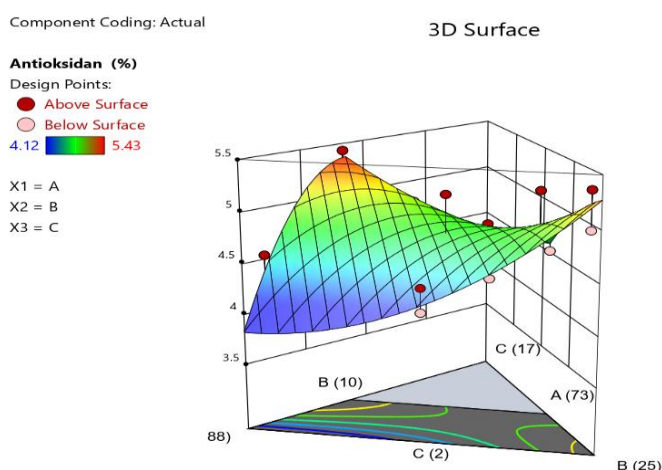
$$\begin{aligned} \text{Aktivitas antioksidan} = & 0,0291677 * A + 0,604068 * B \\ & + -3,00444 * C + -0,00663935 * AB + 0,0391798 * AC \\ & + 0,00889355 * BC \end{aligned} \quad (2)$$

Dimana *A* = konsentrasi ekstrak bawang hitam, *B* = konsentrasi madu, *C*= konsentrasi sari lemon

Tabel 3. Respon pembuatan formula minuman fungsional bawang hitam dari *Design Expert 13,0*

Respon penelitian	Parameter						
	Prediksi model	Signifikansi model ($p < 0,05$)	<i>Lack of fit</i> ($> 0,05$)	Adj R ² model	Pred R ² model	Standar deviasi	Rataan
Aktivitas antioksidan	<i>Quadratic</i>	0,0082	0,8875	0,6240	0,4363	0,2492	4,71
Warna	<i>Quadratic</i>	0,0064	0,6585	0,6429	0,2669	0,2440	5,13
Rasa	<i>Quadratic</i>	0,0027	0,7253	0,7042	0,5113	0,6034	3,92
Aroma	<i>Quadratic</i>	0,0073	0,1838	0,6329	0,3461	0,6400	4,41
Keseluruhan	<i>Quadratic</i>	0,0016	0,2667	0,7358	0,6009	0,5615	3,95

Berdasarkan hasil analisis dapat diketahui bahwa konsentrasi bawang hitam dan sari lemon mempunyai pengaruh yang paling besar terhadap peningkatan aktivitas antioksidan pada minuman fungsional yang dihasilkan. Hal tersebut ditandai dengan nilai IC_{50} semakin kecil serta warna pada permukaan grafik yang menjadi biru, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 1. Penelitian yang dilakukan oleh Sun dkk. (2002) telah melaporkan bahwa jeruk lemon memiliki kandungan total fenolik yang tinggi, yaitu sekitar $81,9 \pm 3,5$ mg asam galat ekuivalen/100g berat dapat dimakan. Aktivitas antioksidan pada jeruk lemon juga diukur dan dinyatakan dalam μmol vitamin C ekuivalen/g berat dapat dimakan sebesar $42,8 \pm 1,0$ $\mu\text{mol/g}$. Sedangkan ekstrak bawang hitam memiliki aktivitas antioksidan yang sangat kuat dengan nilai IC_{50} antara $2,41$ $\mu\text{g/mL}$ sampai $2,93$ $\mu\text{g/mL}$ (Agustina dkk., 2020).



Gambar 1. Respon aktivitas antioksidan minuman fungsional bawang hitam berdasarkan konsentrasi bawang hitam, madu dan lemon

Hasil Analisis Respon Organoleptik pada Minuman Fungsional

Konsep dari minuman fungsional yang utama yaitu selain produk yang dihasilkan harus dapat memberikan nilai fungsionalitas bagi tubuh, namun juga produk tersebut harus memiliki sifat organoleptik yang baik agar dapat diterima oleh konsumen dan dapat dikonsumsi sehari-hari layaknya produk minuman pada umumnya. Oleh karena itu, penerimaan konsumen dari sisi organoleptik juga sangat penting untuk diperhatikan. Analisis organoleptik pada sampel minuman bawang hitam dinilai berdasarkan kesukaan panelis terhadap sifat organoleptik pada atribut rasa, warna, aroma, serta nilai keseluruhan.

Hasil Analisis Respon Warna

Hasil analisis organoleptik terhadap atribut warna minuman fungsional bawang hitam menunjukkan

tingkat kesukaan panelis berkisar antara 4 (biasa saja) sampai 5 (agak suka) pada skala hedonik 7. Adapun persamaan model matematika untuk respon warna yaitu tersaji pada Persamaan (3).

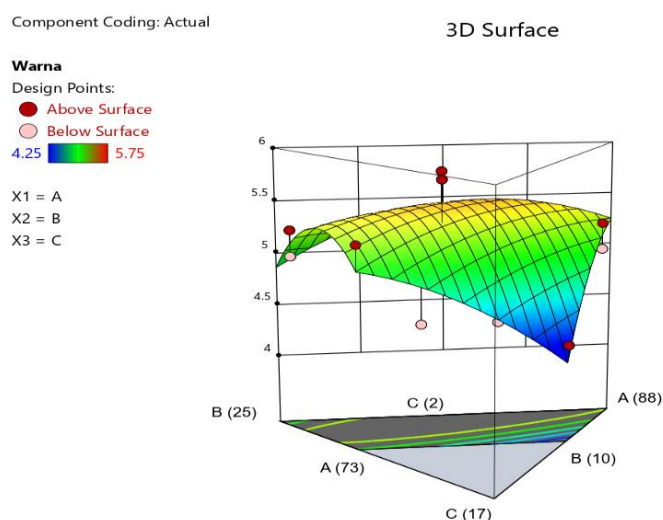
$$\text{Warna} = 0,0412631 * A + -0,462202 * B + -2,26393 * C + 0,00689602 * AB + 0,0218469 * AC + 0,0431659 * BC \quad (3)$$

Dimana A = konsentrasi ekstrak bawang hitam, B = konsentrasi madu, dan C = konsentrasi sari lemon

Berdasarkan Persamaan (3) dapat terlihat bahwa konsentrasi ekstrak bawang hitam dan juga madu sangat mempengaruhi tingkat kesukaan panelis terhadap warna dari produk minuman bawang hitam, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2. Warna merah pada permukaan grafik menunjukkan bahwa tingkat kesukaan panelis semakin meningkat. Kombinasi antara konsentrasi ekstrak bawang hitam dan juga sari lemon yang tinggi dapat meningkatkan penerimaan konsumen terhadap warna minuman bawang hitam, sedangkan jika hanya konsentrasi lemon yang ditingkatkan menunjukkan tingkat penerimaan konsumen semakin rendah sehingga permukaan grafik menjadi berwarna biru. Kemungkinan warna cokelat cerah pada minuman fungsional bawang hitam inilah yang disukai oleh konsumen.

Hasil Analisis Respon Rasa

Hasil analisis organoleptik terhadap atribut rasa minuman fungsional bawang hitam menunjukkan tingkat penerimaan panelis berkisar antara 2 (tidak



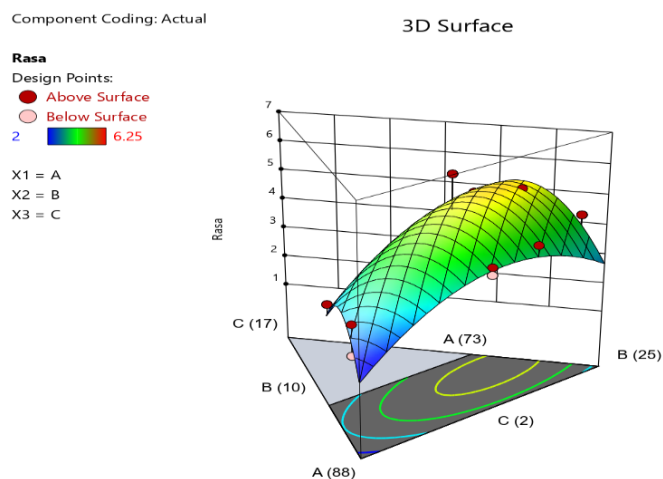
Gambar 2. Respon warna minuman fungsional bawang hitam berdasarkan konsentrasi bawang hitam, madu dan lemon

suka) sampai 6 (suka) pada skala hedonik 7. Adapun persamaan model matematika untuk atribut rasa yaitu tersaji pada Persamaan (4).

$$\text{Rasa} = -0,083291 * A + -1,83683 * B + -11,4822 * C + 0,0279493 * AB + 0,126991 * AC + 0,161414 * BC \quad (4)$$

Dimana A = konsentrasi ekstrak bawang hitam, B = konsentrasi madu, dan C= konsentrasi sari lemon

Berdasarkan Persamaan (4) dapat diketahui bahwa interaksi antara konsentrasi bawang hitam, madu dan sari lemon terlihat memegang peranan penting terhadap respon rasa. Penambahan konsentrasi ekstrak bawang hitam, madu, dan sari lemon yang tinggi dapat menurunkan nilai respon terhadap rasa yang dihasilkan, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3. Warna kuning kemerahan pada permukaan grafik menunjukkan bahwa tingkat kesukaan panelis semakin meningkat. Penambahan madu dan sari lemon pada suatu produk dapat meningkatkan penerimaan rasa produk menjadi lebih disukai oleh konsumen. Menurut Herold (2007) penambahan jeruk lemon mampu menghasilkan citarasa produk menjadi lebih baik. Selain itu hasil penelitian Febriani (2012) juga menunjukkan bahwa penambahan jeruk lemon dapat meningkatkan penerimaan oleh konsumen pada minuman fungsional daun kumis kucing.



Gambar 3. Respon rasa minuman fungsional bawang hitam berdasarkan konsentrasi bawang hitam, madu dan lemon

Hasil Analisis Respon Aroma

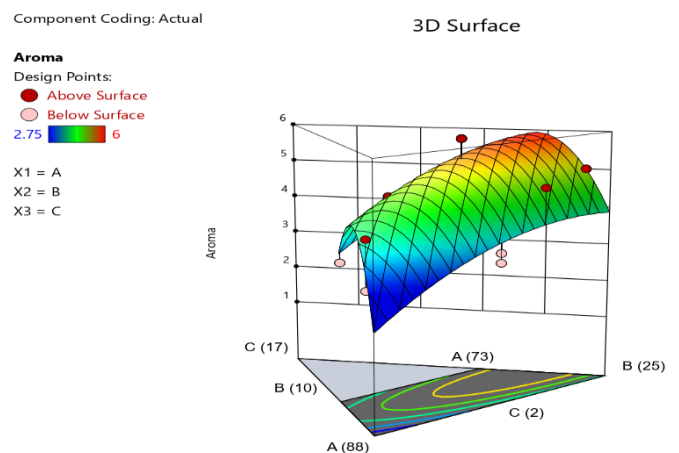
Hasil analisis organoleptik terhadap atribut aroma minuman fungsional bawang hitam menunjukkan tingkat kesukaan panelis berkisar antara 2 (tidak suka) sampai 6 (suka) pada skala hedonik 7. Adapun

persamaan model matematika untuk atribut aroma yaitu tersaji pada Persamaan (5).

$$\text{Aroma} = -0,0538728 * A + -0,643494 * B + -14,8107 * C + 0,0111971 * AB + 0,166808 * AC + 0,174347 * BC \quad (5)$$

Dimana A = konsentrasi ekstrak bawang hitam, B = konsentrasi madu, C= konsentrasi sari lemon

Berdasarkan hasil analisis yang didapatkan, respon aroma dipengaruhi oleh konsentrasi bawang hitam, konsentrasi madu dan sari lemon, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4. Namun, semakin tinggi konsentrasi bawang hitam menunjukkan penurunan nilai respon aroma yang artinya aroma minuman kurang disukai oleh konsumen. Hal tersebut dikarenakan pada ekstrak bawang hitam masih terdapat aroma khas bawang yang cukup menyengat pada minuman dengan konsentrasi bawang hitam yang lebih tinggi yang ditunjukkan dengan warna grafik yang menjadi warna biru.



Gambar 4. Respon aroma minuman fungsional bawang hitam berdasarkan konsentrasi bawang hitam, madu dan lemon

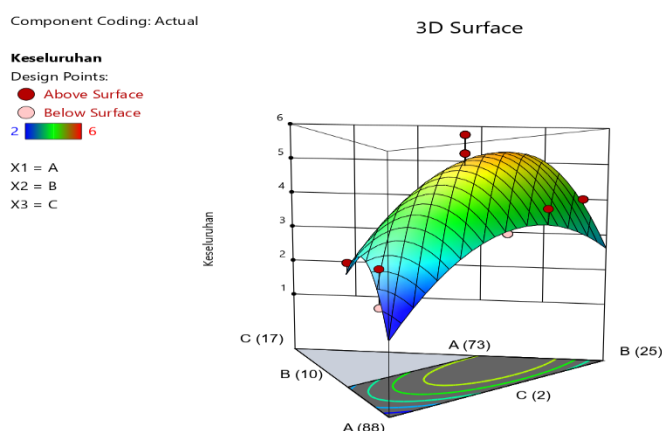
Hasil Analisis Respon Keseluruhan

Hasil analisis organoleptik terhadap nilai keseluruhan minuman fungsional bawang hitam menunjukkan tingkat kesukaan panelis berkisar antara 2 (tidak suka) sampai 6 (suka) pada skala hedonik 7. Adapun persamaan model matematika untuk respon keseluruhan yaitu tersaji pada Persamaan (6).

$$\text{Keseluruhan} = -0,0907814 * A + -1,84391 * B + -11,5972 * C + 0,0283232 * AB + 0,129961 * AC + 0,157495 * BC \quad (6)$$

Dimana A = konsentrasi ekstrak bawang hitam, B = konsentrasi madu, C= konsentrasi sari lemon

Penerimaan nilai keseluruhan merupakan penerimaan konsumen terhadap gabungan semua atribut organoleptik suatu produk secara utuh baik itu warna, rasa, dan aroma. Sehingga interaksi antara masing-masing atribut organoleptik tersebut sangatlah berpengaruh terhadap penerimaan produk oleh konsumen. Hasil analisis menunjukkan semakin tinggi konsentrasi bawang hitam yang ditambahkan pada minuman fungsional bawang hitam akan menyebabkan tingkat penerimaan konsumen terhadap produk minuman bawang hitam menjadi berkurang yang ditunjukkan dengan warna grafik yang cenderung berwarna biru. Selain itu pada konsentrasi madu dan sari lemon juga terjadi kondisi yang sama.



Gambar 5. Rrespon keseluruhan minuman fungsional bawang hitam berdasarkan konsentrasi bawang hitam, madu dan lemon

Hasil optimasi Formula Minuman Fungsional Bawang Hitam dengan *Design Expert 13,0*

Proses optimasi dilakukan untuk mendapatkan formula minuman fungsional bawang hitam yang paling

baik. dengan mengoptimalkan setiap variabel dengan respon yang telah didapatkan, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 4. Respon aktivitas antioksidan dioptimalkan seminimal mungkin, sedangkan respon warna, rasa, aroma dan nilai keseluruhan dioptimalkan semaksimal mungkin. Pemilihan formula yang optimal diperoleh dengan cara melihat nilai keinginan (*desirability*) yang mendekati nilai 1.

Hasil optimasi yang dihasilkan dari program *Design Expert 13,0* memberikan dua pilihan formula optimum yang disajikan pada Tabel 5. Formula 1 memiliki nilai *desirability* 0,719, sedangkan formula 2 sebesar 0,693. Oleh karena itu formula 1 dipilih untuk dilakukan verifikasi. Hal ini dikarenakan pada formula 1 selain memiliki nilai *desirability* yang lebih tinggi juga secara keseluruhan memiliki nilai respon organoleptik yang lebih baik dibandingkan dengan formula 2.

Hasil verifikasi Formula Optimum Pembuatan Minuman Fungsional Bawang Hitam

Verifikasi dilakukan untuk mengetahui apakah solusi formula optimum yang dihasilkan oleh program *Design Expert 13,0*, dapat memprediksi nilai respon dengan tepat, Hasil verifikasi formula 1 menunjukkan bahwa minuman fungsional bawang hitam dengan konsentrasi bawang hitam 76,80%, madu 18,23 %, dan jeruk lemon 4,96% akan memberikan nilai aktivitas antioksidan sebesar IC_{50} 4,78, penerimaan warna 5,73, penerimaan rasa 6,00, penerimaan aroma 5,25 dan penerimaan keseluruhan 5,82, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6. Berdasarkan perbandingan antara data hasil verifikasi dengan nilai prediksi yang didapatkan oleh program *Design Expert 13,0*, dapat dikatakan bahwa nilai prediksi pada solusi formula 1 masih memenuhi 95% CI yang telah diprediksikan. Setelah dilakukan proses verifikasi, dapat diputuskan bahwa formula 1 dapat ditentukan sebagai solusi optimum.

Tabel 4. Variabel dan respon yang dioptimasi, target, batas atas dan bawah, serta *importance* pada optimasi minuman fungsional bawang hitam

Komponen /respon	Target	Mininum	Maksimum	Importance
A:Ekstrak BG	<i>is in range</i>	73	88	3
B:Madu	<i>is in range</i>	10	25	3
C:Lemon	<i>is in range</i>	2	8	3
Aktivitas Antioksidan IC_{50} (%)	<i>minimize</i>	4,12	5,43	5
Warna	<i>maximize</i>	4,25	5,75	3
Rasa	<i>maximize</i>	2	6,25	4
Aroma	<i>maximize</i>	2,75	6	4
Keseluruhan	<i>maximize</i>	2	6	4

Tabel 5. Perbandingan Respon Formula 1 dan 2

Komponen/respon	Formula 1	Formula 2
Ekstrak BG (%)	76,80	73,00
Madu (%)	18,23	20,50
Lemon (%)	4,96	6,49
Aktivitas Antioksidan IC ₅₀ (%)	4,68	4,82
Warna	5,40	5,26
Rasa	5,28	5,22
Aroma	4,96	5,74
Keseluruhan	4,99	5,23
<i>Desirability</i>	0,72	0,69

Tabel 6. Perbandingan hasil nilai prediksi dan nilai aktual pada respon minuman fungsional bawang hitam

Respon	Nilai prediksi (<i>predicted mean</i>)	Nilai aktual (<i>observed</i>)	95% <i>CI low for mean</i>	95% <i>CI high for mean</i>
Antioksidan	4,68	4,73	4,41	4,95
Warna	5,40	5,73	5,13	5,65
Rasa	5,28	6,00	4,31	5,62
Aroma	4,96	5,25	4,58	5,98
Keseluruhan	4,99	5,82	4,38	5,60

KESIMPULAN

Variasi konsentrasi ekstrak bawang hitam, konsentrasi madu, dan konsentrasi sari lemon pada minuman fungsional bawang hitam dapat memberikan pengaruh terhadap nilai aktivitas antioksidan dan sifat organoleptik (rasa, warna, aroma, keseluruhan) produk minuman yang dihasilkan. Melalui metode *Response Surface Methodology* dapat diperoleh formula minuman fungsional bawang hitam terbaik dengan formulasi konsentrasi bawang hitam 76,80%, madu 18,23%, dan jeruk lemon 4,96% yang akan menghasilkan aktivitas antioksidan sebesar IC₅₀ 4,73%, penerimaan organoleptik warna 5,73, rasa 6,00, aroma 5,25 dan keseluruhan 5,82 pada skala 1-7. Penambahan sari lemon dan madu mampu menghasilkan minuman fungsional ekstrak bawang hitam dengan kandungan antioksidan yang tinggi dan juga sifat organoleptik yang disukai oleh konsumen.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Kementerian Riset dan Pendidikan Tinggi yang telah memberikan dana Hibah Penelitian Dosen Pemula.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan bahwa artikel ini merupakan asli hasil penelitian para penulis dan hanya dipublikasikan pada jurnal ini serta tidak ada konflik kepentingan.

DAFTAR PUSTAKA

Agustina, E., Andiarna, F., & Hidayati, I. (2020). Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Bawang Hitam (Black Garlic) Dengan

Variasi Lama Pemanasan. *Al-Kauniah: Jurnal Biologi*, 13(1), 39–50. <https://doi.org/10.15408/kauniah.v13i1.12114>

Chandrashekara, P. M., & Venkatesh, Y. P. (2016). Immunostimulatory properties of fructans derived from raw garlic (*Allium sativum* L.). *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 8(2), 65–70. <https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2016.11.003>

Fatmawati, A. H., Adawiyah, D. R., & Wulandari, N. (2021). Optimasi Formula Produk Gel Oles Berbahan Dasar Biji Selasih Menggunakan Teknik Response Surface Methodology. *AgriTECH*, 41(3), 294. <https://doi.org/10.22146/agritech.55833>

Kim, J. S., Kang, O. J., & Gweon, O. C. (2013). Comparison of phenolic acids and flavonoids in black garlic at different thermal processing steps. *Journal of Functional Foods*, 5(1), 80–86. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2012.08.006>

Kimura, S., Tung, Y. C., Pan, M. H., Su, N. W., Lai, Y. J., & Cheng, K. C. (2017). Black garlic: A critical review of its production, bioactivity, and application. *Journal of Food and Drug Analysis*, 25(1), 62–70. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.11.003>

Lee, C. H., Chen, Y. T., Hsieh, H. J., Chen, K. T., Chen, Y. A., Wu, J. T., Tsai, M. S., Lin, J. A., & Hsieh, C. W. (2020). Exploring epigallocatechin gallate impregnation to inhibit 5-hydroxymethylfurfural formation and the effect on antioxidant ability of black garlic. *Lwt*, 117(May 2019), 108628. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108628>

Michiels, J. A., Kevers, C., Pincemail, J., Defraigne, J. O., & Dommes, J. (2012). Extraction conditions can greatly influence antioxidant capacity assays in plant food matrices. *Food Chemistry*, 130(4), 986–993. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.07.117>

Omar, S. H., & Al-Wabel, N. A. (2010). Organosulfur compounds and possible mechanism of garlic in cancer.

- Saudi Pharmaceutical Journal*, 18(1), 51–58. <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2009.12.007>
- Seftiono, H., Djiuardi, E., & Pricila, S. (2019). Analisis Proksimat dan Total Serat Pangan pada Crackers Fortifikasi Tepung Tempe dan Koleseom (*Talinumtiangulare*). *AgriTECH*, 39(2), 160. <https://doi.org/10.22146/agritech.29726>
- Trihaditia, R. (2016). Organoleptik Aroma Dan Rasa Produk Teh Rambut. *Jurnal Agrosience Volume*, 6(No.1), 20–29.
- Yuan, H., Sun, L., Chen, M., & Wang, J. (2016). The Comparison of the Contents of Sugar, Amadori, and Heyns Compounds in Fresh and Black Garlic. *Journal of Food Science*, 81(7), C1662–C1668. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13365>