

PEMBUATAN SIRUP TINGGI ANTIOKSIDAN BERBAHAN DASAR TEMPE DAN BROKOLI

Making of High Antioxidant Syrup from Tempe and Broccoli

**Muhammad Ikhwan Fathurrahman¹, Agus Heri Santoso², Yohanes Kristianto³,
Fitria Dhenok Palupi^{3*}**

¹Prodi Diploma III Gizi, Jurusan Gizi, Politeknik Kesehatan Kemenkes Malang

² Lembaga Riset dan Edukasi Gizi Striata Grup, Indonesia

³ Prodi Sarjana Terapan Gizi dan Dietetika, Politeknik Kesehatan Kemenkes Malang
Email: fitria.dhenok@gmail.com

ABSTRACT

Diabetes mellitus causes hyperglycemia which adversely affects cells and organs. The administration might try to overcome the complications problem in diabetes of high antioxidant syrup. Broccoli, tempeh, snakehead fish and supporting ingredients, and turmeric are food ingredients that increase insulin secretion and activate insulin. This study aimed to make a high-antioxidant syrup formula using broccoli and tempeh as a based ingredient added with snakehead fish, turmeric, and honey as diabetic syrup. Syrup formulation was carried out through laboratory experiments using a completely randomized design. As a treatment in the formulation was the proportion of broccoli and tempeh extract with ratios of 90:10 (P1), 80:20 (P2), 70:30 (P3), and 60:40 (P4). Additional ingredients, namely snakehead fish extract, turmeric, honey, and maltodextrin, were added to obtain good syrup characteristics. The syrup qualities were assessed on their antioxidant activity using the DPPH method, chromium content, sensory qualities, and the best treatment selection. The resulting antioxidant syrup posed inherent characteristics as brownish, slightly unpleasant aroma, and sweet taste. The syrup contained chromium and antioxidant activity between 61.404 – 91.1.6 ug/100mL and 52-73%, respectively. The chromium level has complied with BPOM and EFSA regulations. The chromium content and antioxidant activity of the syrup decreased with the proportion of broccoli extract used. Using tempeh in the formulation improved the sensory quality of the syrup. The P4 was selected as the most accepted syrup formulation. Syrup for diabetics containing antioxidants and chromium, according to standards, can be formulated using broccoli and tempeh extract with a ratio of 60:40.

Keywords: *syrup, antioxidants, diabetes, broccoli, tempeh*

ABSTRAK

Diabetes melitus menyebabkan hiperglikemia yang berdampak buruk pada sel dan organ. Salah satu upaya untuk menanggulangi masalah komplikasi pada diabetes dapat dilakukan dengan pemberian minuman tinggi antioksidan. Brokoli, tempe dan bahan pendukung ikan gabus, serta kunyit adalah bahan pangan yang memiliki peran dalam meningkatkan sekresi insulin dan mengaktivasi insulin. Tujuan penelitian ini adalah membuat formula sirup tinggi antioksidan menggunakan bahan dasar brokoli dan tempe dengan penambahan ikan gabus, kunyit, dan madu sebagai minuman untuk diabetesi. Formulasi sirup dilakukan melalui penelitian laboratorium menggunakan rancangan acak lengkap. Sebagai perlakuan dalam formulasi adalah proporsi ekstrak brokoli dan tempe dengan perbandingan 90:10 (P1), 80:20 (P2), 70:30 (P3), 60:40 (P4). Bahan lain, yaitu ekstrak ikan gabus, kunyit, madu, dan maltodekstrin ditambahkan untuk mendapatkan karakteristik sirup yang baik. Mutu sirup dinilai berdasarkan aktivitas antioksidan produk akhir metode DPPH, kadar kromium, hasil uji

hedonik, dan pemilihan perlakuan terbaik. Sirup antioksidan yang dihasilkan memiliki karakteristik seperti minuman berwarna kecoklatan, aroma sedikit langu, dan rasa yang manis. Sirup hasil formulasi mengandung kromium antara 61,404 – 91,1.6 ug/100mL dan aktivitas antioksidan 52-73%. Kadar kromium sirup telah memenuhi ketentuan BPOM dan EFSA. Kadar kromium dan aktivitas antioksidan sirup berkurang seiring dengan penurunan penggunaan ekstrak brokoli. Penggunaan tempe dalam formulasi meningkatkan mutu sensorik sirup. Formulasi sirup P4 terpilih sebagai taraf perlakuan terbaik. Sirup bagi diabetes yang mengandung antioksidan dan kromium sesuai standar dapat dibuat dengan menggunakan ekstrak brokoli dan tempe menggunakan perbandingan 60:40.

Kata kunci: sirup, antioksidan, diabetes, brokoli, tempe

PENDAHULUAN

Menurut International Diabetes Federation penderita diabetes di dunia pada tahun 2021 mencapai 537 juta dan diperkirakan mencapai 437 juta pada tahun 2030 dan 783 juta pada tahun 2045. Selain itu, diprediksi 6,7 juta orang berusia 20 -79 tahun akan meninggal karena penyebab terkait diabetes pada tahun 2021. Pengeluaran kesehatan untuk penyakit ini sudah mendekati satu triliun USD.^{1,2} Kondisi hiperglikemia kronis pada diabetes berdampak buruk karena merusak sel dan organ termasuk retina, jantung, ginjal dan pembuluh darah.³

Pasien DM akan mengalami hiperglikemia yang menyebabkan respon senyawa inflamasi melalui mediasi sitokin. Sitokin akan merusak sensitivitas insulin dan keseimbangan glukosa.⁴ Inflamasi terjadi setelah terjadi peningkatan glukosa darah yang ditandai dengan peningkatan marker peradangan yaitu *C Reactif Protein* (CRP), interleukin (IL)-6, IL 18, IL-1 β , dan *Tumor Necrosis Factor Alfa* (TNF- α).⁵ Inflamasi dapat disebabkan karena peningkatan *Reactive Oxygen Species* (ROS) selama DM. ROS dapat mengaktifkan *Nuclear Factor Kappa B* (NF- κ B) yang merupakan faktor transkripsi dalam mengatur ekspresi gen proinflamasi seperti TNF α , IL-6 dan CRP. Proses inflamasi kronik akan menyebabkan *fibrosis* dan *apoptosis* sel- β pankreas. Proses ini menyebabkan komplikasi mikrovaskuler pada pasien diabetes melitus tipe 2.^{6,7}

Manajemen pengelolaan penyakit diabetes melalui obat-obatan medis, perubahan gaya hidup, dan terapi pelengkap seperti vitamin, mineral dan ekstrak herbal. Penggunaan tanaman yang bersifat antidiabetes merupakan alternatif tepat atau tambahan untuk obat antidiabetes yang tersedia.^{8,9} Salah satu tanaman yang mengandung sifat antidiabetes adalah brokoli dengan kandungan chromium yang tinggi. Chromium merupakan komponen dari oligopeptida golongan kromodulin berfungsi sebagai kofaktor insulin dengan cara membantu insulin menempel pada reseptor di permukaan sel.¹⁰

Brokoli kaya akan vitamin, mineral, serat larut, dan glucosinolates. Proses hidrolisis glukosinolat akan menghasilkan sulforaphane. Kandungan sulforaphane pada brokoli berpotensi sebagai antidiabetes.¹¹ Studi pada hewan coba model diabetes melitus menunjukkan bahwa ekstrak brokoli menurunkan kerusakan pankreas melalui penurunan radikal bebas pada jaringan pankreas tikus.¹² Cita rasa brokoli cenderung langu yang merupakan rasa khas dari sayuran brokoli akibatnya adanya senyawa isotiosianat dan prekursor non volatile glukosinolat. Namun, proses pra treatment blanching dapat menurunkan aroma dan rasa yang tidak dikehendaki konsumen.¹³⁻¹⁵

Bahan makanan lain yang berpotensi sebagai antidiabetes adalah tempe. Tempe merupakan hasil fermentasi dari kedelai. Tempe kedelai

mengandung protein, isoflavan, serat, dan indeks glikemik rendah yang dapat membantu menurunkan glukosa darah pada pasien diabetes melitus. Tempe mengandung isoflavan terutama jenis genistein. Kandungan isoflavan berupa genistein dapat menghambat α -glukosidase yang berperan pada beberapa kelainan metabolik seperti DM.¹⁶ Pemberian genistein 20 mg/kg/hari memberikan efek perlindungan pada sel beta pankreas terhadap ROS.¹⁷ Selain itu protein tempe kedelai tinggi kandungan arginin dan glisin, yang terkait sekresi insulin dan glukagon dari pankreas.¹⁸

Karakteristik tempe memiliki protein yang mudah dicerna dibandingkan kedelai, proses fermentasi juga menyebabkan kandungan asam amino meningkat. Secara fisik lebih mudah larut sehingga dapat digunakan dalam banyak resep. Rasa lebih baik dibanding produk berbasis kedelai karena aroma langu sangat berkurang.¹⁹

Tanaman lain yang berpotensi untuk pengobatan diabetes adalah kunyit. Kunyit mengandung kurkumin yang memiliki agen terapis potensial dalam pengobatan pasien diabetes dengan komplikasi. Studi menunjukkan curcumin efektif dalam mengurangi hiperglikemia dan hiperlipidemia pada hewan coba. Aktivitas antidiabetes curcumin dikaitkan dengan kemampuannya dalam menekan stress oksidatif dan antiinflamasi. Kurkumin dapat menghambat produksi ROS di pulau Langerhans pankreas melalui penghambatan aktivasi poli ADP-ribose polymerase-1 dan normalisasi proinflamasi sitokin (TNF α , IL-1 β dan interferon- γ) sehingga mencegah kerusakan pankreas pada pasien diabetes melitus.²⁰⁻²²

Bahan makanan yang ditambahkan adalah ekstrak ikan gabus. Ikan gabus mengandung 15 macam amino dan terdapat 9 asam amino esensial.²³ Hasil penelitian kandungan asam amino tersebut dapat berpotensi untuk menurunkan kadar glukosa darah.

²⁴ Hasil penelitian lainnya menunjukkan bahwa senyawa albumin pada ikan gabus bersifat antioksidan pada sel beta pankreas. Ekstrak ikan gabus dapat meregenerasi jaringan pankreas yang rusak akibat induksi aloksan pada mencit tikus.²⁵

Berdasarkan kemampuan beberapa tanaman dan bahan pangan lokal yang berfungsi sebagai antidiabetes melalui jalur anti inflamasi dan antioksidan. Kami merancang sebuah sirup tinggi antioksidan sebagai diet suportif non obat yang berbahan dasar pangan lokal, diantaranya brokoli dan tempe serta bahan pendukung yaitu ikan gabus dan kunyit dengan aktivitas antioksidan tinggi dan daya terima yang baik. Sirup tinggi antioksidan diharapkan mampu mencegah terjadinya kondisi pasien diabetes mellitus fase lanjut serta memperbaiki sel beta pankreas.

METODE

Formulasi sirup tinggi antioksidan dilakukan dengan menggunakan desain Rancangan Acak Lengkap (RAL). Masing-masing taraf perlakuan diulang tiga kali diperoleh 12 unit eksperimen. Komposisi bahan sirup tinggi antioksidan setiap perlakuan disajikan pada Tabel 1. Penetapan proporsi ekstrak brokoli : ekstrak tempe dengan kadar kromium 50 microgram berdasarkan kebutuhan chromium harian per hari per hari menggunakan perhitungan secara empiris.²⁶ Maksimal dosis suplemen makanan yang diperbolehkan adalah \leq 200 μ g/hari sesuai dengan keputusan Kepala BPOM RI Nomor HK 00.05.23.3644 tentang Ketentuan Pokok Pengawasan Suplemen Makanan.²⁷

Tabel 1. Komposisi Sirup Tinggi Antioksidan Tiap Perlakuan

Bahan	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
Ekstrak Brokoli (ml)	90	80	70	60
Ekstrak Tempe (ml)	10	20	30	40
Ekstrak Kunyit (ml)	3	3	3	3
Ekstrak Ikan Gabus (ml)	3	3	3	3
Madu (ml)	25	25	25	25
Maltodekstrin (g)	2,5	2,	2,5	2,5

Brokoli, tempe, madu, dan kunyit didapatkan dari pasar lokal di kota malang sedangkan maltodekstrin didapatkan dari toko kimia di kota malang. Ekstrak ikan gabus diperoleh dari Lembaga riset dan edukasi gizi striata grup singosari malang. Pembuatan ekstrak brokoli (Gambar 1), ekstrak tempe (Gambar 1), ekstrak kunyit (Gambar 1) dan formulasi sirup tinggi antioksidan (Gambar 2) dilaksanakan di laboratorium Ilmu Bahan Makanan Jurusan Gizi Poltekkes Kemenkes Malang. Penilaian uji organoleptik dilaksanakan di laboratorium uji cita rasa Jurusan Gizi Poltekkes Kemenkes Malang. Penilaian aktivitas antioksidan dilakukan di laboratorium Kimia Poltekkes Kemenkes

Malang. Tingkat aktivitas antioksidan sirup menggunakan metode uji DPPH. Pengujian mutu organoleptik dilakukan dengan uji *hedonic* menggunakan 20 panelis semi terlatih. Panelis semi terlatih telah diberikan penjelasan untuk mengenali sifat-sifat tertentu, dipilih dari kalangan terbatas. Data tingkat kesukaan memiliki skala penilaian 4 = sangat suka; 3 = suka; 2 = tidak suka; 1 = sangat tidak suka. Hasil penilaian organoleptik diuji menggunakan *mean whitney*, bila hasilnya signifikan dilakukan uji lanjut *kruskal wallis* untuk mengetahui pasangan kelompok yang berbeda jika ditemukan perbedaan yang signifikan diantara kelompok perlakuan menggunakan aplikasi SPSS 24.



Gambar 1. Diagram Alir Pengolahan Ekstrak Tempe²⁸, Ekstrak Brokoli²⁹, dan Ekstrak Kunyit²⁸.

Campur ekstrak brokoli, tempe, ikan gabus, dan kunyit

Tambahkan maltodekstrin 2,5 % total larutan

Homogenisasi

Saring dengan kertas saring

Proses evaporasi

Tambahkan madu

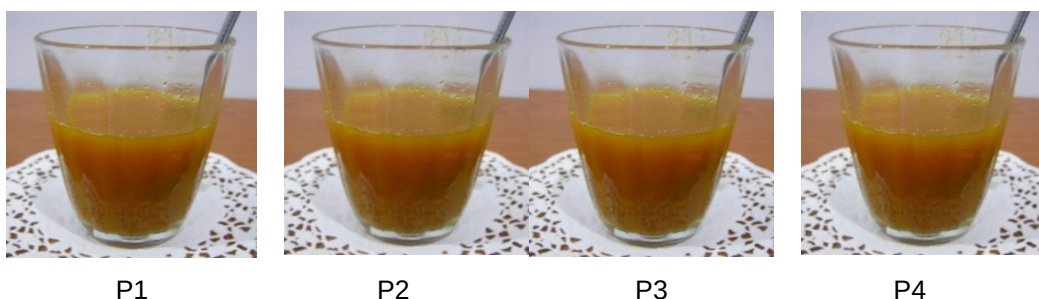
Gambar 2. Diagram Alir Pengolahan Sirup Tinggi Antioksidan

HASIL

Deskripsi Produk

Gambar 3 menunjukkan karakteristik sirup tinggi antioksidan tiap taraf perlakuan. Sirup yang terbuat dari bahan baku ekstrak brokoli dan ekstrak tempe dengan bahan pendukung ekstrak kunyit, ikan gabus, dan madu yang kami beri nama sirup tinggi antioksidan. Produk tersebut diformulasikan khusus sesuai dengan syarat diet untuk penderita DM dalam rangka menghasilkan alternatif suplemen makanan sumber kromium dan antioksidan untuk penatalaksanaan diet.

Sirup tinggi antioksidan yang dihasilkan berbentuk cair kental, dengan kekentalan seperti sirup pada umumnya. Warna sirup tinggi antioksidan berwarna kuning kecoklatan sesuai penambahan madu dan kunyit, beraroma khas ikan gabus dan langu dengan rasa manis karena dilakukan penambahan madu. Bau langu didapatkan dari penggunaan brokoli. Penambahan madu berfungsi untuk meningkatkan sifat dan mutu sensorik sehingga meningkatkan daya terima produk.



Gambar 3. Karakteristik Sirup Tinggi Antioksidan tiap Taraf Perlakuan

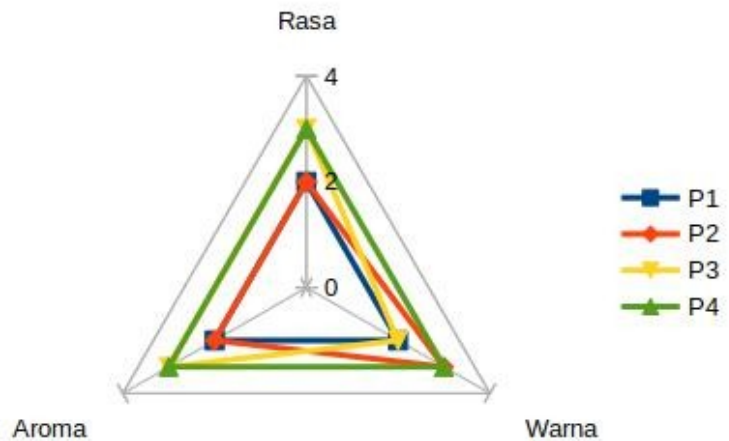
Perhitungan empiris kadar kromium sirup tinggi antioksidan disajikan pada Tabel 2. Perhitungan tersebut berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Dwipajati diketahui bahwa kandungan per 1 ml ekstrak brokoli mengandung 1.0234 μg kromium. Untuk itu kami membuat formula berdasarkan keputusan Kepala BPOM RI Nomor HK 00.05.23.3644 yang menentukan kadar kromium $\leq 200 \mu\text{g}$ dan *European Food Safety Authority* (EFSA) tentang *chromium added for nutritional purposes to foodstuff*.^{27,30}

Tabel 2. Kadar Kromium Empiris Sirup Tinggi Antioksidan tiap 100 ml

Taraf Perlakuan	Kadar Kromium (μg)
P1	91,106
P2	81,872
P3	71,638
P4	61,404

Uji Organoleptik

Penilaian organoleptik pada sirup tinggi antioksidan dilaksanakan oleh 20 orang panelis semi terlatih untuk mengetahui pengaruh penambahan ekstrak brokoli dan tempe terhadap atribut warna, aroma, dan rasa sirup tinggi antioksidan.



Gambar 5. Modus Hasil Penilaian Uji Organoleptik Sirup Tinggi Antioksidan

Gambar 5 menunjukkan perbandingan tingkat kesukaan sirup tinggi antioksidan dari berbagai taraf perlakuan. Angka yang lebih tinggi menunjukkan tingkat kesukaan yang lebih baik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi penambahan ekstrak tempe maka penerimaan panelis terhadap

sirup tinggi antioksidan semakin tinggi. Komposisi ekstrak brokoli yang terlalu mendominasi tidak disukai oleh panelis. Hasil uji organoleptik sirup tinggi antioksidan ditabulasikan dan rata-rata disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Modus dan Hasil Statistik Uji Organoleptik Sirup Tinggi Antioksidan

Taraf Perlakuan	Rasa		Aroma		Warna	
	Modus	p-value	Modus	p-value	Modus	p-value
P1	2a	0,0001	2a	0,003	2a	0,445
P2	3bc		3bc		3a	
P3	3bc		3bc		2a	
P4	3d		3rsd		3a	

Keterangan : Huruf yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan ($\alpha = 0,05$)

Pada tabel 3, hasil analisis statistik *mean whitney* diketahui bahwa proporsi penambahan ekstrak brokoli dan tempe berpengaruh pada tingkat kesukaan panelis terhadap atribut rasa dan aroma sedangkan warna tidak signifikan. Berdasarkan uji lanjut menggunakan *kruskall wallis*, rasa dan aroma sirup tinggi antioksidan yang disukai panelis pada perlakuan P4.

Aktivitas Antioksidan

Berdasarkan hasil uji aktivitas antioksidan menggunakan uji DPPH, menunjukkan bahwa sirup

pengembangan P1 dengan proporsi ekstrak brokoli dan ekstrak tempe sebesar 90:10 memiliki aktivitas antioksidan tertinggi yaitu 73% disajikan pada Tabel 4. Pada sirup pengembangan P4 dengan proporsi ekstrak brokoli dan ekstra tempe sebesar 60:40 memiliki aktivitas antioksidan terendah yaitu 52%. Dapat dilihat bahwa semakin rendah proporsi ekstrak brokoli maka aktivitas antioksidan sirup tinggi antioksidan juga semakin rendah. Hal ini mengindikasikan bahwa ekstrak brokoli memiliki aktivitas antioksidan yang lebih tinggi dibandingkan ekstrak tempe.

Tabel 4. Aktivitas Antioksidan Sirup Tinggi Antioksidan

Taraf Perlakuan	Rata – rata Absorbansi (nm)	Aktivitas Antioksidan (%)	Aktivitas Antioksidan (mM)
P1	0,142	73	0,0146
P2	0,148	72	0,0144
P3	0,157	69	0,0138
P4	0,223	52	0,0104

Perlakuan Terbaik

Karakteristik sirup tinggi antioksidan hasil dari analisis penentuan taraf perlakuan terbaik disajikan pada Tabel 5. Hasil penilaian perlakuan

terbaik menunjukkan bahwa atribut aroma merupakan variabel terpenting yang mempunyai rata-rata tertinggi. Pengembangan sirup P4 memiliki total nilai hasil tertinggi yaitu 0,667.

Tabel 5. Karakteristik Sirup tinggi antioksidan pada Taraf Perlakuan P4

Karakteristik	<i>E-likuit</i>	Standar
Kadar Kromium	60.404 µg	≤ 200 µg*
Aktivitas Antioksidan	52 %	-
Aroma	Sedikit Langu	-
Rasa	Manis	-
Warna	Kuning kecoklatan	-

Ket : *) BPOM RI Nomor HK 00.05.23.3644 tentang Ketentuan Pokok Pengawasan Suplemen Makanan.

PEMBAHASAN

Sirup tinggi antioksidan mengandung ekstrak ikan gabus, ekstrak tempe, ekstrak brokoli, ekstrak kunyit, maltodekstrin, dan madu. Penambahan madu pada sirup antioksidan bermanfaat untuk memberikan rasa manis. Kandungan madu didominasi oleh fruktosa yang

dapat meningkatkan glukosa hepatik dan penyimpanan glikogen sehingga membantu mempertahankan kadar glukosa dalam darah.³¹ Penambahan maltodekstrin digunakan sebagai stabilizer pada sirup tinggi antioksidan. Maltodekstrin merupakan produk modifikasi dari pati yang memiliki karakteristik kelarutan tinggi dalam air

dingin. Maltodekstrin juga dapat meningkatkan viskositas pada produk minuman.³²

Penambahan proporsi ekstrak tempe dan penurunan proporsi ekstrak brokoli meningkatkan nilai kesukaan panelis terhadap atribut rasa dan aroma sirup tinggi antioksidan secara signifikan, namun tidak mengubah tingkat kesukaan terhadap warna sirup tinggi antioksidan. Panelis cenderung tidak menyukai rasa ekstrak brokoli karena ada *after taste* langu dan rasa khas sayuran pada brokoli. Brokoli merupakan sayuran famili kubis-kubisan atau brassica yang memiliki rasa unik yang khas sehingga tidak selalu diterima oleh konsumen.¹³ Rasa dan aroma khas pada sayuran jenis brassica dikaitkan dengan keberadaan isotiosianat dan prekursor non volatil glukosinolat.¹⁴ Selain itu, proses *pra treatment blanching* dengan tujuan inaktivasi enzim peroksidase menyebabkan aroma dan rasa yang tidak dikehendaki pada brokoli.¹⁵ Hal ini sejalan dengan studi literatur oleh Hidayatul jus sayuran banyak tidak disukai oleh konsumen karena baunya yang langu atau sengur meskipun sudah dilakukan proses pemasakan.³³

Sirup tinggi antioksidan mengandung ekstrak kunyit. Kunyit mengandung senyawa curcumin turunan fenol yang berpotensi sebagai antioksidan. Hasil studi juga menunjukkan bahwa senyawa tersebut dapat mencegah komplikasi diabetes dengan menjaga homeostasis glukosa.^{22,34} Selain itu penambahan ekstrak ikan gabus juga memiliki aktivitas antioksidan. kandungan asam amino dari ekstrak ikan gabus yaitu asam aspartat, asam glutamat, arginin, leusin dan valin memiliki efek antioksidan. Selain itu kandungan asam lemak (DHA, EPA, asam oleat) pada ikan gabus memiliki aktivitas antioksidan.³⁵

Penambahan proporsi ekstrak tempe dan penurunan proporsi ekstrak brokoli meningkatkan aktivitas antioksidan pada sirup tinggi

antioksidan. Hal ini mengindikasikan bahwa tempe memiliki aktivitas antioksidan yang lebih tinggi dibandingkan brokoli. Proses fermentasi pada kedelai menjadi tempe meningkatkan aktivitas antioksidan. Tempe kaya akan senyawa bioaktif isoflavon dalam bentuk daidzein, genistein, dan glisitein yang bersifat antioksidan. Kandungan isoflavon pada kedelai sebagian besar dalam bentuk terkonjugasi dengan molekul glukosida. Selama proses fermentasi, enzim beta-glukosidase yang disekresikan oleh *Rhizopus oligosporus* menghidrolisis glukosida isflavon dalam bentuk isoflavon bebas (aglikon). Hal ini dapat meningkatkan bioavailabilitas dan antioksidan yang lebih tinggi dibandingkan dalam bentuk glukosida isoflavon.³⁶⁻³⁸

Aktivitas antioksidan pada sirup tinggi antioksidan perlakuan terbaik tidak jauh berbeda dengan produk pengembangan lainnya. Produk minuman tinggi antioksidan untuk diabetes dari secang dan kayumanis memiliki aktivitas antioksidan 38,43%.³⁹ Sedangkan, pengembangan produk minuman yogurt tinggi antioksidan untuk diabetes memiliki aktivitas antioksidan 32,83%.⁴⁰

SIMPULAN

Penambahan proporsi ekstrak tempe diiringi penurunan proporsi ekstrak brokoli meningkatkan daya terima sirup tinggi antioksidan pada atribut rasa dan aroma serta aktivitas antioksidan namun tidak berpengaruh terhadap atribut warna. Taraf Perlakuan P4 merupakan perlakuan terbaik dalam penelitian ini, sehingga dapat menjadi dasar dalam penelitian selanjutnya di studi in vivo dan klinis sebagai alternatif makanan untuk pencegahan komplikasi pada penderita diabetes melitus tipe 2. Sirup tinggi antioksidan dapat dilanjutkan uji klinis secara in vivo untuk mengetahui efektivitasnya dalam mencegah progresifitas penyakit diabetes melitus tipe 2.

DAFTAR RUJUKAN

1. Guariguata L, Whiting D, Weil C, Unwin N. The International Diabetes Federation diabetes atlas methodology for estimating global and national prevalence of diabetes in adults. *Diabetes Res Clin Pract.* 2011;94(3):322-332. doi:10.1016/j.diabres.2011.10.040
2. Sun H, Saeedi P, Karuranga S, et al. IDF Diabetes Atlas: Global, regional and country-level diabetes prevalence estimates for 2021 and projections for 2045. *Diabetes Res Clin Pract.* 2022;183:109119. doi:10.1016/j.diabres.2021.109119
3. Ngugi MP, Njagi J, Kibiti C, Ngeranwa JJN. Metabolic Complications of Diabetes Mellitus : A Review. *J BiolSci.* 2012;2(January):37-49.
4. ikmal SIQS, Huri HZ, Vethakkan SR WAW. Potential Biomarkers of Insulin Resistance and Atherosclerosis in Type 2 Diabetes Mellitus Patients with Coronary Artery Disease. 2013;2013(Mi).
5. Nadeem A, Naveed AK, Hussain MM, Raza SI. Correlation of inflammatory markers with type 2 diabetes mellitus in Pakistani patients. *J Postgrad Med Inst.* 2013;27(3):267-273.
6. Simsek S, Van Den Oever I a M, Raterman HG, Nurmohamed MT. Endothelial dysfunction, inflammation, and apoptosis in diabetes mellitus. *Mediators Inflamm.* 2010;2010(ID 9932393):15. doi:10.1155/2010/792393
7. Montane J, Cadavez L, Novials A. Stress and the inflammatory process: A major cause of pancreatic cell death in type 2 diabetes. *Diabetes, Metab Syndr Obes Targets Ther.* 2014;7(February):25-34. doi:10.2147/DMSO.S37649
8. Davies MJ, Aroda VR, Collins BS, et al. Management of Hyperglycemia in Type 2 Diabetes, 2022. A Consensus Report by the American Diabetes Association (ADA) and the European Association for the Study of Diabetes (EASD). *Diabetes Care.* 2022;45(11):2753-2786. doi:10.2337/dci22-0034
9. Nazarian-Samani Z, Sewell RDE, Lorigooini Z, Rafieian-Kopaei M. Medicinal Plants with Multiple Effects on Diabetes Mellitus and Its Complications: a Systematic Review. *Curr Diab Rep.* 2018;18(10). doi:10.1007/s11892-018-1042-0
10. Alkhatib AJ. Chromium in controlling diabetes and metabolic aspects. *Adv Obesity, Weight Manag Control.* 2021;11(3):86-88. doi:10.15406/aowmc.2021.11.00340
11. Elbarbry F, Elrody N. Potential health benefits of sulforaphane: A RE of the experimental, clinical and epidemiological evidences and underlying mechanisms. *J Med Plants Res.* 2011;5(4):473-484.
12. Suresh S, Waly MI, Rahman MS, et al. Broccoli (Brassica oleracea) Reduces Oxidative Damage to Pancreatic Tissue and Combats Hyperglycaemia in Diabetic Rats. *Prev Nutr Food Sci.* 2017;22(4):277-284. doi:10.3746/pnf.2017.22.4.277
13. Wieczorek MN, Walczak M, Skrzypczak-Zielińska M, Jeleń HH. Bitter taste of Brassica vegetables: The role of genetic factors, receptors, isothiocyanates, glucosinolates, and flavor context. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2018;58(18):3130-3140. doi:10.1080/10408398.2017.1353478
14. Wieczorek MN, Jelen HH. Volatile compounds of selected raw and cooked Brassica vegetables. *Molecules.* 2019;24(3). doi:10.3390/molecules24030391
15. Morales-Blancas EF, Chandia VE, Cisneros-Zevallos L. Thermal inactivation kinetics of peroxidase

- and lipoxygenase from broccoli, green asparagus and carrots. *J Food Sci.* 2002;67(1):146-154. doi:10.1111/j.1365-2621.2002.tb11375.x
16. Ghozali DS, Handharyani E, Rimbawan R. Pengaruh Tempe terhadap Kadar Gula Darah dan Kesembuhan Luka pada Tikus Diabetik. *CDK.* 2010;37(3):1-7.
17. El-Kordy EA, Alshahrani AM. Effect of genistein, a natural soy isoflavone, on pancreatic β -cells of streptozotocin-induced diabetic rats: Histological and immunohistochemical study. *J Microsc Ultrastruct.* 2015;3(3):108-119. doi:10.1016/j.jmau.2015.03.005
18. Kwon DY, Daily JW, Kim HJ, Park S. Antidiabetic effects of fermented soybean products on type 2 diabetes. *Nutr Res.* 2010;30(1):1-13. doi:10.1016/j.nutres.2009.11.004
19. Ahnan-Winarno AD, Cordeiro L, Winarno FG, Gibbons J, Xiao H. Tempeh: A semicentennial review on its health benefits, fermentation, safety, processing, sustainability, and affordability. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2021;20(2):1717-1767. doi:10.1111/1541-4337.12710
20. Perez-Torres I, Ruiz-Ramirez A, Banos G, El-Hafidi M. Hibiscus Sabdariffa Linnaeus (Malvaceae), Curcumin and Resveratrol as Alternative Medicinal Agents Against Metabolic Syndrome. *Cardiovasc Hematol Agents Med Chem.* 2013;11(1):25-37. doi:10.2174/1871525711311010006
21. Zhang DW, Fu M, Gao SH, Liu JL. Curcumin and diabetes: A systematic review. *Evidence-based Complement Altern Med.* 2013;6(3):1-16. doi:10.1155/2013/636053
22. Marton LT, Pescinini-e-Salzedas LM, Camargo MEC, et al. The Effects of Curcumin on Diabetes Mellitus: A Systematic Review. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2021;12(May). doi:10.3389/fendo.2021.669448
23. Prastari C, Yasni S, Nurilmala M. Characterization of snakehead fish protein that's potential as antihyperglykemik. *J Pengolah Hasil Perikanan Indones.* 2017;20(2):413. doi:10.17844/jphpi.v20i2.18109
24. Soniya F, Fauziah M. Efektivitas Ekstrak Ikan Gabus sebagai Antihyperglykemik. *J Penelit Perawat Prof.* 2020;2(1):65-70. doi:10.37287/jppp.v2i1.45
25. Aisyatussoffi N, Abdulgani DN, Si M, et al. Pengaruh Pemberian Ekstrak Ikan Gabus (. *J Sains dan Seni Pomits.* 2013;2(1):2337-3520.
26. Anderson RA. Chromium as an Essential Nutrient for Humans. *Regul Toxicol Pharmacol.* 1997;26(1 I):S35-S41. doi:10.1006/rtp.1997.1136
27. BPOM RI. Keputusan Kepala Badan Pengawasan Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor HK.00.05.23.3644 tentang Ketentuan Pokok Pengawasan Suplemen Makanan. Published online 2004;26. http://www.pom.go.id/pom/hukum_perundangan/pdf/final_kep_lampiran.pdf
28. Miskah. Pengaruh Pemberian Ekstrak Tempe pada Tikus Wistar pra Diabetes (Skripsi). Published online 2008. Poltekkes Kemenkes Malang
29. Dwipajati. Pengaruh Pemberian Ekstrak Brokoli Terhadap Penurunan Kadar Gula Darah Pada Tikus Wistar Diabetes (Skripsi). Published online 2010. Poltekkes Kemenkes Malang
30. Food E, Authority S. Scientific Opinion on the safety of chromium picolinate as a source of chromium added for nutritional purposes to foodstuff for particular nutritional uses and to foods intended for the general population. *EFSA J.* 2010;8(12):1-49. doi:10.2903/j.efsa.2010.1883

31. Amalia F. The Effect of Honey in Diabetes Mellitus. *J Major*. 2015;4(2):6-11.
32. Rauf R, Utami A. Nutrition value and viscosity of polymeric enteral nutrition products based on purple sweet potato flour with variation of maltodextrin levels. *J Gizi Indones (The Indones J Nutr*. 2020;8(2):119-125. doi:10.14710/jgi.8.2.119-125
33. Hidayatul M. *Jus Sayuran Rasa Buah Sebagai Minuman Kesehatan Inovatif*; 2011. Jakarta: Pustaka Utama.
34. Depitri, Maulana I, Sadiyah ER. Studi Literatur Perbandingan Aktivitas Antioksidan dan Antiinflamasi dari Ekstrak Rimpang Kunyit (*Curcuma Domestica Val.*) di Indonesia, Malaysia, Bangladesh dan Jepang. *Pros Farm*. 2021;1(1):130-133.
35. Azemi AK, Mustapha S, Mohammed M, Rasool AHG, Review of Pharmacological Properties of *Channa Striatus* (Haruan) In Diabetes and Cardiovascular Complications. *Med Pharmacol*. 2021;1(1):1-13. doi:10.20944/preprints202108.0200.v1
36. Kuligowski M, Pawłowska K, Jasińska-Kuligowska I, Nowak J. Composición de isoflavonas, contenido de polifenoles y actividad antioxidante de las semillas de soja durante fermentación de tempeh. *CYTA - J Food*. 2017;15(1):27-33. doi:10.1080/19476337.2016.1197316
37. Xu ML, Liu J, Zhu C, et al. Interactions between soy isoflavones and other bioactive compounds: a review of their potentially beneficial health effects. *Phytochem Rev*. 2015;14(3):459-467. doi:10.1007/s11101-015-9398-0
38. Zaheer K, Humayoun Akhtar M. An updated review of dietary isoflavones: Nutrition, processing, bioavailability and impacts on human health. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2017;57(6):1280-1293. doi:10.1080/10408398.2014.989958
39. Rosyidi CA. *Efek Ekstrak Daun Insulin " Smallanthus Sonchifolia" Terhadap Kadar Glukosa Darah, Berat Badan, Dan Kadar Trigliserida Pada Tikus Diabetes Strain Sprague Dawley Yang Diinduksi Aloksan (Skripsi)*.; 2014.UIN syarif Hidayatullah Malang
40. Maria Rosiana N, Khoiriyah T. Yogurt Tinggi Antioksidan dan Rendah Gula dari Sari Buah Apel Rome Beauty dan Madu. *J Ilmu dan Teknol Has Ternak*. 2018;13(2):81-90.