

EFEK EKSTRAK TOMAT (*SOLANUM LYCOPERSICUM*) TERHADAP ENZIM KATALASE HEPAR TIKUS WISTAR (*RATTUS NORVEGICUS*) YANG TERPAPAR MINYAK JELANTAH

*The Effect of Tomato Extract (*Solanum lycopersicum*) on Liver Catalase Enzyme in Wistar Rats (*Rattus norvegicus*) that was Given Reused Cooking Oil*

Josephine, Aryu Candra, Ayu Rahadiyanti

Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro

ABSTRACT

Background: *The usage of reused cooking oil can increase the level of free radicals in the body. Tomatoes contain lycopene that can protect the body from free radicals. Lycopene may increase catalase enzyme levels. This study aims to determine the effect of tomato extract on liver catalase enzyme in rats that were given reused cooking oil.*

Method: *This research was a true experimental study with post test only group design. The subjects were 18 male wistar rats which were randomly divided into 3 groups with 6 rats in each group; group (K) rats without any treatment, group (P1) rats with 4mg/kgBB tomato extract, group (P2) rats with 4mg/kgBB tomato extract and 0.42ml/200gBB reused cooking oil. The treatment was carried out for 40 days. Catalase enzyme was measured by the height of the bubbles of liver juice. Statistical analysis used the One Way Anova test and Post Hoc Bonferroni.*

Result: *The highest catalase enzyme was in the P1 group with 0.617 ± 0.052 cm height of bubbles. There were significant differences in catalase enzyme between K group and P1 group; and between P1 group and P2 group ($p < 0.05$).*

Conclusion: *Giving 4mg/kgBB of tomato extract could increase and maintain the value of catalase enzyme in rats that exposed to reused cooking oil.*

Keywords: *reused cooking oil, tomato extract, catalase enzyme*

ABSTRAK

Latar Belakang: Penggunaan minyak jelantah dapat meningkatkan radikal bebas dalam tubuh. Senyawa dalam tomat yang diduga dapat menangkal radikal bebas adalah likopen. Likopen sebagai antioksidan mampu meningkatkan enzim katalase. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian ekstrak buah tomat terhadap kadar enzim katalase hepar tikus yang terpapar minyak jelantah.

Metode: Penelitian *true experimental* dengan *post test only group design*. Subjek adalah 18 ekor tikus wistar jantan. Pengelompokan dilakukan secara randomisasi menjadi 3 kelompok dengan masing-masing 6 ekor tikus di setiap kelompok; kelompok K tikus sehat tanpa perlakuan, kelompok P1 tikus dengan ekstrak buah tomat 4mg/kgBB, kelompok P2 tikus dengan ekstrak buah tomat 4 mg/kgBB dan minyak jelantah 0,42ml/200gBB. Intervensi dilakukan selama 40 hari. Enzim katalase diukur dari tinggi gelembung jus hepar tikus. Analisis statistik menggunakan uji *One-way ANOVA* dan *Post Hoc Bonferroni*.

Hasil: Tinggi gelembung hepar tertinggi terdapat pada kelompok perlakuan satu dengan nilai $0,617 \pm 0,052$ cm. Terdapat perbedaan enzim katalase yang signifikan pada rerata kelompok K dengan kelompok P1 dan antara kelompok perlakuan P1 dengan kelompok P2 ($p < 0,05$).

Simpulan: Pemberian 4mg/kgBB ekstrak buah tomat dapat meningkatkan dan mempertahankan kadar enzim katalase hepar pada tikus yang terpapar minyak jelantah.

Kata Kunci: minyak jelantah, ekstrak tomat, enzim katalase

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara dengan kebutuhan minyak goreng yang tinggi. Menurut data Susenas, penggunaan minyak goreng di Indonesia juga mengalami peningkatan dari 1,80 juta ton pada tahun 2013 menjadi 2,32 juta ton pada tahun 2018.¹ Jumlah ini diperkirakan akan terus meningkat setiap tahunnya. Pada tahun 2019, perkiraan perkembangan konsumsi minyak goreng di Indonesia diprediksi sebesar 12,99 liter/kapita/tahun.²

Minyak goreng banyak digunakan pada kegiatan memasak dan mengolah makanan di Indonesia.³ Pengolahan makanan dengan cara digoreng masih populer dan diminati oleh setiap kalangan di Indonesia. Peningkatan kebutuhan dan tingginya harga minyak goreng menyebabkan banyak rumah tangga, pedagang maupun usaha industri menggunakan minyak goreng secara berulang-ulang melebihi anjuran yang disarankan. Penggunaan minyak goreng secara berulang ini dilakukan untuk menekan biaya produksi.^{4,5} Minyak goreng yang digunakan secara terus menerus ini disebut minyak jelantah. Penggunaan minyak jelantah ini dapat mempercepat proses oksidasi yang dapat menyebabkan pembentukan asam lemak. Selain itu, peningkatan suhu dan durasi pemanasan dapat mempengaruhi aktivitas antioksidan dalam minyak goreng. Pemanasan minyak secara berulang-ulang dapat menurunkan kualitas minyak, membentuk senyawa hidroperoksida, monomer, dimer dan trimer serta dapat membentuk radikal bebas berupa *Reactive Oxygen Species* (ROS).^{5,6}

Radikal bebas merupakan suatu molekul yang memiliki elektron tidak berpasangan atau kehilangan elektron pada lapisan luarnya. Radikal bebas bersifat tidak stabil dan mudah bereaksi dengan molekul lain. Radikal bebas akan menyebabkan kerusakan molekul yang elektronnya ditarik sehingga terjadi kerusakan sel, gangguan fungsi sel bahkan kematian sel. Radikal bebas berpengaruh juga terhadap proses penuaan, dimana radikal bebas di mitokondria dapat menginisiasi produksi ROS. ROS merupakan radikal oksigen yang bersifat reaktif dan jika berlebihan dapat membahayakan sistem pertahanan antioksidan tubuh serta dapat menimbulkan berbagai penyakit seperti hipertensi dan diabetes melitus.

Enzim katalase (*Catalase*/CAT) merupakan salah satu golongan hidroperoksidase yang berfungsi melindungi tubuh dari hidrogen peroksida (H_2O_2). Enzim katalase berperan penting dalam menghambat terbentuknya ROS. Katalase bekerja dengan memecah ROS seperti hidrogen peroksida (H_2O_2) menjadi oksigen dan air. Katalase ditemukan di beberapa organ tubuh seperti hepar, ginjal, sumsum tulang dan darah, namun yang terbanyak terdapat di hepar.⁷ Enzim katalase bekerja sama dengan enzim superoksida dismutase. Superoksida

dismutase mengubah superoksida radikal (O_2^-) menjadi H_2O_2 yang kemudian oksigennya direduksi oleh katalase menjadi H_2O dan O_2 .

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk menangkal radikal bebas dengan mengonsumsi buah dan sayur yang mengandung antioksidan alami seperti vitamin C, vitamin E dan karotenoid.⁸ Buah tomat (*Solanum lycopersicum*) adalah salah satu jenis buah yang mengandung berbagai antioksidan alami. Tomat mengandung vitamin C, vitamin E, β -karoten dan likopen yang mampu menghambat proses oksidasi sehingga dapat menghambat pembentukan radikal bebas dalam tubuh.^{8,9} Tomat merupakan salah satu sumber likopen alami. Likopen adalah senyawa karotenoid yang efektif dalam menangkal radikal bebas dengan cara menangkap radikal bebas dan menghambat terjadinya reaksi sehingga tidak terjadi kerusakan yang lebih besar. Likopen mampu menurunkan kerusakan oksidatif dengan mengikat radikal bebas lebih baik dibandingkan α -tokoferol atau β -karoten.¹⁰

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pemberian ekstrak tomat sebesar 4 mg/kgBB/hari selama 30 hari pada tikus wistar yang diberikan 0,75% H_2O_2 dalam air minumnya memiliki efek proteksi secara keseluruhan yang lebih baik pada tikus dengan stres oksidatif terkait nilai katalase namun secara statistik tidak bermakna.¹⁰ Selain itu, penelitian yang dilakukan pada tikus wistar yang diinduksi streptozotocin (STZ) dan mengalami kerusakan oksidatif karena konsumsi furan menunjukkan bahwa pemberian likopen dengan dosis 4 mg/kgBB selama 28 hari dapat meningkatkan aktivitas enzim antioksidan seperti *superoxide dismutase*, katalase dan *glutathione peroxide*.¹¹

Penelitian mengenai pengaruh pemberian ekstrak buah tomat terhadap kadar enzim katalase hepar yang dipapar minyak jelantah belum pernah dilakukan di Indonesia baik pada hewan uji coba maupun pada manusia. Oleh karena itu, penelitian ini akan diawali pada hewan coba. Selain itu masih terdapat pro dan kontra dari beberapa penelitian sebelumnya mengenai efek pemberian ekstrak tomat terhadap enzim katalase. Berdasarkan uraian di atas maka peneliti terdorong untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh pemberian ekstrak buah tomat terhadap kadar enzim katalase hepar pada tikus yang terpapar minyak jelantah.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juli-September 2019 di Laboratorium Hewan Coba Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro. Penelitian ini merupakan penelitian

dalam ruang lingkup gizi klinik dan merupakan penelitian *true experimental* dengan rancangan *post test only group design*.

Subjek pada penelitian ini adalah tikus galur wistar jantan (*Rattus norvegicus*) berusia 10-12 minggu dengan berat badan 180-300 gram, sehat, aktif, tidak cacat dan tidak mati selama penelitian berlangsung. Besar sampel pada penelitian ini ditentukan berdasarkan ketentuan *World Health Organization* (WHO) yaitu minimal 5 ekor hewan coba pada setiap kelompok perlakuan. Pada penelitian ini ditambahkan 1 ekor hewan coba pada setiap kelompok untuk sehingga total menjadi 18 ekor tikus. Subjek dibagi menjadi 3 kelompok yaitu kelompok kontrol (K), kelompok perlakuan satu (P1) dan kelompok perlakuan dua (P2). Pembagian sampel dilakukan dengan metode *simple random sampling*.

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah ekstrak buah tomat dan minyak jelantah. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kadar enzim katalase hepar tikus. Variabel terkontrol adalah galur tikus hewan coba, umur hewan coba, jenis kelamin hewan coba dan pakan hewan coba. Ekstrak buah tomat dibuat sendiri dengan metode maserasi. Buah tomat yang digunakan adalah jenis apel yang berwarna merah dan memiliki kematangan yang sama. Buah tomat sebanyak 1 kg dicuci bersih dengan air mengalir dan dipotong kecil-kecil. Tomat kemudian direndam dengan 1 liter n-heksana selama 24 jam. Rendaman tomat disaring dengan kertas saring dan diuapkan dengan *rotary evaporator* dalam suhu 40°C -50°C hingga didapatkan ekstrak pekatnya. Ekstrak buah tomat disimpan pada suhu 0°C-4°C didalam wadah gelap dan tertutup agar terhindar dari paparan sinar matahari. Minyak jelantah didapatkan dari minyak kelapa sawit merk "Sovia" yang dipanaskan sebanyak 6 kali pada suhu 150°C selama 8 menit. Minyak ini kemudian digunakan untuk menggoreng kentang selama 10 menit. Minyak tersebut kemudian didinginkan terlebih dahulu selama 5 jam sebelum dilakukan penggorengan kembali. Minyak yang dipakai adalah minyak yang sama dan tanpa adanya penambahan minyak baru sama sekali.

Tahap awal penelitian ini adalah melakukan aklimatisasi terhadap 18 ekor tikus. Tikus diaklimatisasi selama 7 hari dalam kandang agar dapat beradaptasi dengan kondisi lingkungan. Selama penelitian, tikus diberikan pakan standar BR2 sebanyak 10-15 gram dan air minum secara *ad libitum* setiap harinya. Setelah aklimatisasi, tikus ditimbang berat badannya menggunakan timbangan digital. Setelah 7 hari aklimatisasi, tikus dibagi menjadi 3 kelompok secara acak yaitu kelompok K, kelompok P1 dan kelompok P2. Kelompok K hanya diberikan pakan standar dan minum *ad libitum*. Kelompok P1 diberikan pakan standar, minum *ad libitum* dan ekstrak buah tomat dengan dosis 4 mg/kgBB/hari. Kelompok P2 diberikan pakan standar, minum *ad libitum*, ekstrak buah tomat sebanyak 4 mg/kgBB/hari

dan minyak jelantah sebanyak 0,42 ml/200gBB tikus. Ekstrak tomat dan minyak jelantah diberikan secara sonde setiap satu hari sekali selama 40 hari. Seluruh subjek bertahan hingga hari terakhir penelitian. Kemudian dilakukan pengambilan organ hepar untuk dibuat jus dan diukur kadar enzim katalasenya.

Kadar enzim katalase hepar diukur dari tinggi gelembung yang terbentuk dari reaksi jus hepar dengan H_2O_2 . Tikus diterminasi kemudian dilakukan pembedahan untuk diambil organ heparnya. Hepar tersebut kemudian dibuat menjadi jus dengan menambahkan 20 ml NaCl untuk setiap 1 gram hepar. Campuran hepar dan NaCl diblender hingga homogen. Jus hepar kemudian diambil sebanyak 200 μ l dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Selanjutnya, tambahkan 200 μ l larutan H_2O_2 10% ke dalam tabung reaksi tersebut secara bersamaan antara tabung. Amati dan ukur tinggi gelembung yang terbentuk setelah 5 menit dengan menggunakan mistar. Pengukuran ini dilakukan sebanyak dua kali.

Data yang dikumpulkan adalah data rerata tinggi gelembung hepar yang sudah diuji. Data tersebut kemudian dianalisis secara statistik. Data diuji normalitasnya menggunakan uji *Saphiro Wilk*. Perbedaan nilai rerata antar kelompok dilakukan dengan uji *Oneway Anova* dan dilanjutkan dengan uji *Post Hoc Bonferroni*. Penelitian ini telah memperoleh *ethical clearance* dari Komisi Etik Penelitian Kesehatan (KEPK) Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro Rumah Sakit Umum Pusat Dr. Kariadi No. 101/EC/H/KEPK/FK-UNDIP/VII/2019.

HASIL PENELITIAN

Kandungan Bilangan Peroksida pada Minyak Jelantah

Penetapan kadar bilangan peroksida ditentukan dengan melakukan titrasi iodometri. Minyak jelantah dilarutkan dengan asam asetat kloroform 3:2 dan penambahan KI, kemudian dititrasi menggunakan larutan natrium tiosulfat 0,1 N dengan indikator KI. Berdasarkan pengujian, hasil uji kandungan minyak jelantah dengan penggorengan sebanyak 6 kali menunjukkan bilangan peroksida sebesar 21,93 mek O_2 /kg. Angka ini jauh lebih tinggi dibandingkan batas SNI yaitu 10 mek O_2 /kg.

Rerata Tinggi Gelembung Hepar

Berdasarkan Tabel 1, nilai tinggi gelembung hepar tertinggi terdapat pada kelompok perlakuan satu yaitu sebesar $0,617 \pm 0,052$ cm, sedangkan tinggi gelembung hepar pada kelompok kontrol dan perlakuan dua tidak memiliki perbedaan yang jauh berbeda.

Tabel 1. Perbandingan Rerata Tinggi Gelembung Hepar Antar Kelompok

Kelompok	Rerata ± SD	Minimum	Maksimum	<i>p</i> *
K	0,433 ± 0,075 ^a	0,354	0,512	0,000
P1	0,617 ± 0,052 ^b	0,563	0,671	
P2	0,492 ± 0,038 ^a	0,452	0,531	

Keterangan: * *One-way Anova*

^{a,b} notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan yang bermakna pada uji lanjut (*Post Hoc Bonferroni*)

Analisis *post hoc Bonferroni*: K vs. P1 $p < 0,001$; K vs. P2 $p = 0,290$; P1 vs. P2 $p = 0,005$

Hasil analisis rerata tinggi gelembung hepar antar kelompok menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antar kelompok ($p < 0,05$). Oleh sebab itu dilakukan uji lanjut (*Post Hoc*) dengan Bonferroni pada perbedaan rerata tinggi gelembung. Uji lanjut pada rerata tinggi gelembung menunjukkan ada perbedaan yang signifikan antara rerata tinggi gelembung pada kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan satu dan antara kelompok perlakuan satu dengan kelompok perlakuan dua ($p < 0,05$).

Hasil analisis rerata tinggi gelembung hepar antar kelompok menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan satu dan antara kelompok perlakuan satu dengan kelompok perlakuan dua ($p < 0,05$).

PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan pemberian minyak jelantah sebanyak 0,42 ml/200gBB tikus setiap harinya selama penelitian. Pemberian minyak jelantah secara sonde dilakukan satu kali sehari selama 40 hari. Minyak jelantah merupakan minyak goreng bekas pakai yang dipanaskan secara berulang dengan suhu tinggi yaitu 170-190°C.¹² Pemanasan yang dilakukan secara berulang kali dapat menyebabkan terbentuknya bilangan peroksida yang tinggi dan membentuk *Reactive Oxygen Species* (ROS) dan mengurangi kandungan antioksidan alami yang ada di minyak goreng.¹³ Pemanasan minyak goreng dengan suhu tinggi dan secara berulang juga dapat mengubah konfigurasi lemak dari asam lemak isomer *cis* menjadi asam lemak isomer *trans*, peroksida dan komponen radikal bebas yang dapat meningkatkan risiko terjadinya keganasan.¹⁴

Pengujian yang dapat dilakukan untuk mengetahui kualitas minyak adalah pengujian bilangan peroksida. Bilangan peroksida merupakan parameter penurunan mutu minyak atau lemak. Semakin tinggi bilangan peroksida, maka semakin rendah kualitas minyak tersebut.¹⁵ Bilangan peroksida yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan sel dan meningkatkan radikal

bebas dalam tubuh. Keadaan ini dapat menyebabkan stres oksidatif dan dapat menimbulkan berbagai penyakit seperti gangguan hepar, aterosklerosis, hipertensi, penyakit kardiovaskular dan diabetes.^{12,16,17} Batas maksimum bilangan peroksida pada minyak goreng adalah 10 mek O₂/kg.¹⁸

Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada minyak jelantah, didapatkan hasil bahwa minyak yang digunakan memiliki bilangan peroksida sebesar 21,93 mek O₂/kg. Hasil ini sudah melewati batas aman SNI. Tingginya bilangan peroksida ini disebabkan karena frekuensi penggorengan yang cukup banyak. Selain itu, tingginya bilangan peroksida dapat mengalami kenaikan karena penggorengan kentang dilakukan dengan metode *deep fat frying* atau makanan terendam dalam minyak selama proses penggorengan. Bilangan peroksida dalam minyak akan meningkat apabila minyak yang sudah digunakan didinginkan kembali sebelum digunakan kembali. Hal ini dikarenakan bilangan peroksida akan dipecah menjadi aldehid dan karbonil ketika minyak dipanaskan kembali dengan suhu tinggi. Kemungkinan lain yang dapat menyebabkan bilangan peroksida menjadi tinggi adalah karena penggunaan api yang besar saat menggoreng. Penggunaan api yang besar menyebabkan suhu minyak menjadi tinggi sehingga mempercepat proses oksidasi.^{15,19,20}

Pada penelitian ini, ekstrak tomat sebanyak 4 mg/kgBB tikus diberikan pada kelompok perlakuan satu dan kelompok perlakuan dua. Tomat merupakan salah satu buah yang memiliki kandungan antioksidan yang tinggi. Antioksidan yang terkandung dalam buah tomat diantaranya adalah karotenoid, vitamin C, vitamin E dan polifenol.^{21,22} Salah satu senyawa antioksidan yang banyak terdapat di buah tomat adalah likopen. Likopen yang terdapat dalam tomat merupakan senyawa karotenoid berfungsi sebagai antioksidan dan imunomodulator tubuh. Likopen memiliki 11 ikatan konjugasi yang dapat menangkap ROS lebih banyak dan efektif jika dibandingkan dengan β-karoten. Hal ini dapat menurunkan risiko terjadinya berbagai penyakit yang disebabkan oleh ROS seperti kanker, penyakit kardiovaskuler, penyakit neurodegeneratif dan penuaan.^{10,23,24}

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada kelompok kontrol dengan kelompok yang diberikan ekstrak tomat dan antara kelompok yang diberikan ekstrak tomat dengan kelompok yang diberikan ekstrak tomat dan minyak jelantah. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak buah tomat mampu mempertahankan kadar enzim katalase hepar tikus.²⁴ Likopen bekerja dengan menghancurkan radikal bebas dan membuang *singlet oxygen* yang merupakan penyebab terbentuknya radikal bebas. Likopen mampu menangkap atau mengikat radikal bebas seperti peroxinitrit dan oksigen singlet serta menurunkan kadar malonaldehida di hepar, ginjal dan

pankreas.^{24,25} Kandungan likopen dalam tomat mampu meningkatkan level antioksidan dalam tubuh, meningkatkan glutathion peroksidase, glutathion reduktase serta dapat menghambat karsinogenesis.^{25,26} Kadar enzim katalase yang tinggi menunjukkan aktivitas antioksidan sebagai proteksi terhadap keadaan stres oksidatif secara signifikan. Pada penelitian yang dilakukan dengan tikus diabetes, hasil menunjukkan bahwa likopen dapat menormalkan aktivitas enzim antioksidan seperti katalase pada tikus diabetes. Terdapat peningkatan aktivitas katalase dalam hepar pada tikus yang menderita diabetes yang diberikan asupan likopen.^{24,27}

Pada penelitian ini rerata tinggi gelembung kelompok perlakuan yang diberikan ekstrak buah tomat dan minyak jelantah menunjukkan angka yang mendekati rerata kelompok perlakuan yang hanya diberikan minyak jelantah. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak buah tomat dapat mempertahankan enzim katalase dalam tubuh. Ekstrak buah tomat memiliki kemampuan sebagai imunomodulator dan antioksidan yang mampu melawan kerusakan sel tubuh dari radikal bebas dan kerusakan oksidatif.²³

KETERBATASAN PENELITIAN

Keterbatasan dalam penelitian ini adalah tidak dilakukan pengukuran berat badan tikus setelah dilakukan intervensi, tidak dilakukan pengujian terhadap tikus yang hanya diberikan minyak jelantah saja dan tidak ada pengujian senyawa yang terkandung dalam buah tomat sehingga tidak dapat dipastikan senyawa antioksidan mana yang memberikan efek terbaik dalam melawan radikal bebas.

SIMPULAN

Terdapat pengaruh pemberian ekstrak buah tomat terhadap kadar enzim katalase hepar pada tikus yang diberikan minyak jelantah. Pemberian ekstrak buah tomat sebesar 4 mg/kgBB/hari dapat meningkatkan dan mempertahankan kadar enzim katalase hepar tikus yang diberikan minyak jelantah.

SARAN

Perlu dilakukan pengujian kandungan senyawa antioksidan pada ekstrak buah tomat untuk mengetahui kandungan apa saja yang terdapat pada ekstrak buah tomat yang dapat mempengaruhi status antioksidan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Sehusman. Buletin Konsumsi Pangan. Vol. 9. Jakarta; 2018.
2. Suwandi, Sabarella, Komalasari WB, Wahyuningsih S, Manurung M, Herwulan M, et al. Buletin Triwulanan Konsumsi Pangan. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. 2017;8(2):43–50.
3. BPS. Distribusi Perdagangan Komoditas Minyak Goreng Indonesia. Badan Pusat Statistik; 2016.
4. Goswami G, Bora R, Rathore MS. Oxidation of Cooking Oils Due To Repeated Frying and Human Health. *Int J Sci Technol Manag.* 2015;4(1):495–501.
5. Leong XF, Ng CY, Jaarin K, Mustafa MR. Effects of Repeated Heating of Cooking Oils on Antioxidant Content and Endothelial Function. *Austin J Pharmacol ans Ther.* 2015;3(2):1–7.
6. Ku SK, Ruhaiifi M, Fatin SS, Saffana M, Kamarudin T, Das S, et al. The harmful effects of consumption of repeatedly heated edible oils: A short review. *Clin Ter.* 2014;165(4):217–21.
7. Kaushal J, Mehandia S, Singh G, Raina A, Arya SK. Catalase Enzyme : Application in Bioremediation and Food Industry. *Biocatal Agric Biotechnol.* 2018;16(August):192–9.
8. Wu S, Wu M, Zhang C, Chen G, Liu Q, Li S. Research Progress of Natural Antioxidants in Foods for The Treatment of Diseases. *Food Sci Hum Wellness [Internet].* 2014;3(3–4):110–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fshw.2014.11.002>
9. Nisa K, Surbakti ESB. Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) Sebagai Anti Penuaan Kulit. *Majority.* 2016;5(3):73–8.
10. Humaish H. Study The Antioxidant Effect of Tomato Extract in Oxidative Stressed Rats. *BasJVetRes.* 2016;15(1):66–80.
11. Pandir D, Unal B, Bas H. Lycopene Protects the Diabetic Rat Kidney Against Oxidative Stress-mediated Oxidative Damage Induced by Furan. *Brazilian Arch Biol Technol.* 2016;59:1–12.
12. Bouchon P. Understanding Oil Absorption During Deep-Fat Frying. In: *Advances in Food and Nutrition Research [Internet].* 1st ed. Elsevier Inc.; 2009. p. 209–34. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S1043-4526\(09\)57005-2](http://dx.doi.org/10.1016/S1043-4526(09)57005-2)
13. Goswami G, Bora R, Rathore MS. Oxidation of Cooking Oils Due to Repeated Frying

- and Human Health. *Int J Sci Technol Manag.* 2015;4(1):495–501.
14. Bogoriani NW, Sudiarta IW. Effect of Used Cooking Oil of The Stress Oxidative and Inflammation on Wistar Rats. *Biomed Pharmacol J.* 2016;9(3):899–907.
 15. Burhan AH, Rini YP, Faramudika E, Widiastuti R. Penetapan Angka Peroksida Minyak Goreng Curah Sawit Pada Penggorengan Berulang Ikan Lele. *J Pendidik Sains.* 2018;6(2):48–53.
 16. Jaarin K, Kamisah Y. Repeatedly Heated Vegetable Oils and Lipid Peroxidation. *Lipid Peroxidation.* 2012;211–28.
 17. Teruel M del R, Gordon M, Linares MB, Garrido MD, Ahromrit A, Niranjan K. A Comparative Study of the Characteristics of French Fries Produced by Deep Fat Frying and Air Frying. *J Food Sci.* 2015;80(2):E349–58.
 18. Badan Standardisasi Nasional. SNI Minyak Goreng. Jakarta; 2013. Available from <http://sispk.bsn.go.id/SNI/DetailSNI/9013>
 19. Aminah S. Bilangan Peroksida Minyak Goreng Curah dan Sifat Organoleptik Tempe pada Pengulangan Penggorengan. *J Pangan dan Gizi.* 2010;1(1):7–14.
 20. Dobarganes C, Márquez-Ruiz G. Possible Adverse Effects of Frying with Vegetable Oils. *Br J Nutr.* 2015;113(S2):S49–57.
 21. Serio F, Ayala O, Bonasia A, Santamaria P. Antioxidant Properties and Health Benefits of Date Seeds. *Funct Prop Tradit Foods.* 2005;7(13):159–79.
 22. Frusciante L, Carli P, Ercolano MR, Pernice R, Di Matteo A, Fogliano V, et al. Antioxidant Nutritional Quality of Tomato. *Mol Nutr Food Res.* 2007;51(5):609–17.
 23. Selamet RN, Aceh DB. The Effect of Tomato Extract (*Lycopersicon esculentum*) on The Formation of Atherosclerosis in White Rats (*Rattus norvegicus*) Male. *J Nat.* 2013;13(2):5–9.
 24. Kaya E, Yilmaz S, Ceribasi AO, Telo S. Protective Effect of Lycopene on Diethylnitrosamine-induced Oxidative Stress and Catalase Expression in Rats. *Ankara Univ Vet Fak Derg.* 2019;66:43–52.
 25. Trejo-Solís C, Pedraza-Chaverrí J, Torres-Ramos M, Jiménez-Farfán D, Cruz Salgado A, Serrano-García N, et al. Multiple Molecular and Cellular Mechanisms of Action of Lycopene in Cancer Inhibition. *Evidence-Based Complement Altern Med.* 2013;(I):1–17.
 26. Choi S, Seo J. Lycopene Supplementation Suppresses Oxidative Stress Induced by a High Fat Diet in Gerbils. *Nutr Res Pract.* 2013;7(1):26–33.
 27. Moldovan CS, Pojar S, Drula R, Jula CT, Gulei D, Nistor ML, et al. Lycopene and

Phycocyanin - biological properties in experimental diabetes : 2. Effects on biochemical , enzymatic and histological parameters. 2016;(December).