
AGRITEKNO: Jurnal Teknologi Pertanian

Laman Jurnal: <https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/agritekno>

Pengaruh Lama Pemanasan dan Jenis Bahan Pangan Terhadap Mutu Minyak Goreng Sawit

Effects of Heating Time and Food Material on The Palm Cooking Oil Quality

Ganda R. Ritonga, Rina Rismaya*

Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Terbuka, Jl. Pd. Cabe Raya, Pd. Cabe Udik, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15418,
Indonesia

*Penulis korespondensi: Rina Rismaya, e-mail: rinarismaya@ecampus.ut.ac.id

ABSTRACT

Prolonged and repeated use of cooking oil during frying leads to a deterioration in its quality due to various chemical reactions. The rate of quality degradation is influenced by the type of food being fried, as different ingredients contain varying compounds that interact with the oil. This study aimed to determine the effects of heating time and food type on the physicochemical quality parameters of cooking oil during frying. A 3 × 2 Factorial Completely Randomized Design was employed, with heating times of 5, 10, and 15 minutes, and two food types: shrimp crackers and salted fish. The parameters assessed included color, free fatty acids, iodine number, and moisture content. This study was conducted in duplicate with two replications per treatment. The results showed that both heating time and food type significantly affected oil degradation. Increased heating time and type of food being fried led to higher values of red and yellow coloration, moisture content, and free fatty acid levels, while the iodine value decreased, indicating increased oxidation. Heating time did not significantly affect the red color of cooking oil used for frying, and food type did not significantly influence changes in the iodine value. Overall, extended heating and the use of salted fish accelerated the degradation of cooking oil quality more than shrimp crackers, except in terms of iodine value. These findings highlight the importance of monitoring frying duration and food type to maintain oil quality, and can guide consumers and food businesses in establishing safe reuse limits for cooking oil.

Keywords: *Cooking oil; free fatty acids; hydrolysis; iodine number; oxidation*

ABSTRAK

Penggunaan minyak nabati yang semakin lama dan berulang akan memengaruhi kualitas mutu minyak goreng karena adanya reaksi kimia yang berlangsung. Kecepatan penurunan kualitas mutu minyak goreng selama penggorengan dipengaruhi oleh jenis bahan pangan yang digoreng karena adanya perbedaan kandungan pada masing-masing bahan pangan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh lama pemanasan dan jenis bahan pangan yang digoreng terhadap parameter kualitas minyak goreng selama penggorengan. Rancangan Acak Lengkap Faktorial 3 × 2 dengan faktor lama pemanasan (5, 10, dan 15 menit) dan jenis bahan (kerupuk udang dan ikan asin) digunakan dalam penelitian ini. Sementara respons yang diuji adalah warna, asam lemak bebas, bilangan iodin, dan kadar air. Penelitian ini dilakukan dua kali ulangan percobaan. Berdasarkan hasil penelitian, lama penggorengan dan jenis bahan pangan berpengaruh signifikan terhadap penurunan kualitas mutu minyak goreng. Lama pemasakan dan jenis bahan pangan meningkatkan hasil pengukuran warna (*red* dan *yellow*), kadar air, asam lemak bebas dan menurunkan bilangan iodin pada minyak goreng. Lama pemanasan tidak berpengaruh signifikan terhadap warna *red* minyak goreng yang digunakan untuk menggoreng kerupuk udang. Sementara, jenis bahan pangan tidak berpengaruh signifikan terhadap perubahan bilangan iodin. Dengan demikian, lama pemanasan menurunkan kualitas mutu minyak goreng dan penggorengan ikan asin menunjukkan penurunan parameter mutu minyak goreng yang lebih cepat dibandingkan dengan kerupuk udang kecuali untuk bilangan iodin. Penggunaan minyak goreng secara berulang berimplikasi pada menurunnya kualitas mutu minyak

<https://doi.org/10.30598/jagritekno.2025.14.1.49>

Submisi: 20 Januari 2025; Review: 2 April 2025; Revisi: 21 Mei 2025; Diterima: 30 Mei 2025

Tersedia Online: 30 Juni 2025

Terakreditasi Kemendikbudristek SK. 177/E/KPT/2024

ISSN [2302-9218](#) (Print) ISSN [2620-9721](#) (Online) / © Penulis. Penerbit Universitas Pattimura. Akses Terbuka dengan lisensi CC-BY-SA.

goreng dan pangan yang dikonsumsi, sehingga hasil penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi masyarakat dan pelaku usaha dalam menerapkan batas aman pemakaian minyak berulang.

Kata kunci: Asam lemak bebas; bilangan iodin; hidrolisis; minyak goreng; oksidasi

PENDAHULUAN

Minyak nabati yang sering digunakan dalam proses pengolahan makanan adalah minyak goreng dari kelapa sawit (Taufik & Seftiono, 2018). Pengolahan menggunakan minyak goreng dinilai dapat memberikan rasa yang lebih lezat dan gurih, aroma, tekstur dan kerenyahan yang lebih diharapkan dibandingkan dengan pengolahan lainnya seperti dikukus atau dipanggang (Nasution *et al.*, 2018; Valantina, 2021; Baig *et al.*, 2022). Selama penggorengan terdapat reaksi kimia yang terjadi diantaranya adalah oksidasi, hidrolisis, dan polimerisasi. Ketiga reaksi kimia ini akan memengaruhi karakteristik fisikokimia minyak seperti peningkatan asam lemak bebas dan penurunan bilangan iodin (Taufik & Atma 2021). Penggunaan minyak goreng dalam jangka waktu yang lama dan secara berulang serta adanya bahan pangan yang digoreng dapat menyebabkan terjadinya perubahan warna, bau serta sifat fisika-kimia pada minyak goreng yang mengindikasikan adanya penurunan kualitas minyak goreng (Gumay *et al.* 2015, Taufik & Seftiono, 2018). Bahan pangan yang digoreng akan menyerap minyak (Tarmizi *et al.*, 2016; Wiege *et al.*, 2020), sehingga perlu mengetahui kualitas minyak goreng dan kerusakan minyak goreng selama penggorengan. Konsumsi minyak goreng yang digunakan berulang kali dapat membahayakan kesehatan (Nasution *et al.*, 2018) seperti berisiko terhadap penyakit jantung kronis, kanker usus besar, aterosklerosis, dan tekanan darah tinggi (Valantina, 2021).

Manurung *et al.* (2018) menyatakan bahwa, suhu minyak goreng akan ikut naik selama proses pemanasan yang akan memicu terjadinya reaksi hidrolisis, oksidasi dan polimerisasi asam lemak tidak jenuh yang akan menghasilkan senyawa baru berupa senyawa aldehida, keton, polimer. Minyak goreng yang dalam waktu yang lama dipanaskan pada suhu tinggi (> 200 °C) akan mengalami penurunan mutu (Mulyati *et al.*, 2015). Minyak goreng juga akan terpapar udara dan air dari bahan selama proses penggorengan. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya reaksi degradasi kompleks pada minyak goreng dan mengurangi kualitasnya (Tarigan & Simatupang, 2013). Terjadinya reaksi yang tidak dikehendaki selama penggorengan menyebabkan minyak mengalami kerusakan. Selain

itu, hal ini juga akan memengaruhi kandungan mutu dan nilai gizi pada bahan pangan yang digoreng (Khoirunnisa *et al.*, 2019).

Penurunan kualitas minyak goreng selama proses pemasakan dipengaruhi oleh kandungan asam lemak bebas, kadar air, serta komponen pengotor dalam minyak (Husain & Marzuki 2021). Sejumlah air yang terkandung pada bahan akan berpindah saat proses penggorengan yang menyebabkan terjadinya reaksi oksidasi dan hidrolisis (Mardiah *et al.*, 2019). Penurunan kualitas minyak goreng diketahui dari perubahan warna, peningkatan kadar air dan asam lemak bebas serta penurunan bilangan iodin (Astuti, 2019). Kandungan air dari bahan pangan akan keluar saat proses penggorengan, sehingga kadar air minyak goreng akan meningkat (Yuarini *et al.*, 2018). Kecepatan penurunan mutu minyak goreng selama pemanasan mencerminkan stabilitas minyak yang kurang baik. Menurut Taufik & Atma (2021), terdapat beberapa faktor yang memengaruhi stabilitas minyak goreng selama pemasakan diantaranya 1) minyak goreng dengan kandungan asam lemak tidak jenuh dalam jumlah tinggi akan memiliki stabilitas terhadap panas yang rendah; 2) jenis bahan pangan yang digoreng juga memengaruhi kecepatan penurunan kualitas minyak goreng selama proses pemasakan; 3) suhu yang tinggi memicu terjadinya reaksi kimia pada minyak goreng yang akan memengaruhi karakteristik fisikokimia minyak goreng.

Berdasarkan penelitian Manurung *et al.* (2018), semakin lama pemanasan maka kerusakan minyak goreng semakin tinggi. Proses pemanasan minyak goreng terlama pada penelitian tersebut (40 menit) menunjukkan nilai asam lemak bebas tertinggi 0,36% b/b, bilangan peroksida tertinggi 6,22 meq O₂/kg, bilangan iodin terendah 32,96 g I₂/100 g dan warna yang berubah menjadi cokelat kehitaman. Berdasarkan penelitian Gumay *et al.* (2015), semakin lama penggorengan ikan asin dan tahu setelah pemakaian ke-5 dan ke-6 menghasilkan kualitas mutu (viskositas, indeks bias, dan asam lemak bebas) yang sudah tidak memenuhi standar SII-003-92 syarat mutu minyak goreng sehingga tidak layak untuk dikonsumsi. Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji penurunan mutu minyak goreng dan faktor-faktornya secara terpisah, namun belum adanya penelitian yang secara spesifik

mengkaji pengaruh interaksi antara lama pemanasan dan jenis bahan pangan yang digoreng terhadap penurunan kualitas minyak goreng. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lama pemanasan, jenis bahan pangan, serta interaksinya terhadap parameter mutu (warna, kadar air, kadar asam lemak bebas, dan bilangan iod) minyak goreng.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah minyak goreng kemasan kelapa sawit merek Sania, bahan pangan yang digoreng yaitu ikan asin dan kerupuk udang yang diperoleh dari Pasar Sei, Padang Batu Bara, Sumatera Utara.

Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan pada penelitian ini adalah rancangan acak lengkap faktorial dengan dua faktor yaitu lama pemanasan dan jenis bahan yang digoreng. Faktor lama pemanasan terdiri dari tiga taraf yaitu 5, 10, dan 15 menit, sementara jenis bahan pangan yang digoreng terdiri dari dua taraf yaitu ikan asin dan kerupuk udang sehingga terdapat enam sampel uji. Adapun respons yang diuji pada penelitian ini adalah warna, kadar air, bilangan asam lemak bebas, dan bilangan iodin. Penelitian ulang sebanyak dua kali percobaan dengan dua kali ulangan pengukuran.

Proses Penggorengan Kerupuk Udang dan Ikan Asin

Minyak goreng yang akan digunakan sebagai sampel penelitian dipanaskan terlebih dahulu dengan api sedang bersamaan dengan menghidupkan *stopwatch* untuk menghitung waktu pemanasan. Lamanya waktu pemanasan pada penelitian ini adalah 5, 10, dan 15 menit. Setelah minyak agak panas (± 150 °C) dengan pengontrolan suhu yang dilakukan secara manual menggunakan penyesuaian api kompor agar suhu tetap stabil selama proses penggorengan, kemudian kerupuk udang digoreng hingga mengembang sempurna lalu diangkat dan ditiriskan. Tanpa mematikan api kompor penggoreng kerupuk terus dilakukan sampai batas waktu yang ditetapkan. Kerupuk akan diangkat dari minyak ketika telah mengembang sempurna dan menggantinya dengan kerupuk udang yang baru hingga batas waktu yang ditetapkan.

Minyak disisihkan sebanyak 100 mL untuk penggorengan pada menit ke-5 sampai menit ke-15 sebagai sampel yang akan diuji parameternya. Perlakuan yang sama dilakukan pada penggorengan ikan asin dimana setelah minyak panas, ikan asin digoreng hingga matang berwarna cokelat muda lalu diangkat dan ditiriskan. Tanpa mematikan api kompor penggoreng ikan asin terus dilakukan sampai batas waktu yang ditetapkan. Minyak disisihkan sebanyak 100 mL untuk penggorengan pada menit ke-5 menit sampai menit ke-15 sebagai sampel yang akan diuji parameternya.

Analisis Warna

Analisis warna dilakukan sesuai dengan standar SNI 7709:2012. Sebanyak 0,5 g *diatomaceous earth* dicampurkan ke dalam 300 g sampel minyak goreng bekas, lalu dikocok selama 2,5 menit pada kecepatan 240 rpm. Campuran tersebut kemudian disaring menggunakan kertas saring *Whatman*. Setelah disaring, sampel dimasukkan ke dalam kuvet Lovibond Tintometer PFXi hingga mencapai 2/3 dari tinggi kuvet. Pengukuran warna menggunakan metode color scale RYBN (*Red, Yellow, Blue, Neutral*), dan hasil pembacaannya ditampilkan melalui monitor pada alat Lovibond Tintometer PFXi.

Analisis Kadar Air

Analisis kadar air dilakukan dengan metode Standar Nasional Indonesia (SNI) 7709:2019. Cawan kaca beserta tutupnya dikeringkan selama 30 menit di dalam oven merek Memmert (Germany) bersuhu 130 ± 1 °C. Cawan kemudian didinginkan dalam desikator selama 20-30 menit. Selanjutnya cawan kosong beserta tutup cawan ditimbang pada neraca analitik merek Sartorius, Germany (W_0). Kemudian sebanyak 5 g sampel (minyak goreng) ditambahkan ke dalam cawan lalu ditutup, dan hasil penimbangan dicatat (W_1). Dalam keadaan terbuka, cawan yang berisi sampel dikeringkan selama 30 menit pada suhu 130 ± 1 °C di dalam oven dengan meletakkan tutup cawan di samping cawan. Setelah 30 menit, ketika masih di dalam oven cawan ditutup, kemudian didinginkan dalam desikator selama 20-30 menit atau sampai mencapai suhu ruang kemudian dilakukan penimbangan. Pemanasan cawan berisi sampel kembali dilakukan seperti keadaan pengeringan awal dan dilakukan penurunan suhu pada desikator hingga mencapai suhu ruang kemudian dilakukan penimbangan. Proses pengeringan dilakukan sampai diperoleh

berat sampel yang konstan (W_2). Kadar air minyak goreng dihitung berdasarkan Persamaan 1.

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \quad \dots (1)$$

Analisis Bilangan Asam Lemak Bebas

Analisis bilangan asam lemak bebas (ALB) pada penelitian ini dilakukan dengan metode SNI 7709:2019. Sampel (minyak hasil penggorengan) ditimbang dalam rentang 28-56 g (W) pada Erlenmeyer 250 mL. Selanjutnya, dilakukan penambahan etanol (Merck, Jerman) hangat sebanyak 50 mL yang berfungsi untuk melarutkan minyak dan *phenolphthalein* (Merck, Jerman) sebanyak 5 tetes sebagai indikator. Kemudian larutan dititrasi dalam larutan kalium hidroksida (KOH) 0,1 N (Merck, Jerman) (N) sampai mencapai titik akhir titrasi. Selama proses titrasi, larutan pada Erlenmeyer diaduk dengan cara digoyangkan. Dilakukan pencatatan volume larutan kalium hidroksida atau natrium hidroksida (KOH/NaOH) yang dibutuhkan (V). Asam lemak bebas pada minyak goreng dapat dihitung menggunakan Persamaan 2 dengan konstanta asam lemak bebas sebagai asam palmitat sebesar 25,6.

$$\text{Asam lemak bebas (\%)} = \frac{25,6 \times N \times V}{W} \dots (2)$$

Analisis Bilangan Iodin

Analisis bilangan iodin pada penelitian ini dilakukan dengan metode SNI 01-0018-2006. Sampel (minyak hasil penggorengan) ditimbang sebanyak 0,5 g (W) pada Erlenmeyer bertutup asah 250 mL. Selanjutnya ke dalam Erlenmeyer, dipipet sikloheksan (Merck, Jerman) sebanyak 15 mL untuk melarutkan minyak dan 25 mL larutan *Wijs* (Merck, Jerman), Erlenmeyer ditutup dan dikocok kemudian dilakukan penyimpanan selama 30 menit pada kondisi ruang yang gelap. Selanjutnya larutan Kalium Iodida 10% (Merck, Jerman) dipipet ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan air suling 50 mL. Larutan dititrasi dalam larutan natrium tiosulfat 0,1 N (Merck, Jerman) sampai terjadi perubahan warna biru tua menjadi kuning muda, kemudian ditambahkan indikator kanji 1% sebanyak 1 - 2 mL dan titrasi dilanjutkan hingga mencapai titik akhir titrasi. Dilakukan pencatatan volume larutan natrium tiosulfat 0,1 N yang dibutuhkan (V_1) untuk mentitrasi sampel. Selanjutnya dilakukan penetapan blanko dengan cara yang sama, volume larutan natrium tiosulfat 0,1 N yang dibutuhkan untuk mentitrasi blanko (V_2) dicatat. Bilangan iodin minyak goreng dapat dihitung menggunakan

Persamaan 3 dengan konstanta untuk menghitung bilangan iodin sebesar 12,69.

$$\text{Bilangan Iodin (g } I_2/100\text{g)} = \frac{12,69 \times N (V_2 - V_1)}{W} \dots (3)$$

Analisis Data

Data hasil pengukuran dianalisis secara statistik menggunakan analisis ragam atau *Analysis of Variance* (ANOVA). Hasil ANOVA menunjukkan perbedaan yang signifikan, sehingga dilakukan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* pada tingkat kepercayaan 95% untuk melihat perbedaan antar perlakuan. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan program aplikasi SPSS 21.0 (*IBM SPSS version 21.0, SPSS Inc, Chicago*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter pengujian kualitas minyak goreng pada penelitian ini ditentukan dengan berdasarkan parameter fisik dan kimia. Pengujian secara fisik terdiri dari warna dan parameter kimia terdiri dari kadar air, asam lemak bebas, dan bilangan iodin. Parameter ini digunakan sebagai indikator untuk menentukan kualitas mutu minyak goreng (Taufik & Atma 2021; Elaine *et al.* 2022; Pramitha *et al.* 2022; Rismaya & Kurniawan, 2023).

Warna

Hasil pengukuran (Tabel 1 dan Tabel 2) menunjukkan parameter warna (*red* dan *yellow*) dengan nilai tertinggi terdapat pada minyak goreng hasil penggorengan ikan asin dengan lama pemanasan 15 menit (19,55R+70,00Y). Sementara, parameter warna (*red* dan *yellow*) dengan nilai terendah terdapat minyak goreng hasil penggorengan kerupuk udang selama 5 menit (1,00R+83,0Y). Perbedaan warna minyak goreng yang digunakan untuk menggoreng kerupuk dan ikan asin selama 5, 10, dan 15 menit secara visual disajikan pada Gambar 1. Hasil pengukuran warna pada minyak goreng yang digunakan untuk kedua jenis bahan pangan selama 5, 10 dan 15 menit masih berada dibawah warna (*red* dan *yellow*) minyak goreng bekas (7,4-29,9R dan 21,1-78,8Y) (Ismail *et al.*, 2021).

Lama pemanasan, jenis bahan pangan yang digoreng, serta interaksinya berpengaruh signifikan terhadap perubahan parameter warna minyak goreng ($p < 0,05$). Semakin lama proses pemanasan,

maka nilai parameter warna (*red* dan *yellow*) minyak goreng semakin meningkat. Sementara jenis bahan pangan ikan asin lebih cepat meningkatkan parameter warna (*red* dan *yellow*) minyak goreng dibandingkan jenis bahan pangan kerupuk. Lama pemanasan pada minyak goreng yang digunakan untuk menggoreng kerupuk udang tidak menunjukkan peningkatan yang signifikan terhadap parameter warna *red* minyak goreng.

Berdasarkan SNI 7709:2019, warna minyak goreng yang memenuhi syarat mutu adalah kuning hingga jingga. Minyak goreng yang berwarna kuning cerah memiliki kesan kejernihan dan kualitas yang lebih baik (Destiana & Safitri 2023). Adanya proses pemasakan mengubah warna minyak menjadi kuning kecokelatan hingga cokelat kehitaman (Manurung *et al.*, 2018). Perubahan warna minyak goreng yang semakin gelap selama proses pemanasan menunjukkan terjadinya perubahan dari kualitas minyak goreng (Ulfindrayani & A'yuni 2018). Perubahan warna pada minyak goreng selama proses penggorengan menunjukkan bahwa minyak goreng telah mengalami kerusakan atau penurunan kualitas (Ismail *et al.* 2021, Taufik & Atma 2021).

Warna minyak goreng dipengaruhi oleh kandungan pigmen dari kelapa sawit (bahan dasar minyak goreng) itu sendiri dan pigmen dari bahan pangan yang digoreng (Suroso, 2013). Warna minyak akan berubah semakin gelap selama penggorengan disebabkan karena terjadinya beberapa reaksi yang membentuk komponen-komponen alkohol, aldehida, asam dan hidrokarbon yang berkontribusi terhadap perubahan warna minyak goreng (Aminah, 2010). Perubahan warna juga dapat diakibatkan oleh reaksi polimerisasi addisi dari asam lemak jenuh yang membentuk senyawa polimer yang mengendap pada dasar minyak goreng (Winarni *et al.*, 2010). Menurut Mulyati *et al.* (2015), terdapat beberapa faktor perubahan warna pada minyak goreng selama proses pemasakan, diantaranya: 1) kenaikan suhu menyebabkan karotenoid yang terkandung dalam minyak akan larut akibat proses oksidasi; 2) kenaikan suhu menyebabkan komponen asam lemak, sterol, dan hidrokarbon dari hasil hidrolisa trigliserida dapat terurai dan larut dalam minyak goreng sehingga warnanya menjadi merah dan kecokelatan.

Tabel 1.

Pengaruh lama pemanasan dan jenis bahan pangan yang digoreng terhadap parameter warna *red* (*R*) minyak goreng

Lama Pemanasan (Menit)	Jenis Bahan Pangan		Rata-rata
	Kerupuk	Ikan Asin	
5	1,00±0,16 ^{Aa}	2,35±0,16 ^{Ba}	1,68±0,68 ^a
10	1,00±0,16 ^{Aa}	4,65±0,16 ^{Bb}	2,82±1,82 ^b
15	1,10±0,16 ^{Aa}	19,55±0,16 ^{Bc}	10,32±9,22 ^c
Rata-rata	1,03±0,05 ^A	8,85±7,62 ^B	

Keterangan: Angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan terhadap pengaruh lama pemanasan; sedangkan angka yang diikuti huruf besar yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan antara perlakuan jenis bahan pangan.

Tabel 2.

Pengaruh lama pemanasan dan jenis bahan pangan yang digoreng terhadap parameter warna *yellow* (*Y*) minyak goreng

Lama Pemanasan (Menit)	Jenis Bahan Pangan		Rata-rata
	Kerupuk	Ikan Asin	
5	8,30±0,21 ^{Aa}	28,50±0,21 ^{Ba}	18,40±10,10 ^a
10	8,45±0,21 ^{Ab}	51,00±0,21 ^{Bb}	29,72±21,28 ^b
15	9,25±0,21 ^{Ac}	70,00±0,21 ^{Bc}	39,62±30,38 ^c
Rata-rata	8,67±0,42 ^A	49,83±16,96 ^B	

Keterangan: Angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan terhadap pengaruh lama pemanasan; sedangkan angka yang diikuti huruf besar yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan antara perlakuan jenis bahan pangan.



Gambar 1. Penampakan warna minyak goreng hasil penggorengan kerupuk udang dan ikan asin dengan berbagai lama penggorengan

Tabel 3.

Pengaruh lama pemanasan dan jenis bahan pangan yang digoreng terhadap parameter kadar air (% b/b) minyak goreng

Lama Penggorengan (Menit)	Jenis Bahan Pangan		Rata-rata
	Kerupuk	Ikan Asin	
5	0,07±0,00 ^{Aa}	0,10±0,00 ^{Ba}	0,08±0,02 ^a
10	0,12±0,00 ^{Ab}	0,15±0,00 ^{Bb}	0,14±0,02 ^b
15	0,18±0,00 ^{Ac}	0,20±0,00 ^{Ac}	0,19±0,00 ^c
Rata-rata	0,12±0,01 ^A	0,15±0,03 ^B	

Keterangan: Angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan terhadap pengaruh lama pemanasan; sedangkan angka yang diikuti huruf besar yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan antara perlakuan jenis bahan pangan.

Jenis bahan pangan yang digoreng juga berpengaruh terhadap perubahan warna minyak goreng. Menurut Taufik & Atma (2021) minyak goreng yang digunakan untuk menggoreng bahan pangan berbasis hewani (*animal-based food*) seperti ayam dan ikan cenderung lebih cepat mengalami kerusakan dibandingkan jenis bahan pangan nabati (*plant-based food*) seperti kentang dan pisang. Pada penelitian Ismail *et al.* (2021), penggelapan pada warna minyak goreng dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya: 1) adanya kemungkinan potongan kecil bahan pangan yang digoreng ikut terlarut pada minyak goreng; 2) suhu penggorengan yang berkontribusi terhadap reaksi kimia autooksidasi dan polimerisasi pada minyak goreng; 3) adanya pigmen yang dihasilkan dari reaksi *Maillard* antara gula dan asam amino pada bahan yang digoreng. Semakin lama penggorengan juga berpengaruh terhadap semakin gelapnya warna minyak goreng (Burhan *et al.*, 2018). Perubahan warna ini menjadi indikator untuk menghentikan penggunaan yang berlanjut dan berulang karena minyak goreng telah mengalami kerusakan.

Kadar air

Berdasarkan hasil pengukuran (Tabel 3), kadar air tertinggi diperoleh pada minyak goreng hasil penggorengan ikan asin dengan lama

pemanasan 15 menit (0,20%) dan kadar air terendah ditemukan pada minyak goreng hasil penggorengan kerupuk selama 5 menit (0,07%). Berdasarkan SNI 7709:2019, kadar air yang terkandung dalam minyak goreng sawit maksimal 0,1 %b/b (Badan Standardisasi Nasional, 2019). Dengan demikian, minyak goreng yang digunakan untuk penggorengan kedua jenis bahan pangan yang digoreng (kerupuk udang dan ikan asin) selama 10 menit dan 15 menit sudah tidak memenuhi syarat mutu kadar air minyak goreng sawit.

Lama pemanasan dan jenis bahan pangan yang digoreng berpengaruh signifikan terhadap perubahan kadar air ($p < 0,05$). Namun, interaksi antara kedua faktor, yaitu lama pemanasan dan jenis bahan pangan, tidak berpengaruh signifikan terhadap perubahan kadar air. Semakin lama proses pemanasan, kadar air minyak goreng yang digunakan untuk menggoreng kerupuk dan ikan asin semakin meningkat. Jenis bahan pangan ikan asin lebih cepat meningkatkan kadar air minyak goreng dibandingkan dengan kerupuk. Pada proses pemanasan selama 15 menit, kadar air minyak goreng yang digunakan untuk menggoreng kerupuk udang dan ikan asin tidak menunjukkan perbedaan signifikan nilai rata-rata kadar air.

Hasil penelitian kadar air minyak goreng pada penelitian ini masih di bawah nilai kadar air minyak jelantah yang berkisar antara 0,61-0,79%

b/b (Suroso, 2013). Pada penelitian tersebut dijelaskan bahwa pengukuran kadar air dipengaruhi oleh bahan pangan yang digoreng, kelembapan udara dan proses penggorengan. Air pada bahan pangan akan keluar dan digantikan dengan minyak menyebabkan kadar air minyak goreng mengalami peningkatan (Yuarini *et al.*, 2018). Bahan pangan dengan kadar air tinggi menyebabkan minyak goreng yang digunakan untuk menggorengnya juga memiliki kadar air yang tinggi. Jumlah kadar air pada bahan pangan ikan asin berdasarkan SNI 8273:2016 adalah maksimum 40% (Kapho *et al.* 2022), sedangkan kadar air kerupuk udang berdasarkan SNI adalah sebesar 12% (Andriani *et al.*, 2017). Berdasarkan penelitian Hutapea *et al.* (2021), kadar air yang tinggi akan memberikan kerugian pada mutu minyak karena dapat memicu terjadinya proses hidrolisis pada minyak goreng. Sejalan dengan penelitian Suroso (2018) bahwa semakin bertambahnya waktu penggorengan akan meningkatkan kandungan air pada minyak yang memicu terjadinya reaksi hidrolisis yang lebih lama dan membentuk senyawa polimer dari gugus karbonilnya.

Asam Lemak Bebas

Asam lemak bebas adalah salah satu produk hasil hidrolisis trigliserida dan oksidasi ikatan rangkap asam lemak yang menunjukkan kualitas minyak goreng yang akan mengalami penurunan selama pemasakan (Taufik & Atma 2021). Asam lemak bebas yang rendah mengindikasikan kualitas mutu minyak goreng yang baik yang berarti ikatan trigliserida belum terputus dan jumlah asam lemak bebas masih sedikit (Destiana & Safitri 2023).

Berdasarkan hasil pengukuran (Tabel 4), kadar asam lemak bebas tertinggi diperoleh pada minyak goreng hasil penggorengan ikan asin dengan lama pemanasan 15 menit (0,22%),

sementara kadar asam lemak bebas terendah ditemukan pada minyak goreng hasil penggorengan kerupuk udang selama 5 menit (0,10%). Mengacu pada SNI 7709:2019 yang mensyaratkan asam lemak bebas minyak goreng maksimal 0,3%, maka kadar asam lemak bebas yang diperoleh dalam penelitian ini masih memenuhi standar mutu minyak goreng. Lama pemanasan, jenis bahan pangan yang digoreng, serta interaksinya berpengaruh signifikan terhadap perubahan asam lemak bebas minyak goreng ($p < 0,05$). Semakin lama proses pemanasan, kadar asam lemak bebas minyak goreng yang digunakan untuk menggoreng kerupuk dan ikan asin semakin meningkat. Jenis bahan pangan ikan asin lebih cepat meningkatkan kadar asam lemak bebas minyak goreng dibandingkan dengan jenis bahan pangan kerupuk.

Hasil pengukuran asam lemak bebas pada penelitian ini masih lebih rendah dibandingkan dengan kadar asam lemak bebas pada minyak goreng yang digunakan di industri kentang goreng (0,84-1,41%) (Phiri *et al.*, 2006), namun lebih tinggi dibandingkan minyak goreng kemasan baru (0,03-0,04%) (Rismaya & Kurniawan 2023). Hasil penelitian ini sejalan dengan Untari *et al.* (2020) yang menyatakan bahwa lama waktu dan tingginya suhu pemanasan berpengaruh nyata terhadap kadar asam lemak bebas dari minyak goreng adalah penelitian ini. Fanani & Ningsih (2018) menyatakan bahwa pemakaian minyak goreng dalam waktu yang lama akan memicu terjadinya reaksi oksidasi dan hidrolisis yang menyebabkan asam lemak bebas mengalami peningkatan.

Semakin lama minyak goreng terpapar suhu tinggi maka semakin lama reaksi oksidasi berlangsung yang menyebabkan peningkatan asam lemak bebas (Elaine *et al.*, 2022). Faktor adanya panas, kadar air, keasaman, dan katalis (enzim) pada minyak goreng akan mempercepat reaksi hidrolisis dan oksidasi (Nurhasnawati *et al.*, 2015).

Tabel 4.

Pengaruh lama pemanasan dan jenis bahan pangan yang digoreng terhadap parameter asam lemak bebas (%) minyak goreng

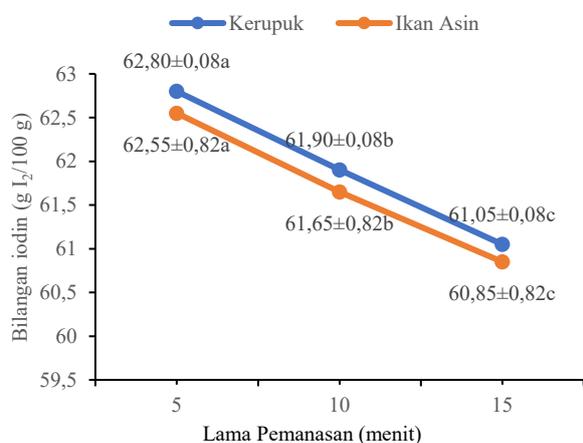
Lama Penggorengan (Menit)	Jenis Bahan Pangan		Rata-rata
	Kerupuk	Ikan Asin	
5	0,10±0,00 ^{Aa}	0,15±0,00 ^{Ba}	0,12±0,02 ^a
10	0,12±0,00 ^{Ab}	0,17±0,00 ^{Bb}	0,14±0,03 ^b
15	0,13±0,00 ^{Ac}	0,22±0,00 ^{Bc}	0,18±0,04 ^c
Rata-rata	0,11±0,01 ^A	0,18±0,03 ^B	

Keterangan: Angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan terhadap pengaruh lama pemanasan; sedangkan angka yang diikuti huruf besar yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan antara perlakuan jenis bahan pangan.

Tingginya persentasi air pada minyak menyebabkan reaksi hidrolisis yaitu pecahnya molekul air menjadi kation hidrogen dan anion hidroksida menghasilkan reaksi asam-basa yang seimbang dengan komponen lemak mengakibatkan putusanya ikatan oksigen-karbon karbonil dan membentuk gliserol dan asam lemak bebas (Husain & Marzuki 2021). Tingginya kadar asam lemak bebas pada minyak goreng juga dipengaruhi karoten dan tokoferol karena mampu mencegah proses oksidasi lemak (Mulyati *et al.*, 2015).

Bilangan Iodin

Pengukuran bilangan iodin pada minyak goreng sawit menunjukkan ukuran kualitas mutu minyak goreng. Bilangan iodin menunjukkan tingkat ketidakjenuhan minyak. Semakin tinggi nilai bilangan iodin maka semakin tidak jenuh, sementara semakin rendah bilangan iodin maka semakin rendah derajat ketidakjenuhan minyak goreng (Pramitha *et al.*, 2023; Silalahi *et al.*, 2017). Berdasarkan Gambar 2, bilangan iodin menurun dengan bertambahnya waktu pemanasan. Bilangan iodin tertinggi ditemukan pada minyak goreng hasil penggorengan kerupuk udang selama 5 menit ($62,80 \text{ g I}_2/100 \text{ g}$) dan bilangan iodin terendah diperoleh pada minyak goreng hasil penggorengan ikan asin dengan pemanasan selama 15 menit ($60,85 \text{ g I}_2/100 \text{ g}$). Bilangan iodin berdasarkan SNI 01-0018:2006 minimal $56 \text{ g I}_2/100 \text{ g}$. Dengan demikian, bilangan iodin pada minyak goreng yang digunakan untuk menggoreng kerupuk udang dan ikan asin selama 5-15 menit memenuhi standar SNI 01-0018:2006.



Gambar 2. Pengaruh lama pemanasan dan jenis bahan pangan yang digoreng terhadap parameter bilangan iodin ($\text{g I}_2/100 \text{ g}$)

Lama pemanasan dan jenis bahan pangan yang digoreng berpengaruh signifikan terhadap perubahan bilangan iodin minyak goreng ($p < 0,05$). Namun, interaksi antara kedua faktor tersebut tidak berpengaruh signifikan terhadap perubahan bilangan iodin. Semakin lama proses pemanasan, bilangan iodin minyak goreng yang digunakan untuk menggoreng kerupuk dan ikan asin semakin menurun secara signifikan. Meskipun demikian, perlakuan jenis bahan pangan kerupuk udang dan ikan asin tidak menunjukkan perbedaan signifikan dalam nilai rata-rata bilangan iodin.

Hasil penelitian ini masih berada pada kisaran bilangan iodin minyak goreng kemasan yang diberikan perlakuan suhu pemanasan (59,32-62,94%) (Rismaya & Kurniawan 2023). Penelitian Manurung *et al.* (2018) menyatakan penurunan bilangan iodin dalam minyak goreng menunjukkan ikatan rangkap yang semakin berkurang akibat adanya reaksi oksidasi dimana terputusnya ikatan rangkap atau terjadinya hidrogenasi sehingga membentuk senyawa epoksi, aldehida, keton dan molekul lainnya. Banyaknya kandungan ikatan rangkap dalam minyak menyebabkan minyak semakin reaktif terhadap adanya oksigen dan mengakibatkan kestabilan minyak yang rendah pada suhu tertentu sehingga mudah mengalami reaksi oksidasi (Husain & Marzuki 2021). Reaksi oksidasi disebabkan terbentuknya radikal bebas selama penggorengan dan kecepatannya dipengaruhi oleh suhu, cahaya, kandungan logam serta senyawa yang bersifat oksidator dari bahan pangan yang digunakan (Rorong *et al.*, 2008). Proses penggorengan yang semakin lama menunjukkan penurunan bilangan iodin yang menandakan banyaknya ikatan rangkap yang terputus melalui degradasi hidroperoksida (Herlina *et al.*, 2017).

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan jenis bahan pangan yang digoreng yaitu kerupuk dan ikan asin dengan waktu pemasakan menunjukkan pengaruh signifikan terhadap penurunan kualitas minyak goreng yang digunakan. Sampel uji terdiri dari kerupuk udang sebagai bahan pangan non-hewani berbasis karbohidrat dan ikan asin sebagai bahan pangan hewani berbasis protein. Semakin lama proses pemasakan, parameter warna merah dan kuning, asam lemak bebas, serta kadar air minyak goreng meningkat, sementara bilangan iodin menurun. Penurunan kualitas minyak goreng, yang dilihat dari peningkatan parameter warna, kadar air,

kadar asam lemak bebas, dan penurunan bilangan iodin, terjadi lebih cepat pada bahan pangan ikan asin dibandingkan dengan kerupuk udang kecuali untuk bilangan iodin. Penggunaan minyak goreng yang berulang dapat menyebabkan penurunan mutu minyak maupun pangan yang dihasilkan, sehingga hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi masyarakat dan pelaku usaha dalam menerapkan batas aman penggunaan minyak goreng yang digunakan secara berulang.

DAFTAR PUSTAKA

- Aminah, S. (2010). Bilangan peroksida minyak goreng curah dan sifat organoleptik tempe pada pengulangan penggorengan. *Jurnal Pangan dan Gizi*, 1(1), 7–14. <https://doi.org/10.26714/jpg.1.1.2010.%25p>
- Andriani, D.P., Rizky, D.A., & Setiaji, U. (2017). Pengendalian kualitas kadar air produk kerupuk udang berbasis SNI menggunakan *statistical quality control method*. *Seminar dan Konferensi Nasional IEDC, Mei*, 98–107.
- Astuti, T.D. (2019). Pengaruh penggorengan berulang terhadap kualitas minyak goreng. *Borneo Journal of Medical Laboratory Technology*, 1(2), 62–66. <https://doi.org/10.33084/bjmlt.v1i2.713>
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 7709:2019: Minyak Goreng Sawit. In *Badan Standardisasi Nasional*.
- Baig, A., Zubair, M., Sumrra, S.H., Nazar, M.F., Zafar, M.N., Jabeen, K., Hassan, M.B., & Rashid, U. (2022). Heating effect on quality characteristics of mixed canola cooking oils. *BMC Chemistry*, 16(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s13065-022-00796-z>
- Burhan, A.H., Rini, Y.P., Faramudika, E., & Widiastuti, R. (2018). Penetapan angka peroksida minyak goreng curah sawit pada penggorengan berulang ikan lele. *Jurnal Pendidikan Sains (JPS)*, 6(2), 48–53. <https://doi.org/10.26714/jps.6.2.2018.48-53>
- Destiana, I.D., & Safitri, L.S. (2023). Comparative study of chemical quality and sensory attributes of top brand cooking oils in Indonesia. *E3S Web of Conferences*, 373(80), 04016. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337304016>
- Elaine, E., Fong, E.L., Pui, L.P., Goh, K.M., & Nyam, K.L. (2022). The frying stability comparison of refined palm oil, canola oil, corn oil, groundnut oil, and sunflower oil during intermittent frying of french fries. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 17, 518–526. <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01646-1>
- Fanani, N., & Ningsih, E. (2018). Analisis kualitas minyak goreng habis pakai yang digunakan oleh pedagang penyetan didaerah Rungkut Surabaya ditinjau dari kadar air dan kadar asam lemak bebas (ALB). *Jurnal Iptek Media Komunikasi Teknologi*, 2(2), 59–66. <https://doi.org/10.31284/j.ipitek.2018.v22i2>
- Gumay, O.P.U., Eviani, & Syahli, R.O. (2015). Pengaruh jenis bahan dan penggorengan berulang terhadap perubahan kualitas minyak. *Jurnal Prespektif Pendidikan*, 9(1), 59–66.
- Herlina, H., Astryaningsih, E., Windrati, W.S., & Nurhayati, N. (2017). Tingkat kerusakan minyak kelapa selama penggorengan vakum berulang pada pembuatan ripe banana chips (RBC). *Jurnal Agroteknologi*, 11(02), 186–193. <https://doi.org/10.19184/j-agt.v11i02.6527>
- Husain, F., & Marzuki, I. (2021). Pengaruh temperatur penyimpanan terhadap mutu dan kualitas minyak goreng kelapa sawit. *Jurnal Serambi Engineering*, 6(4), 2270–2278. <https://doi.org/10.32672/jse.v6i4.3470>
- Hutapea, H.P., Sembiring, Y.S., & Ahmadi, P. (2021). Uji kualitas minyak goreng curah yang dijual di pasar tradisional Surakarta dengan penentuan kadar air, bilangan asam dan bilangan peroksida. *QUIMICA: Jurnal Kimia Sains Dan Terapan*, 3(1), 6–11. <https://doi.org/10.33059/jq.v3i1.3311>
- Ismail, N.H., Ahmad Tarmizi, A.H., Mohd Hassim, N.A., Kanagaratnam, S., & Mat Dian, N.L.H. (2021). Frying oil quality in fast food restaurants in east coast of Malaysia: A preliminary survey. *Journal of Oil Palm Research*, 33(1), 129–139. <https://doi.org/10.21894/jopr.2020.0071>
- Kapoh, M.S.S.C.L., Dewi, J., Wibawa, A.S., Sipahutar, Y.H., & Sirait, J. (2022). Penambahan kadar garam terhadap mutu sensori, kadar air, dan kadar garam produk terpilih ikan asin cakalang (*Katsuwonus pelamis*). *Prosiding Simposium Nasional IX Kelautan Dan Perikanan*, 85–92.
- Khoirunnisa, Z., Wardana, A.S., & Rauf, R. (2019). Angka asam dan peroksida minyak jelantah dari penggorengan lele secara berulang. *Jurnal Kesehatan*, 12(2), 81–90. <https://doi.org/10.23917/jk.v12i2.9764>
- Manurung, M., Suaniti, N., & Putra, K.G. (2018). Perubahan kualitas minyak goreng akibat

- lamanya pemanasan. *Jurnal Kimia*, 12(1), 59–64.
<https://doi.org/10.24843/jchem.2018.v12.i01.p11>
- Mardiah, Pertiwi, S.R.R., & Marwana, D. (2019). Analisis mutu minyak goreng dengan pengulangan penggorengan. *Jurnal Ilmiah Pangan Halal*, 1(1), 1–8.
- Mulyati, T.A., Pujiono, F.E., & Prima, A.L. (2015). Pengaruh lama pemanasan terhadap kualitas minyak goreng kemasan kelapa sawit. *Jurnal Wiyata Penelitian Sains Dan Kesehatan*, 2(2), 162–167.
- Nasution, F.A., Sitoayu, L., & Ronitawati, P. (2018). Pengetahuan, sikap dan penggunaan minyak goreng pada pedagang di sekitar Universitas Esa Unggul. *Jurnal Sains Kesehatan*, 25(1), 1–8.
- Nurhasnawati, H., Supriningrum, R., & Caesariana, N. (2015). Penetapan kadar asam lemak bebas dan bilangan peroksida pada minyak goreng yang digunakan pedagang gorengan di Jl. A.W Sjahrane Samarinda. *Jurnal Ilmiah Manuntung*, 1(1), 25–30.
<https://doi.org/10.51352/jim.v1i1.7>
- Phiri, G., Mumba, P., & Mangwera, A. (2006). The quality of cooking oil used in informal food processing in Malawi: A preliminary study. *International Journal of Consumer Studies*, 30(6), 527–532.
<https://doi.org/10.1111/j.1470-6431.2006.00513.x>
- Pramitha, D.A.I., Suantari, P.A., Gmelina, P.D., Suradnyana, I.G.M., & Yuda, P.E.S.K. (2022). Kualitas minyak oles yang diproduksi dari *virgin coconut oil* (VCO) dan bunga cengkeh dengan variasi suhu pemanasan. *Jurnal Kimia*, 16(2), 149–161.
<https://doi.org/10.24843/jchem.2022.v16.i02.p04>
- Pramitha, I.A.D., Samidya, R.W.N., Sukriani, L.D., Sasadara, V.M.M., & Wibawa, C.A.A. (2023). Kualitas minyak urut kombinasi VCO dan cabai Jawa (*Piper retrofractum* Vahl.) dengan variasi suhu pemanasan pada proses digesti. *Jurnal Ilmiah Medicamento*, 9(1), 1–8.
- Rismaya, R., & Kurniawan, A.D. (2023). Pengaruh suhu pemanasan terhadap *free fatty acid* dan *iodine value*. *Jurnal Sains dan Teknologi Pangan*, 8(2), 6007–6015.
<http://dx.doi.org/10.33772/jstp.v8i2>
- Rorong, J., Aritonang, H.F., & Ranti, F.P. (2008). Sintesis metil ester asam lemak dari minyak kelapa hasil pemanasan. *Chemistry Progress* 1(1), 9–18.
<https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/chemp rog/article/view/20>
- Silalahi, R.R.L., Sari, D.P., & Dewi, I.A. (2017). Testing of free fatty acid (FFA) and colour for controlling the quality of cooking oil produced by PT. XYZ. *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, 6(1), 41–50.
<https://doi.org/10.21776/ub.industria.2017.006.01.6>
- Suroso, A. S. (2013). Kualitas minyak goreng habis pakai ditinjau dari bilangan peroksida, bilangan asam dan kadar air. *Jurnal Kefarmasian Indonesia*, 3(2), 77–88.
- Tarigan, J., & Simatupang, D.F. (2019). Uji kualitas minyak goreng bekas pakai dengan penentuan bilangan asam, bilangan peroksida dan kadar air. *Regional Development Industry & Health Science, Technology and Art of Life*, 2(1), 6–10.
- Tarmizi, A.H.A., Ismail, R., & Kuntom, A. (2016). Effect of frying on the palm oil quality attributes-A review. *Journal of Oil Palm Research*, 28(2), 143–153.
<https://doi.org/10.21894/jopr.2016.2802.01>
- Taufik, M., & Atma, Y. (2021). Perubahan karakteristik fisikokimia minyak selama penggorengan dengan metode *deep fat frying*: Kajian literatur. *Agrointek : Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 15(3), 964–975.
<https://doi.org/10.21107/agrointek.v15i3.10436>
- Taufik, M., & Seftiono, H. (2018). Karakteristik fisik dan kimia minyak goreng sawit hasil proses penggorengan dengan metode *deep-fat frying*. *Jurnal Teknologi*, 10(2), 123–130.
<https://doi.org/10.24853/jurtek.10.2.123-130>
- Ulfindrayani, I.F., & A'yuni, Q. (2018). Penentuan kadar asam lemak bebas dan kadar air pada minyak goreng yang digunakan oleh pedagang gorengan di jalan Manyar Sabrangan, Mulyorejo, Surabaya. *Journal of Pharmacy and Science*, 3(2), 17–22.
<https://doi.org/10.53342/pharmasci.v3i2.111>
- Untari, B., Miksusanti, & Ainna, A. (2020). Penentuan kadar asam lemak bebas dan kandungan jenis asam lemak dalam minyak yang dipanaskan dengan metode titrasi asam basa dan kromatografi gas. *Jurnal Ilmiah Bakti Farmasi*, 5(1), 1–10.
- Valantina, S.R. (2021). Measurement of dielectric constant: A recent trend in quality analysis of vegetable oil - A review. *Trends in Food Science and Technology*, 113(May), 1–11.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.04.026>
- Wiege, B., Fehling, E., Matthäus, B., & Schmidt, M.

- (2020). Changes in physical and chemical properties of thermally and oxidatively degraded sunflower oil and palm fat. *Foods*, 9(9). <https://doi.org/10.3390/foods9091273>
- Winarni, Sunarto, W., & Mantini, S. (2010). Penetralan dan adsorpsi minyak goreng bekas menjadi minyak goreng layak konsumsi. *Sainteknologi: Jurnal Sains dan Teknologi*, 8(1), 46-56.
- Yuarini, D.A.A., Putra, G.P.G., Wrasati, L.P., & Wiranatha, A.A.P.A.S. (2018). Karakteristik minyak goreng bekas yang dihasilkan di Kota Denpasar. *Media Ilmiah Teknologi Pangan*, 5(1), 49-55.

Copyright © The Author(s)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)