



Mutu dan Profil Asam Lemak Minyak Kelapa dari Penggunaan Inokulum Tempe pada Tahap Ekstraksi

[Quality and Fatty Acid Profile of Coconut Oil Produced Using Tempeh Inoculum at the Extraction Stage]

Karseno*, Khumairoh Asy Syifa, dan Pepita Haryanti

Program Studi Ilmu Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Indonesia

Received December 10th 2024 / Revised May 15th 2025 / Accepted June 10th 2025

ABSTRACT

Coconut oil is one of the popular vegetable oils and the product is made through physical, chemical, and enzymatic extraction of coconut flesh. In this study, coconut oil was obtained by physical and enzymatic procedure. The purpose of this study was to determine the effect of physical extraction time (5, 10, and 15 min) and tempe inoculum concentration (1, 3, and 5% w/v) on the quality and fatty acid profiles of the coconut oil. Sample analyses included peroxide, free fatty acids, moisture, viscosity, total insoluble solids, and fatty acid profile of the selected sample. The results showed that both treatments showed a considerable impact on the quality of coconut oil. The extraction time of 15 min and a tempe inoculum concentration of 1% yielded the most desirable coconut oil, with peroxide levels of 1 meq/kg, free fatty acid levels of 0.12%, a moisture content of 16%, and a viscosity of 47.70 mPa.s. In terms of fatty acids, it contains 0.50% caproic acid, 8.42% caprylic acid, 7.53% decanoic acid, 39.01% lauric acid, 18.83% myristic acid, 10.70% palmitic acid, 11.99% oleic acid, 2.76% linoleic acid, 0.13% gondoic acid, and 0.14% pentadecanoic acid. Considering its components, it is found that they comply with the standard of SNI 2902-2011. Moreover, GC-MS data revealed the very first reported fatty acid in coconut oil, which is pentadecanoic acid. The lowest peroxide value was 1 mg ek/kg, obtained at extraction time of 15 min. With the presence of pentadecanoic acid and low peroxide value, the coconut oil is much more stable against oxidation, opening broader industrial uses including soap, detergent, cosmetics and other chemical products.

Keywords: coconut oil, fatty acid profile, extraction, fermentation, tempeh inoculum

ABSTRAK

Minyak kelapa adalah minyak nabati yang diperoleh dengan mengekstrak daging buah kelapa. Ekstraksi dapat dilakukan secara fisik, kimia, dan fermentasi. Pada penelitian ini, ekstraksi minyak kelapa dilakukan secara fisik dan enzimatis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lama ekstraksi fisik dan konsentrasi inokulum tempe pada santan kelapa terhadap mutu dan profil asam lemak minyak kelapa. Perlakuan penelitian terdiri dari lama ekstraksi yaitu 5, 10, dan 15 menit dan konsentrasi inokulum tempe 1, 3, dan 5% (b/v). Parameter yang diamati adalah kadar peroksida, asam lemak bebas, kadar air, viskositas, total padatan tidak terlarut minyak kelapa, dan profil asam lemak pada perlakuan terbaik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan lama ekstraksi dan konsentrasi inokulum tempe yang berbeda menghasilkan mutu minyak kelapa yang berbeda. Lama ekstraksi 15 menit dan konsentrasi inokulum tempe 1% menghasilkan minyak kelapa dengan mutu terbaik dengan karakteristik yaitu angka peroksida 1 meq/kg, asam lemak bebas 0,12%, kadar air 0,16%, dan viskositas 47,70 mPa.s. Hasil kromatogram profil asam lemak minyak kelapa pada perlakuan tersebut menunjukkan asam kaproat 0,50%, asam kaprilat 8,42%, asam dekanat 7,53%, asam laurat 39,01%, asam miristat 18,83%, asam palmitat 10,70%, asam oleat 11,99%, asam linoleat 2,76%, asam gondoat 0,13% dan asam pentadekanoat 0,14%. Mutu minyak kelapa yang dihasilkan sudah sesuai dengan SNI minyak kelapa nomor 2902-2011. Pada pengujian minyak kelapa menggunakan GC-MS ditemukan satu asam lemak baru yang belum pernah ditemukan pada pengujian minyak kelapa sebelumnya, yaitu asam pentadekanoat. Nilai peroksida terendah diperoleh pada perlakuan 15 menit ekstraksi sebesar 1 mg ek/kg. Potensi aplikasi dengan ditemukannya asam pentadekanoat dan rendahnya peroksida pada minyak kelapa yaitu minyak kelapa jauh lebih stabil terhadap oksidasi, banyak digunakan untuk keperluan industri sabun, deterjen, kosmetik, dan produk kimia lainnya.

Kata kunci: ekstraksi, fermentasi, inokulum tempe, minyak kelapa, profil asam lemak

*Penulis korespondensi: E-mail: karseno@unsoed.ac.id

PENDAHULUAN

Minyak kelapa adalah minyak nabati yang diperoleh dengan mengekstrak daging buah kelapa. Minyak kelapa banyak digunakan sebagai tambahan suplemen karena mempunyai nutrisi yang bermanfaat bagi kesehatan tubuh manusia (Illam *et al.*, 2017). Pembuatan minyak kelapa dilakukan dengan dua cara yaitu proses ekstraksi panas yang menggunakan suhu pemanasan dan proses ekstraksi dingin dengan memecahkan emulsi tanpa pemanasan seperti melalui fermentasi, sentrifugasi, dan pencairan (Agarwal dan Bosco, 2017). Pembuatan minyak kelapa umumnya dilakukan dengan menggunakan salah satu dari metode tersebut. Pembuatan minyak kelapa dengan menggabungkan dua metode relatif masih jarang. Pembuatan minyak kelapa pada penelitian ini menggabungkan antara metode ekstraksi fisik dan fermentasi. Proses ekstraksi fisik dilakukan menggunakan bantuan alat *mixer* yang diputar pada kecepatan tertentu dan dapat memisahkan ikatan lemak dan protein pada santan (Pranata *et al.*, 2021).

Metode pembuatan minyak kelapa dengan cara fermentasi memiliki keunggulan yaitu proses yang dilakukan relatif singkat, biaya tidak terlalu tinggi, serta peralatan lebih sederhana. Produk minyak kelapa hasil metode fermentasi biasanya memiliki umur simpan yang lama, aroma yang harum, dan warna yang jernih. Pembuatan minyak kelapa dengan metode fermentasi dapat menggunakan inokulum seperti inokulum tempe. Jenis yang paling umum digunakan pada proses fermentasi dalam pembuatan minyak kelapa salah satunya adalah inokulum tempe (Rahmalia dan Kusumayanti, 2021). Inokulum tempe mengandung *Rhizopus oligosporus* yang dapat menghasilkan enzim protease. Enzim protease akan mendegradasi protein yang melapisi emulsi pada santan, sehingga santan akan kehilangan sifat aktif di permukaan kemudian lapisan protein akan pecah dan terbentuk minyak (Mujdalipah, 2016). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lama ekstraksi dan konsentrasi inokulum tempe pada pembuatan minyak kelapa terhadap mutu dan profil asam lemaknya.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan baku pada penelitian ini adalah buah kelapa tua (umur petik 11–13 bulan) yang diperoleh dari petani di wilayah Banyumas, Jawa Tengah, inokulum tempe (merk Raprima) diperoleh dari pasar di Purwokerto, aquades, amilum, asam asetat glasial (Merck, Jerman), kloroform (Merck, Jerman), kalium iodida (Merck, Jerman), natrium tiosulfat (Merck, Jerman), etanol (Merck, Jerman), indikator PP, dan NaOH (Merck, Jerman).

Rancangan percobaan

Penelitian dilakukan secara eksperimental menggunakan rancangan acak kelompok dan dua faktor (perlakuan) yaitu lama ekstraksi (5, 10, dan 15 menit) dan konsentrasi ragi tempe (1, 3, dan 5%). Kedua perlakuan dikombinasikan secara lengkap sehingga diperoleh 9 kombinasi perlakuan. Masing-masing kombinasi perlakuan diulang tiga kali sehingga diperoleh 27 unit percobaan.

Ekstraksi santan

Metode ekstraksi santan yang digunakan mengacu kepada penelitian Moehady dan Hidayatulloh (2020). Kelapa tua yang sudah diparut ditambahkan air bersuhu 40 °C (rasio 1:1), kemudian kelapa parut diremas-remas sehingga santannya keluar lalu disaring. Santan kemudian diekstraksi menggunakan *mixer* (Philips Cucina Hr 1538, RRC) dengan kecepatan 300 rpm selama 5, 10, dan 15 menit. Penggunaan metode ekstraksi dengan menggunakan *mixer* pada santan bertujuan untuk memecah kestabilan emulsi, kestabilan emulsi pada santan dapat pecah karena pada santan terdapat lapisan protein yang menyelubungi minyak seperti globulin, albumin, serta fosfolipida (Nour *et al.*, 2009). Proses menghasilkan minyak dengan ekstraksi ini dilakukan dengan cara diputar dengan kecepatan tertentu sehingga ikatan lemak sekaligus protein pada santan dapat dengan mudah dipisahkan (Karaow *et al.*, 2014). Selanjutnya santan ditambahkan inokulum tempe dengan konsentrasi ragi 1, 3, dan 5% (b/v) dan diinkubasi selama 24 jam pada suhu ruang (± 28 °C). Hasil fermentasi akan membentuk tiga lapisan yaitu krim, skim, dan air. Bagian krim dipisahkan dari skim dan air, selanjutnya krim santan dipanaskan dengan suhu 40 °C selama 30 menit hingga terbentuk minyak kelapa dan blondo. Minyak kelapa dipisahkan dengan cara disaring menggunakan kertas Whatman no 1442–125 mm. Minyak kelapa dikemas dan disimpan untuk dianalisis lebih lanjut.

Pengukuran bilangan peroksida

Sebanyak 5 g minyak kelapa dimasukkan ke dalam erlenmeyer, ditambahkan 50 mL larutan asam asetat-isooktan (3:2 v/v), dan dikocok hingga menjadi homogen. Setelah minyak larut, ditambahkan 0,5 mL larutan kalium iodida jenuh sambil terus dikocok selama 1 menit. Selanjutnya ditambahkan 30 mL aquades, dikocok dan dititrasikan dengan larutan natrium tiosulfat 0,1 hingga warna kuning hilang. Sebanyak 0,5 mL indikator amilum ditambahkan dan dilanjutkan titrasi sampai warna biru hilang, kemudian dihitung bilangan peroksida (BSN, 2013).

Pengukuran asam lemak bebas

Sebanyak 5 g minyak kelapa dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer, ditambahkan 50 mL etanol 95%. Kemudian ditambahkan 3 tetes indikator

phenolphthalein (PP) dan dititrasi dengan NaOH 0,1 N sampai muncul warna merah muda yang tidak hilang selama 15 detik. Selanjutnya dihitung kadar asam lemak bebasnya (BSN, 2011).

Pengukuran kadar air

Sampel minyak ditimbang sebanyak ± 5 g dan dimasukkan pada cawan. Cawan berisi sampel minyak dipanaskan di dalam oven (Mettler, Jerman) selama 3–4 jam pada suhu 130 °C. Selanjutnya cawan segera dimasukkan ke dalam desikator dan didinginkan selama 20–30 menit sehingga suhunya sama dengan suhu ruang (± 28 °C) kemudian ditimbang dan persentase kadar air ditentukan (BSN, 2013).

Pengukuran viskositas

Pengujian viskositas menggunakan viskometer (Brookfield Viscometer NDJ-8S, RRC) yang merupakan viskometer digital untuk mengukur kekentalan pada zat cair. Viskometer ini dioperasikan dengan cara otomatis pada pengaturan putaran rotor. Sebanyak 25 mL sampel minyak kelapa dituang ke dalam tabung gelas, kemudian diletakkan pada alat viskometer NDJ-8S dan disetting pada rotor 1 dengan kecepatan gear 30 rpm dan ditunggu selama 3 menit. Hasil viskositas minyak kelapa ditampilkan pada layar (Yusibani *et al.*, 2017).

Pengukuran total suspended solids (TSS)

Kertas saring Whatman yang sudah diketahui beratnya, diletakkan pada corong di atas Erlenmeyer dan dibilas menggunakan 5 mL aquades. Sebanyak 5 mL sampel minyak kelapa dituang dan disaring. Selanjutnya kertas *whatman* dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 105 °C selama 1 jam. Sampel kemudian didinginkan dalam desikator. Kertas saring dan residu kemudian ditimbang dan dicatat hasilnya, dan dihitung kadar TSSnya (BSN, 2013).

Pengukuran profil asam lemak

Profil asam lemak minyak kelapa perlakuan terbaik diukur menggunakan GCMS-QP2010 SE (Shimadzu, Jepang), kolom kapiler CP-SIL-88 CP-SIL 88 dengan dimensi kolom diameter internal 0,1–0,25 mm dan panjang 10–30 m, dengan ketebalan film 0,25–0,50 μ m, gas pembawa helium (He), detector FID, suhu injektor dan detektor 250 °C, suhu kolom awal yaitu 65 °C lalu diprogram menjadi 200 °C dengan kenaikan suhu 8 °C per menit (Al-Hamid *et al.*, 2019). Sampel minyak kelapa yang digunakan ada dua sampel, yaitu minyak kelapa kontrol dan minyak kelapa yang dibuat dengan ekstraksi dan inokulum tempe. Sampel yang akan diinjeksi ke dalam GC-MS harus terlebih dahulu diberi perlakuan, yaitu ekstraksi menggunakan pelarut yang sesuai, kemudian diesterifikasi untuk mengubah asam lemak menjadi ester metil yang lebih mudah untuk me-

ngauap. Sampel minyak selanjutnya diencerkan dengan pelarut organik, disaring untuk menghilangkan partikel padat yang ikut terbawa saat proses esterifikasi, kemudian diinjeksikan ke dalam GC-MS.

Analisis data

Data hasil penelitian perlakuan mandiri dan kombinasi dianalisis statistik menggunakan uji ragam (ANOVA). Apabila perlakuan berpengaruh nyata, maka diuji lanjut menggunakan DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*) pada taraf kepercayaan 5% untuk membandingkan perbedaan antar perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bilangan peroksida minyak kelapa

Bilangan peroksida merupakan nilai yang dapat digunakan untuk menentukan kerusakan yang terjadi pada minyak yang disebabkan oleh asam lemak tidak jenuh yang mengikat oksigen pada ikatan rangkap (Oktaviani, 2010). Berdasarkan Tabel 1 nilai peroksida minyak kelapa dipengaruhi oleh lama ekstraksi. Proses pengadukan dengan *mixer* dapat memungkinkan terjadinya reaksi oksidasi (Asy'ari dan Cahyono, 2006). Nilai peroksida terendah diperoleh pada perlakuan 15 menit ekstraksi sebesar 1 meq/kg. Semakin rendah bilangan peroksida maka kualitas minyak semakin baik (Maradesa *et al.*, 2014; Hermiati *et al.*, 2013). Semakin cepat dan lama ekstraksi (pengadukan) maka kontak antara *solvent* dengan *solute* menjadi lebih sering terjadi, menyebabkan campuran menjadi lebih homogen sehingga nilai peroksidanya menjadi rendah (Anie dan Dwi, 2009).

Tabel 2 menunjukkan bahwa penambahan inokulum tempe berpengaruh terhadap angka peroksida minyak kelapa. Penambahan inokulum tempe 1, 3, dan 5% menghasilkan minyak kelapa dengan angka peroksida 1–1,15 meq/kg. Penambahan inokulum tempe 1% menghasilkan bilangan peroksida yang lebih rendah dari penambahan inokulum tempe 3% dan 5%. Semakin banyak inokulum tempe yang digunakan pada proses fermentasi maka akan semakin banyak pula enzim lipase yang bekerja menghidrolisis trigliserol menjadi asam lemak bebas, yang kemudian dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi oleh kapang *Rhizopus* sp. Proses ini akan meningkatkan kadar asam lemak bebas pada minyak kelapa yang akan dengan mudah rentan terhadap oksidasi dan membentuk peroksida (Patty, 2015). Angka peroksida berkaitan dengan ketengikan pada minyak, karena berhubungan dengan penurunan kualitas dan masa penyimpanan minyak (Pangestuti dan Rohmawati, 2018). Kecilnya angka peroksida pada penelitian ini kemungkinan karena produk masih baru sehingga belum banyak mengalami oksidasi. Proses oksidasi bisa terjadi apabila oksigen dan minyak

mengalami kontak langsung yang menyebabkan minyak kelapa mengalami ketengikan oksidatif (Oktaviani, 2010). Pada proses ini molekul oksigen akan terikat pada ikatan rangkap dari asam-asam lemak tidak jenuh sehingga membentuk peroksida. Selain itu penyebab kecilnya atau tidak terdeteksinya angka peroksida disebabkan karena pembuatan minyak kelapa terhindar dari faktor-faktor yang menyebabkan reaksi oksidasi, seperti cahaya, energi panas, dan katalis logam (Winarno, 2004).

Gambar 1 menunjukkan bahwa kombinasi lama ekstraksi dan konsentrasi inokulum tempe berpengaruh terhadap angka peroksida minyak kelapa. Minyak kelapa hasil ekstraksi 15 menit dan konsentrasi inokulum tempe 1, 3, dan 5% menghasilkan nilai perok-

sida yang tidak berbeda (1 meq/kg), namun berbeda dengan perlakuan ekstraksi 5 menit dan konsentrasi inokulum tempe 3 dan 5% dengan bilangan peroksida sebesar 1,13 meq/kg. Penambahan inokulum tempe 3 dan 5% menghasilkan bilangan peroksida yang lebih tinggi dari penambahan inokulum 1% yaitu 1,13 meq/kg, semakin tinggi konsentrasi inokulum tempe terlihat semakin tinggi juga bilangan asam. Hal ini dikarenakan minyak terhidrolisis oleh enzim yang dikeluarkan oleh mikroorganisme menjadi asam-asam lemak, gliserol, air, dan energi (Fatimah, 2021). Terbentuknya asam lemak bebas terjadi oleh reaksi hidrolisis yang dapat dipercepat dengan adanya kandungan air pada bahan (Sumitro, 2006).

Tabel 1. Karakteristik mutu minyak kelapa pada variasi lama ekstraksi

Table 1. Quality characteristic of coconut oil at various extraction time

Karakteristik Mutu Minyak Kelapa (Quality Characteristic of Coconut Oil)	Lama Ekstraksi (menit) (Extraction Time (min))			SNI Minyak Kelapa 738:2008 (SNI Coconut Oil 738:2008)
	5	10	15	
Peroksida (meq/kg) (Peroxide (meq/kg))	0.18 ^b ±0.005	1.10 ^b ±0.05	1.00 ^a ±0.05	Max 2 meq/kg
Asam lemak bebas (%) (Free fatty acid (%))	0.13 ^a ±0.005	0.16 ^b ±0.005	0.14 ^{ab} ±0.005	Max 5%
Kadar air (%) (Moisture content (%))	0.24 ^b ±0.005	0.24 ^b ±0.005	0.18 ^a ±0.005	Max 0.5%
Total padatan tidak terlarut (%) (Total suspended solids (%))	0.30 ^b ±0.005	0.27 ^b ±0.005	0.12 ^a ±0.005	Max 0.5%
Viskositas (mPa.s) (Viscosity (mPa.s))	45.62 ^a ±0.005	44.89 ^a ±0.005	45.01 ^a ±0.005	-

Keterangan: Data merupakan hasil rata-rata dari tiga ulangan dengan standar deviasinya. Nilai yang diikuti notasi huruf yang sama pada setiap baris menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut Duncan ($p < 0,05$) setelah dilakukan analisis ragam (ANOVA)

Note: The value is mean of three replications with standard deviation. Values followed by the same letter notation on the same line indicate no significant difference based on Duncan's multiple comparison test ($p < 0.05$) after conducting an analysis of variance (ANOVA)

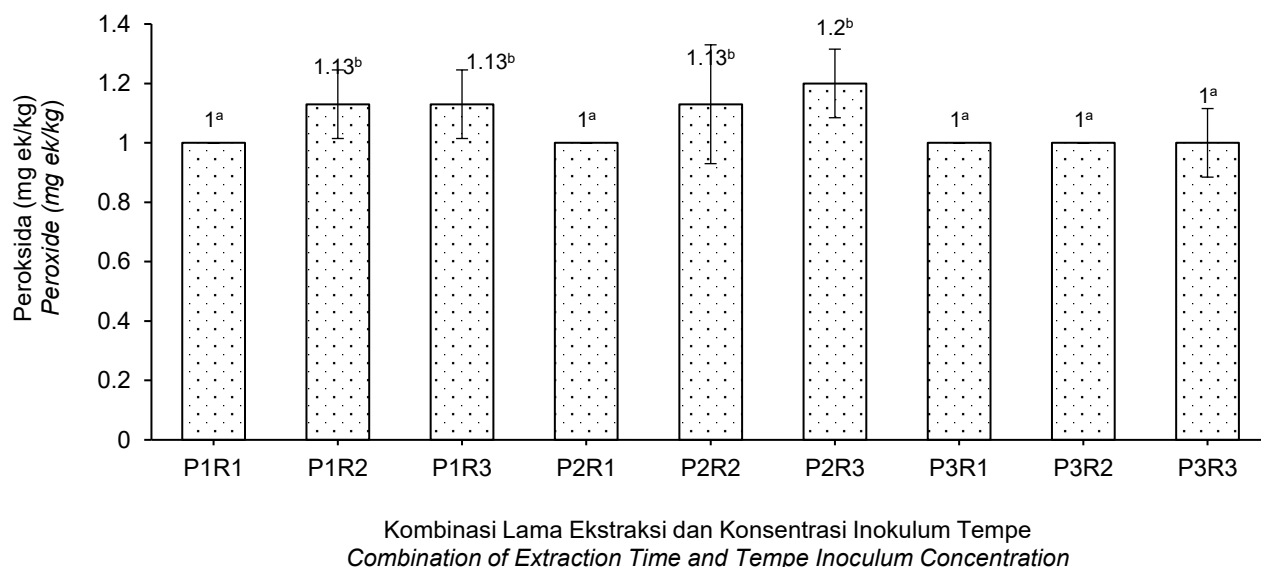
Tabel 2. Karakteristik mutu minyak kelapa pada variasi konsentrasi inokulum tempe

Table 2. Quality characteristic of coconut oil at various tempeh inoculum concentration

Karakteristik Mutu Minyak Kelapa (Quality Characteristic of Coconut Oil)	Konsentrasi Inokulum Tempe (%) (Tempe Inoculum Concentration (%))			SNI Minyak Kelapa 738:2008 (SNI Coconut Oil 738:2008)
	5	10	15	
Peroksida (meq/kg) (Peroxide (meq/kg))	1.00 ^a ±0.05	1.08 ^b ±0.005	1.10 ^b ±0.05	Max 2 meq/kg
Asam lemak bebas (%) (Free fatty acid (%))	0.15 ^a ±0.05	0.17 ^a ±0.005	0.16 ^a ±0.004	Max 5%
Kadar air (%) (Moisture content (%))	0.20 ^a ±0.005	0.25 ^b ±0.005	0.22 ^{ab} ±0.005	Max 0.5%
Total padatan tidak terlarut (%) (Total suspended solids (%))	0.24 ^a ±0.005	0.26 ^a ±0.005	0.27 ^a ±0.005	Max 0.5%
Viskositas (mPa.s) (Viscosity (mPa.s))	46.15 ^a ±0.005	44.62 ^a ±0.005	44.74 ^a ±0.005	-

Keterangan: Data merupakan hasil rata-rata dari tiga ulangan dengan standar deviasinya. Nilai yang diikuti notasi huruf yang sama pada setiap baris menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut Duncan ($p < 0,05$) setelah dilakukan analisis ragam (ANOVA)

Note: The value is mean of three replications with standard deviation. Values followed by the same letter notation on the same line indicate no significant difference based on Duncan's multiple comparison test ($p < 0.05$) after conducting an analysis of variance (ANOVA)



Keterangan: P1= lama ekstraksi 5 menit, P2= lama ekstraksi 10 menit, P3= lama ekstraksi 15 menit, R1= konsentrasi ragi tempe 1%, R2= konsentrasi ragi tempe 3%, R3= konsentrasi ragi tempe 5%. Data merupakan hasil rata-rata dari tiga ulangan dengan standar deviasinya. Nilai yang diikuti notasi huruf yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut Duncan ($p < 0.05$) setelah dilakukan analisis ragam (ANOVA)

Note: P1= 5 min extraction time, P2= 10 min extraction time, P3= 15 min extraction time, R1= 1% Tempeh inoculum concentration, R2= 3% Tempeh inoculum concentration, R3= 5% Tempeh inoculum concentration. The value is mean of three replications with standard deviation. Values followed by the same letter notation indicate no significant difference based on Duncan's multiple comparison test ($p < 0.05$) after conducting an analysis of variance (ANOVA)

Gambar 1. Kadar peroksida minyak kelapa pada variasi kombinasi lama ekstraksi dan konsentrasi inokulum tempe

Figure 1. Peroxide value of coconut oil at various combination of extraction time and tempeh inoculum concentration

Hasil penelitian ini menegaskan bahwa semakin banyak inokulum yang ditambahkan saat proses fermentasi minyak kelapa memicu terjadinya peningkatan kadar asam lemak bebas yang terlihat dari peningkatan bilangan asam. Oleh karena itu semakin banyak konsentrasi inokulum tempe maka akan semakin banyak asam-asam lemak yang terbentuk dan bilangan asam yang diperoleh semakin meningkat jumlahnya (Wiadnya *et al.*, 2020).

Semakin rendah bilangan peroksida yang didapatkan maka kualitas minyak semakin baik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan peroksida minyak kelapa pada semua perlakuan tergolong cukup rendah (1 meq/kg) dengan kualitas yang baik dan telah memenuhi syarat SNI 738:2008 mengenai batas maksimal asam lemak bebas pada minyak kelapa yaitu maksimal 2 meq/kg.

Penambahan inokulum tempe 1% menghasilkan bilangan peroksida yang rendah dibandingkan minyak kelapa komersial yang ada di pasaran dan beberapa hasil penelitian. Bilangan peroksida minyak goreng pada pedagang gorengan di wilayah Kecamatan Tembalang Kota Semarang sebesar 9,59 meqO₂/kg (Pangestuti dan Rohmawati, 2018), pada beberapa minyak kelapa klentik sebesar 1,007–1,467

meq/kg (Ati *et al.*, 2020), dan minyak kelapa dengan perlakuan tanpa pemanasan sebesar 4,3 meq/kg (Oktaviana *et al.*, 2025).

Asam lemak bebas minyak kelapa

Asam lemak bebas merupakan salah satu indikator yang digunakan untuk mengukur kualitas minyak. Tingginya kadar asam lemak bebas pada minyak kelapa menunjukkan kualitas minyak kelapa yang kurang baik dan tidak memenuhi standar. Terjadinya kerusakan pada minyak kelapa ditandai dengan aroma dan warna pada minyak yang tidak normal. Asam lemak bebas terjadi karena reaksi hidrolisis minyak dengan air, enzim, ataupun mikroorganisme (Anwar dan Salima, 2016).

Berdasarkan Tabel 1, asam lemak bebas terendah dihasilkan dari lama ekstraksi 5 menit. Nilai asam lemak bebas yang rendah menunjukkan bahwa minyak kelapa yang dihasilkan belum mengalami hidrolisis (Pranata *et al.*, 2020). Hasil pengujian asam lemak bebas (FFA) minyak kelapa ini telah sesuai ketentuan SNI 2902-2011 yaitu maksimal 5%, menunjukkan minyak yang dihasilkan memiliki kualitas dan kondisi yang baik.

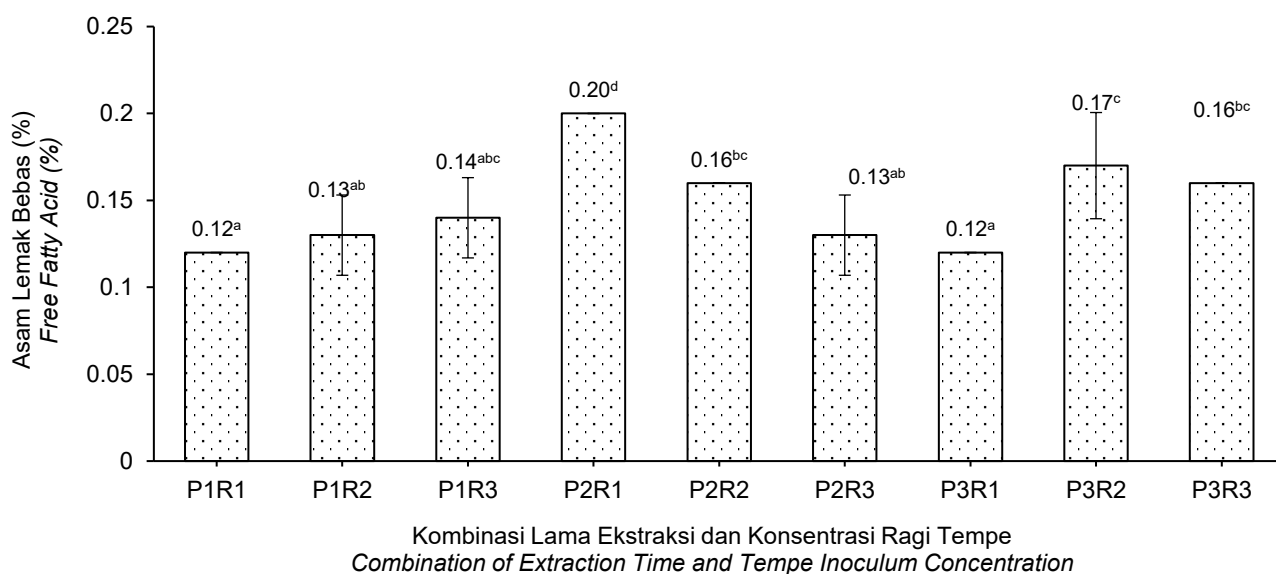
Penambahan inokulum tempe tidak berpengaruh terhadap asam lemak bebas minyak kelapa yang dihasilkan. Proses hidrolisis terjadi saat proses fermentasi santan berlangsung dan meningkatkan kadar asam lemak bebas minyak kelapa (Asrawaty *et al.*, 2020). Semakin tinggi konsentrasi inokulum tempe yang diberikan maka semakin banyak asam-asam yang terbentuk sehingga mengakibatkan bilangan asam semakin tinggi (Wiadnya *et al.*, 2020).

Berdasarkan Gambar 2 asam lemak bebas minyak kelapa dengan kombinasi lama ekstraksi 5, 10, dan 15 menit dan konsentrasi inokulum tempe 1, 3 dan 5% berpengaruh terhadap asam lemak bebasnya. Asam lemak bebas hasil perlakuan ekstraksi 15 menit dan 1% inokulum tempe serta 5 menit ekstraksi dan 1% inokulum tempe menghasilkan asam lemak bebas sebesar 0,12%, lebih rendah dari perlakuan lainnya. Sedikit atau tidak terdeteksinya asam lemak menunjukkan bahwa proses hidrolisis pada minyak kelapa tidak mengalami proses penguraian yang panjang sehingga asam lemak bebas yang didapatkan juga rendah dan belum terjadi kerusakan pada asam lemaknya. Rendahnya asam lemak pada minyak kelapa yang dihasilkan dapat terjadi karena metode yang digunakan sudah sesuai. Kandungan

asam lemak bebas pada minyak kelapa dari semua perlakuan tergolong cukup rendah dan memiliki kualitas yang baik. Kandungan asam lemak bebas pada minyak kelapa yang dihasilkan telah memenuhi syarat SNI 2902-2011 mengenai batas maksimal asam lemak bebas pada minyak kelapa yaitu maksimal 5%.

Kadar air minyak kelapa

Kadar air merupakan jumlah persen air yang menguap pada pemanasan dengan suhu dan waktu tertentu (Nuraisyah *et al.*, 2023). Berdasarkan Tabel 1, perlakuan lama ekstraksi 15 menit menghasilkan minyak kelapa dengan kadar air sebesar 0,18%, lebih rendah dibandingkan perlakuan ekstraksi 5 dan 10 menit. Semakin lama waktu ekstraksi santan, air yang dihasilkan semakin sedikit jumlahnya pada minyak sehingga menyebabkan rendahnya kadar air (Anwar dan Salima, 2016). Semakin lama waktu ekstraksi santan, kadar air yang dihasilkan cenderung semakin sedikit disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya adanya penguapan, pemisahan lemak, reaksi kimia, pengaruh suhu, dan kapasitas tempat yang digunakan untuk proses ekstraksi.



Keterangan: P1= lama ekstraksi 5 menit, P2= lama ekstraksi 10 menit, P3= lama ekstraksi 15 menit, R1= konsentrasi ragi tempe 1%, R2= konsentrasi ragi tempe 3%, R3= konsentrasi ragi tempe 5%. Data merupakan hasil rata-rata dari tiga ulangan dengan standar deviasinya. Nilai yang diikuti notasi huruf yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut Duncan ($p < 0.05$) setelah dilakukan analisis ragam (ANOVA)

Note: P1= 5 min extraction time, P2= 10 min extraction time, P3= 15 min extraction time, R1= 1% Tempeh inoculum concentration, R2= 3% Tempeh inoculum concentration, R3= 5% Tempeh inoculum concentration. The value is mean of three replications with standard deviation. Values followed by the same letter notation indicate no significant difference based on Duncan's multiple comparison test ($p < 0.05$) after conducting an analysis of variance (ANOVA)

Gambar 2. Kadar asam lemak bebas minyak kelapa pada variasi lama ekstraksi dan konsentrasi inokulum tempe

Figure 2. Free fatty acid value of coconut oil at various combination of extraction time and tempeh inoculum concentration

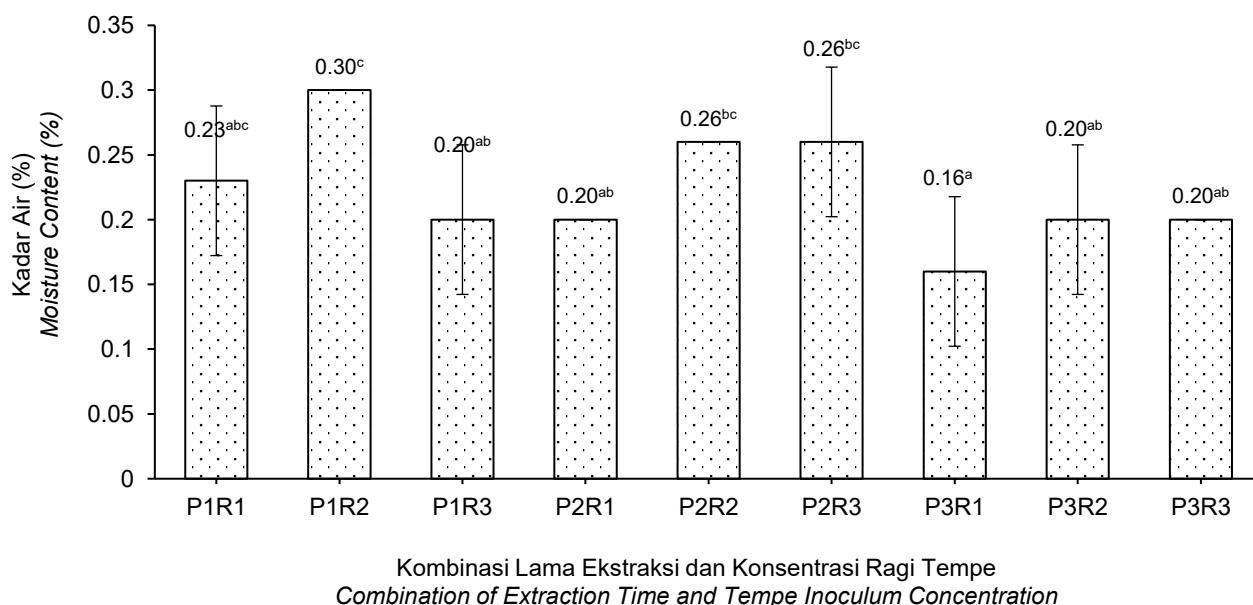
Saat proses ekstraksi berlangsung, air dalam parutan kelapa akan mengalami penguapan atau terpisah dari lemak, sehingga kadar air yang tersisa dalam santan akan berkurang. Penguapan air semakin besar terutama jika ekstraksi dilakukan di ruangan terbuka atau adanya pemanasan. Proses ekstraksi santan bertujuan untuk memisahkan lemak (minyak) dari air. Semakin lama proses ekstraksi, semakin banyak lemak yang akan terpisah dan mengendap, sehingga air yang tersisa dalam santan akan berkurang. Reaksi kimia yang terjadi seperti reaksi hidrolisis juga akan menyebabkan kadar air berkurang. Reaksi hidrolisis menyebabkan pembentukan asam lemak bebas dan mengurangi kandungan air dalam minyak kelapa yang dihasilkan. Suhu ekstraksi yang lebih tinggi akan menyebabkan terjadinya percepatan penguapan air. Kapasitas wadah yang lebih besar pada saat ekstraksi akan menyebabkan semakin banyak air yang dapat terpisah dan berkurang (Aprilisani dan Adiwarna, 2014).

Tabel 2 menunjukkan bahwa konsentrasi inokulum tempe berpengaruh terhadap kadar air minyak yang dihasilkan. Perlakuan 1% inokulum tempe menghasilkan kadar air yang paling rendah yaitu

sebesar 0,2%. Sementara kadar air minyak kelapa dengan penambahan inokulum tempe 3 dan 5% menghasilkan kadar air sebesar 0,25 dan 0,22%. Semakin rendah kadar air pada minyak kelapa maka kualitas minyak kelapa yang dihasilkan semakin baik (Aprilisani dan Adiwarna, 2014).

Penambahan inokulum tempe pada pembuatan minyak kelapa bertujuan untuk mempermudah pembentukan minyak. Kecilnya kadar air pada minyak kelapa yang dihasilkan disebabkan semakin lama waktu fermentasi yang dilakukan, maka pemecahan emulsi pada santan kelapa semakin besar, sehingga air yang terpisah semakin besar (Endrawati dan Kusumaningtyas, 2018). Mikroba *R. oligosporus* mempunyai kemampuan untuk menghasilkan amilase, protease, dan lipase yang mampu menghidrolisis minyak yang mempunyai kadar air yang tinggi.

Berdasarkan Gambar 3, kombinasi lama ekstraksi dan konsentrasi inokulum tempe berpengaruh terhadap kadar air minyak kelapa. Perlakuan lama ekstraksi 5 menit dan konsentrasi inokulum tempe 3% menghasilkan kadar air minyak kelapa 0,3%, lebih tinggi dibanding lama ekstraksi 15 menit dan inokulum tempe 1% yakni kadar air 0,16%.



Keterangan: P1= lama ekstraksi 5 menit, P2= lama ekstraksi 10 menit, P3= lama ekstraksi 15 menit, R1= konsentrasi ragi tempe 1%, R2= konsentrasi ragi tempe 3%, R3= konsentrasi ragi tempe 5%. Data merupakan hasil rata-rata dari tiga ulangan dengan standar deviasinya. Nilai yang diikuti notasi huruf yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut Duncan ($p < 0,05$) setelah dilakukan analisis ragam (ANOVA)

Note: P1= 5 min extraction time, P2= 10 min extraction time, P3= 15 min extraction time, R1= 1% Tempeh inoculum concentration, R2= 3% Tempeh inoculum concentration, R3= 5% Tempeh inoculum concentration. The value is mean of three replications with standard deviation. Values followed by the same letter notation indicate no significant difference based on Duncan's multiple comparison test ($p < 0.05$) after conducting an analysis of variance (ANOVA)

Gambar 3. Kadar air minyak kelapa pada variasi kombinasi lama ekstraksi dan konsentrasi inokulum tempe
Figure 3. Moisture content of coconut oil at various combination of extraction time and tempeh inoculum concentration

Viskositas minyak kelapa

Viskositas merupakan ukuran kekentalan suatu cairan. Semakin tinggi nilai viskositas yang didapatkan maka cairan semakin kental dan akan sulit mengalir. Zat alir memiliki karakteristik dan kekentalan yang berbeda-beda, salah satu faktor yang mempengaruhi viskositas suatu cairan adalah suhu (Damayanti *et al.*, 2022).

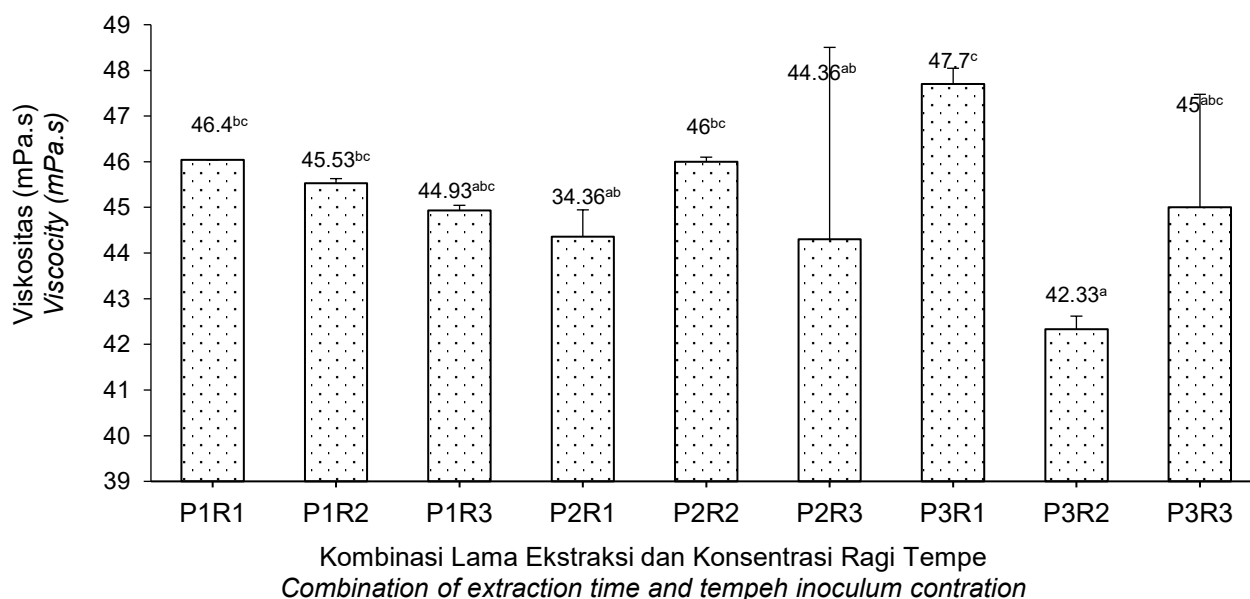
Perlakuan lama ekstraksi tidak berpengaruh terhadap viskositas minyak kelapa. Nilai viskositas minyak kelapa hasil perlakuan lama ekstraksi 5, 10, dan 15 menit yaitu 45,62; 44,89; dan 45,01 mPa.s. Perbedaan viskositas minyak kelapa disebabkan adanya gesekan pada lapisan cairan. Semakin besar gesekan yang terjadi, maka viskositas yang dihasilkan semakin besar, sebaliknya jika gesekan yang terjadi kecil maka viskositas yang dihasilkan kecil (Sutiah *et al.*, 2008).

Berdasarkan Gambar 4, kombinasi perlakuan lama ekstraksi dan konsentrasi inokulum tempe berpengaruh terhadap viskositas minyak kelapa. Lama

ekstraksi 15 menit dan konsentrasi inokulum tempe 1% memiliki viskositas 47,7 mPa.s., lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya.

Total suspended solids (TSS) minyak kelapa

Kadar bahan tidak terlarut pada minyak merupakan keseluruhan bahan-bahan asing yang tidak larut pada minyak kelapa (yang dinyatakan sebagai %) dan menjadi zat pengotor pada minyak (Veronika dan Sihotang, 2010). Berdasarkan Tabel 1, perlakuan lama ekstraksi 5, 10, dan 15 menit berpengaruh terhadap kadar TSS minyak kelapa, berkisar 0,12–0,30%. Perlakuan penambahan inokulum tempe tidak berpengaruh terhadap kadar TSS (Tabel 2). Kadar TSS perlakuan penambahan inokulum tempe berkisar 0,24–0,27%. Perlakuan penambahan inokulum tempe menyebabkan endapan atau gumpalan yang disebabkan oleh proses penyaringan yang tidak sempurna. Proses penyaringan minyak kelapa memengaruhi kualitas minyak kelapa yang dihasilkan (Marlina *et al.*, 2017).



Keterangan: P1= lama ekstraksi 5 menit, P2= lama ekstraksi 10 menit, P3= lama ekstraksi 15 menit, R1= konsentrasi ragi tempe 1%, R2= konsentrasi ragi tempe 3%, R3= konsentrasi ragi tempe 5%. Data merupakan hasil rata-rata dari tiga ulangan dengan standar deviasinya. Nilai yang diikuti notasi huruf yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut Duncan ($p < 0,05$) setelah dilakukan analisis ragam (ANOVA)

Note: P1= 5 min extraction time, P2= 10 min extraction time, P3= 15 min extraction time, R1= 1% Tempeh inoculum concentration, R2= 3% Tempeh inoculum concentration, R3= 5% Tempeh inoculum concentration. The value is mean of three replications with standard deviation. Values followed by the same letter notation indicate no significant difference based on Duncan's multiple comparison test ($p < 0.05$) after conducting an analysis of variance (ANOVA)

Gambar 4. Viskositas minyak kelapa pada variasi kombinasi lama ekstraksi dan konsentrasi inokulum tempe
Figure 4. Viscosity value of coconut oil at various extraction time and tempeh inoculum concentration

Berdasarkan Gambar 5, kombinasi lama ekstraksi dan konsentrasi inokulum tempe menunjukkan pengaruh terhadap kadar TSS minyak kelapa. Kadar TSS minyak kelapa dengan kombinasi lama ekstraksi dan konsentrasi inokulum tempe berkisar 0,20–0,36%. Kadar TSS ini sudah memenuhi syarat SNI 2902: 2011 dengan nilai maksimal kadar TSS yaitu 0,5%.

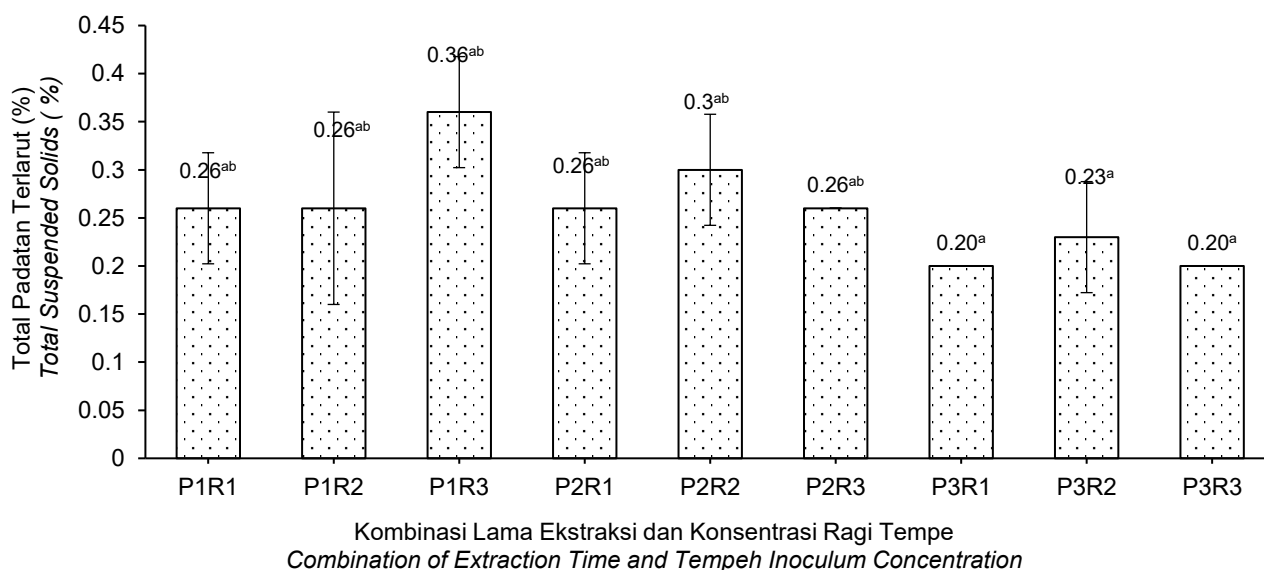
Kadar TSS pada pemberian inokulum tempe (Tabel 2) tidak berpengaruh karena semakin banyak inokulum tempe yang digunakan maka kadar kotorannya semakin tinggi. Jumlah inokulum yang banyak pada pembuatan minyak kelapa menyebabkan protein serta kotoran padat dan ampas yang terbentuk cukup banyak, sehingga pada proses pemisahan dan penyaringan minyak kelapa kotoran yang ikut terbawa ke dalam minyak (Moehady dan Hidayatulloh, 2020). Kadar kotoran pada minyak kelapa menurut SNI 2902: 2011 maksimum 0,5%.

Berdasarkan kromatogram pada Gambar 6 terdapat 10 puncak kromatogram, masing-masing puncak yang dihasilkan mewakili satu jenis asam lemak. Senyawa asam lemak yang memiliki titik didih yang lebih rendah akan keluar terlebih dahulu dari kolom, sehingga waktu retensinya akan lebih cepat dibandingkan dengan senyawa yang memiliki titik

didih yang lebih tinggi. Profil asam lemak minyak kelapa terpilih memiliki komponen utama yang teridentifikasi berdasarkan area terbesar pada asam lemak (% asam lemak) yang terlihat pada kromatogram. Data massa molar, puncak area, persen asam lemak dari setiap kromatogram asam lemak perlakuan kontrol, dan perlakuan terbaik disajikan pada Tabel 3.

Profil asam lemak minyak kelapa

Profil asam lemak minyak kelapa dianalisis menggunakan *gas chromatography mass spectrometry* (GC-MS). GC-MS merupakan salah satu teknik kromatografi gas yang dalam penggunaannya dilakukan secara bersamaan dengan spektrometri massa. Kromatografi berfungsi sebagai pencari senyawa yang mudah menguap dalam keadaan vakum tinggi dan tekanan rendah jika dipanaskan (Moehady dan Hidayatulloh, 2020). Sementara spektrometri massa digunakan untuk menentukan bobot molekul, rumus molekul, dan molekul bermuatan (Darmapatni *et al.*, 2016). Minyak kelapa yang diuji profil asam lemaknya adalah minyak kelapa hasil perlakuan terpilih yaitu lama ekstraksi 15 menit dan konsentrasi inokulum tempe 1%.

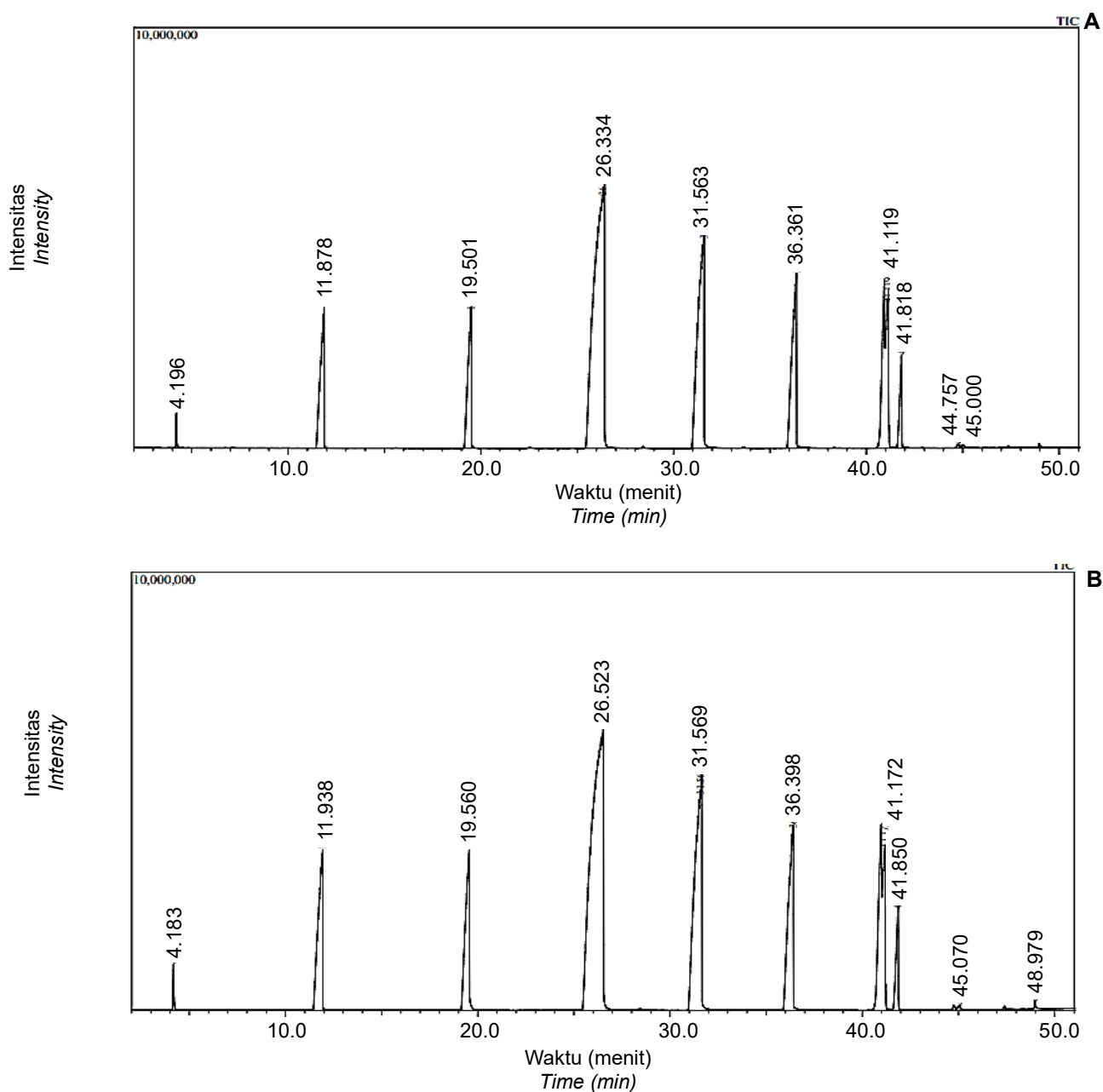


Keterangan: P1= lama ekstraksi 5 menit, P2= lama ekstraksi 10 menit, P3= lama ekstraksi 15 menit, R1= konsentrasi ragi tempe 1%, R2= konsentrasi ragi tempe 3%, R3= konsentrasi ragi tempe 5%. Data merupakan hasil rata-rata dari tiga ulangan dengan standar deviasinya. Nilai yang diikuti notasi huruf yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut Duncan ($p < 0,05$) setelah dilakukan analisis ragam (ANOVA)

Note: P1= 5 min extraction time, P2= 10 min extraction time, P3= 15 min extraction time, R1= 1% Tempeh inoculum concentration, R2= 3% Tempeh inoculum concentration, R3= 5% Tempeh inoculum concentration. The value is mean of three replications with standard deviation. Values followed by the same letter notation indicate no significant difference based on Duncan's multiple comparison test ($p < 0.05$) after conducting an analysis of variance (ANOVA)

Gambar 5. Kadar total padatan tidak terlarut minyak kelapa pada kombinasi lama ekstraksi dan konsentrasi inokulum tempe

Figure 5. Total suspended solid of coconut oil at combination of extraction time and tempeh inoculum concentration



Keterangan: A = Minyak kelapa yang dibuat tanpa ekstraksi dan inokulum tempe, B= Minyak kelapa yang dibuat dengan ekstraksi dan inokulum tempe

Note: A= coconut oil made without extraction and tempe inoculum, B= coconut oil made by extraction and inoculum of tempeh

Gambar 6. Kromatogram hasil GC-MS minyak kelapa
Figure 6. Chromatogram of GC-MS results of coconut oil

Berdasarkan Tabel 3 diketahui bahwa kandungan asam lemak pada kedua minyak kelapa relatif sama dan tidak ada perbedaan yang signifikan karena keduanya berasal dari bahan utama yang sama. Namun, pada perlakuan lama ekstraksi dan fermentasi pada minyak kelapa terpilih muncul asam

lemak baru yang tidak muncul pada asam lemak kontrol dengan persen asam lemak 0,14% dengan puncak area 48,979 menit dengan *similarity index* (SI) 93%. Asam lemak baru ini diduga adalah asam lemak pentadesilat atau biasanya disebut asam pentadekanoat.

Tabel 3. Profil asam lemak minyak kelapa kontrol dan perlakuan terbaik hasil analisis GC-MS
 Table 3. Fatty acid profiles of coconut oil from control and the best treatment by GC-MS analysis

Puncak (Peak)	Nama Senyawa (Compound Name)	Rumus Molekul (Molecular Formula)	Massa Molar (g/mol ⁻¹) (Molar Mass (g/mol ⁻¹))	Kontrol (Control)		Perlakuan Terbaik (P3R1) (Best Treatment (P3R1))	
				Puncak (menit) (Peak (min))	Asam Lemak (%) Area) (Fatty Acid %))	Puncak (menit) (Peak (min))	Asam Lemak (%) Area) (Fatty Acid %)
1	Asam kaproat (Caproic acid)	CH ₃ (CH ₂) ₄ COOH	161.58	4.196	0.46	4.183	0.50
2	Asam kaprilat (Caprilic acid)	CH ₃ (CH ₂) ₆ CO ₂ H	144.21	11.878	7.67	11.938	8.42
3	Asam dekanat (Decanoic acid)	CH ₃ (CH ₂) ₈ COOH	172.26	19.501	6.88	19.56	7.53
4	Asam laurat (Lauric acid)	CH ₃ (CH ₂) ₁₀ COOH	200.32	26.334	39.11	26.523	39.01
5	Asam miristat (Miristic acid)	CH ₃ (CH ₂) ₁₂ COOH	228.37	31.563	19.00	31.569	18.83
6	Asam palmitat (Palmitic acid)	CH ₃ (CH ₂) ₂₄ COOH	256.46	36.361	11.09	36.398	10.70
7	Asam oleat (Oleic acid)	CH ₃ (CH ₂) ₇ CHCH(CH ₂) ₇ COOH	280.46	41.119	12.76	41.172	11.99
8	Asam linoleat (Linoleic acid)	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	280.45	41.818	2.81	41.850	2.76
9	Asam arakidat (Arachidonic acid)	C ₂₀ H ₃₂ O ₂	312.53	44.757	0.12	-	-
10	Asam gondoat (Gondoic acid)	C ₂₀ H ₃₈ O ₂	310.51	45.000	0.11	45.070	0.13
11	Asam pentadekanat (Pentadecanoic acid)	CH ₃ (CH ₂) ₁₃ CO ₂ H	242.39	-	-	48.979	0.14

Asam pentadekanat memiliki banyak manfaat dan penting dalam mendukung kesehatan kardiovaskular dan hati (Dornan *et al.*, 2021; Venn-Watson *et al.*, 2020; Venn-Watson dan Schork, 2023). Senyawa ini juga menurunkan diabetes tipe 2, penyakit jantung, penyakit hati berlemak nonalkohol, steatohepatitis nonalkohol, dan kanker tertentu (Forouhi *et al.*, 2014). Asam pentadekanat terdapat dalam 1–3% lemak susu, dan sebagai molekul eksogen utama, konsentrasi asam pentadekanat yang bersirkulasi ada dalam asupan makanan (Vlaeminck *et al.*, 2006); Pranger *et al.*, 2019). Asam pentadekanat memiliki efek antiinflamasi, antifibrotik, dan antikanker *in vitro* dan *in vivo* dari asam pentadekanat (Venn-Watson *et al.*, 2020; Venn-Watson *et al.*, 2023; Ediriweera *et al.*, 2021; Bishop *et al.*, 2023; Li *et al.*, 2022). Penelitian-penelitian ini juga konsisten dengan studi epidemiologi yang menghubungkan konsentrasi asam pentadekanat yang lebih tinggi dapat menurunkan kadar kolesterol, trigliserida, ApoA1 dan ApoB, enzim hati, protein C-reaktif, adipokin, dan BMI. Asam pentadekanat juga meningkatkan sensitivitas insulin dan fungsi sel β manusia, mempunyai fungsi seperti suplemen dan nutrisi seperti kapsul lunak, kapsul cair, butiran, obat dan alat kesehatan, serta memiliki efek farmakologis dan

aktivitas biologis tertentu. Asam lemak pentadekanat muncul pada pengujian GC-MS minyak kelapa terpilih diduga karena adanya proses fermentasi menggunakan inokulum tempe dalam pembuatan minyak kelapa.

KESIMPULAN

Lama ekstraksi 15 menit dan konsentrasi ragi tempe 1% merupakan perlakuan terbaik yang menghasilkan minyak kelapa dengan karakteristik mutu yakni bilangan peroksida 1 meq/kg, asam lemak bebas (FFA) 0,12%, kadar air 0,16%, viskositas 47,70 mPas.s, total padatan terlarut (TSS) 0,2% dan memenuhi standar mutu minyak kelapa sesuai SNI 2902: 2011. Pengujian profil asam lemak minyak kelapa tersebut menggunakan GC-MS memperoleh 10 puncak kromatogram yang teridentifikasi sebagai asam kaproat, asam kaprilat, asam dekanat, asam laurat, asam miristat, asam palmitat, asam oleat, asam linoleat, asam gondoat, dan asam pentadekanat. Asam pentadekanat ini tidak ditemukan pada minyak kelapa kontrol dan merupakan temuan yang menarik dari proses produksi minyak kelapa

menggunakan inokulum tempe karena beragam sifat fungsionalnya yang telah banyak diteliti.

DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal, R. K., & Bosco, S. J. D. (2017). Extraction processes of *virgin coconut oil*. *MOJ Food Processing & Technology*, 4(2), 54–56. <https://doi.org/10.15406/mojfpt.2017.04.00087>
- Al-Hamid, F., Leiwakabessy, J., & Bandjar, A. (2019). Analisis komposisi asam lemak pada minyak kelapa fermentasi dan minyak kelapa tradisional. *Molluca Journal of Chemistry Education (MJoCE)*, 9(2), 99–108. <https://doi.org/10.30598/MJoCEvol9iss2pp99-108>
- Anwar, C., & Salima, R. (2016). Perubahan rendemen dan mutu virgin coconut oil (VCO) pada berbagai kecepatan putar dan lama waktu sentrifugasi. *Teknotan Jurnal Industri Teknologi Pertanian*, 10(2), 51–60. <https://doi.org/10.24198/jt.vol10n2.8>
- Aprilisani, Z., & Adiwarna. (2014). Pengaruh lama pengadukan dengan penambahan asam asetat dalam pembuatan virgin coconut oil dari buah kelapa. *Konversi*, 3(1), 1–12.
- Asy'ari, M., & Cahyono, B. C. (2006). Pra-standarisasi: produksi dan analisis minyak virgin coconut oil (VCO). *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 9(3), 74–80. <https://doi.org/10.14710/jksa.9.3.74-80>
- Asrawaty., Faturahmmi, S., Spetriani, & Ridwan, M. (2020). Karakteristik kimia dan organoleptik virgin coconut oil pada berbagai penambahan ragi tempe. *Jurnal Pengolahan Pangan*, 5(2), 34–41.
- Ati, V. M., Mauboy, R. S., & Keneng, M. S. R. A. (2020). Pengujian kadar bilangan peroksida dan asam lemak bebas minyak kelapa (*Cocos nucifera* L.) kelentik. *Jurnal Biotropikal Sains*, 17(2), 24–30.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2013). Standar Nasional Indonesia tentang Minyak Goreng (SNI-3741:2013). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2008). Standar Nasional Indonesia tentang Minyak Kelapa Virgin (VCO) (SNI-7381: 2008). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2011). Standar Nasional Indonesia tentang Minyak Kelapa Mentah (SNI-2902:2011). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Bishop, C.A., Machete, T., Henkel, J., Schulze, M.B., Klaus, S., Piepelow, K. (2023). Heptadecanoic acid is not a key mediator in the prevention of diet-induced hepatic steatosis and insulin resistance in mice. *Nutrients*, 15(9), 2052. <https://doi.org/10.3390/nu15092052>
- Dornan, K., Gunenc, A., Oomah, B. D., & Hosseini, F. (2021). Odd chain fatty acids and odd chain phenolic lipids (alkylresorcinols) are essential for diet. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 98(8), 813–824. <https://doi.org/10.1002/aocs.12507>
- Damayanti, A., Cucuk, D., & Lusiani, E. (2022). Pengaruh waktu fermentasi selama <24 jam menggunakan inokulum tempe dengan nutrisi yeast 6% b/v terhadap kualitas virgin coconut oil. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 8(3), 627–635. <https://doi.org/10.33795/distilat.v8i3.416>
- Darmapatni, K. A. G., Basori, A., & Suaniti, N.M. (2016). Pengembangan metode GC-MS untuk penetapan kadar acetaminophen pada spisimen rambut manusia. *Jurnal Biosains Pascasarjana*, 3(18), 255–266. <https://doi.org/10.20473/jbp.v18i3.2016.255-266>
- Dwi, Y. M. (2017). Optimalisasi Bahan Baku Kelapa, Kementerian Perdagangan Republik Indonesia. Warta Ekspor, Jakarta.
- Ediriweera, M. K., To, N. B., Lim, Y., & Cho, S. K. (2021). Odd-chain fatty acid as novel histone deacetylase 6 (HDAC6) inhibitors. *Biochimie*, 186, 147–156. <https://doi.org/10.3390/nu15214607>
- Endrawati, D., & Kusumaningtyas, E. (2018). Beberapa fungsi *Rhizopus* sp dalam meningkatkan nilai nutrisi bahan pakan. *Wartazoa*, 27(2), 81–88. <https://doi.org/10.14334/wartazoa.v27i2.1181>
- Fatimah, E. 2021. Review artikel: karakteristik dan peranan enzim lipase pada produksi diacylglycerol (DAG) dari virgin coconut oil (VCO). *UNESA Journal of Chemistry*, 10(3), 246–256. <https://doi.org/10.26740/ujc.v10n3.p246-256>
- Forouhi, N. G., Koulman, A., Sharp, S. J., Imamura, F., Kröger, J., Schulze, M. B., Crowe, F. L., Huerta, J. M., Guevara, M., Beulens, J. W. J., van Woudenberg, G. J., Wang, L., Summerhill, K., Griffin, J. L., Feskens, E. J. M., Amiano, P., Boeing, H., Clavel-Chapelon, F., Dartois, L., Wareham, N. J. (2014). Differences in the prospective association between individual plasma phospholipid saturated fatty acids and incident type 2 diabetes: The EPIC-InterAct case-cohort study. *The Lancet Diabetes and Endocrinology*, 2(10), 810–818.

- [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(14\)70146-9](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(14)70146-9)
Hermiati, Manalu, N. Y., & Sinaga, M. S. (2013). Ekstrak daun sirih hijau dan merah sebagai antioksidan pada minyak kelapa. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(1), 37–43. <https://doi.org/10.32734/jtk.v2i1.1425>
- Illam, S. P., Narayanankutty, A., & Raghavamenon, A. C. (2017). Polyphenols of virgin coconut oil prevent pro-oxidant mediated cell death. *Toxicology Mechanisms and Methods*, 27(6), 442–450. <https://doi.org/10.1080/15376516.2017.1320458>
- Karouw, S., Indrawanto, C., & Kapu'allo, M. L. (2014). Karakteristik virgin coconut oil dengan metode sentrifugasi pada dua tipe kelapa. *Buletin Palma*, 15(2), 128–133.
- Li, Y., Liu, Y., Chen, Y., Wag, K., Luan, Y. (2022). Design, synthesis and antitumor activity study of a gemcitabine prodrug conjugate with a HDAC6 inhibitor. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 72, 122881. <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2022.128881>
- Maradesa, R. P., Fatimah, F., & Sangi, M. S. (2014). Kualitas virgin coconut oil (VCO) sebagai minyak goreng yang dibuat dengan metode pengadukan dengan adanya penambahan kemangi (*Ocimum sanctum* L.). *Jurnal MIPA Unsrat Online*, 3(1), 44–48. <https://doi.org/10.35799/jm.3.1.2014.3906>
- Marlina, Wijayanti, D., Yudiastari, I. P., & Safitri, L. (2017). Pembuatan virgin coconut oil (VCO) dari kelapa hibrida menggunakan metode penggaraman dengan NaCl dan garam dapur. *Jurnal Chemurgy*, 1(2), 7–12. <https://doi.org/10.30872/cm.g.v1i2.1139>
- Moehady, B. I., & Hidayatulloh, I. (2020). Proses pembuatan minyak kelapa murni dengan menggunakan *Rhizopus oligosporus*. *Metana*, 16(1), 11–18. <https://doi.org/10.14710/metana.v16i1.25948>
- Mujdalipah, S. (2016). Pengaruh inokulum tradisional indonesia dalam proses fermentasi santan terhadap karakteristik rendemen, kadar air, dan kadar asam lemak bebas. *EDUFORTECH*, 1(1), 10–15.
- Nour, A. H., Mohammed, F. S., Yunus, R. M., & Arman, A. (2009). Demulsification of virgin coconut oil by centrifugation method: A feasibility study. *International Journal of Chemical Technology*, 1(2), 59–64. <https://doi.org/10.3923/ijct.2009.59.64>
- Nuraisyah, A., Fatimah, T., Mastuti, L., & Akhirina, Y. I. (2023). Lama penyimpanan buah kelapa (*Cocos nucifera* L.) terhadap rendemen dan mutu virgin coconut oil. *Agroplantae: Jurnal Ilmiah Terapan Budidaya dan Pengelolaan Tanaman Pertanian dan Perkebunan*, 12(1), 9–19. <https://doi.org/10.51978/agro.v12i1.513>
- Oktaviani, N. D. (2010). Hubungan lamanya pemanasan dengan kerusakan minyak goreng curah ditinjau dari bilangan peroksida. *Jurnal Biomedika*, 1(1), 33–35.
- Oktaviana, L., Nugroho, W. A., & Al Riza, D. F. (2025). Evaluation of peroxide value and free fatty acid content in coconut oil and palm oil under different heating temperature treatments using reflectance–fluorescence-based computer vision. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 13(2), 101–111. <https://doi.org/10.21776/ub.jpa.2025.013.02.4>
- Pangestuti, D. R., & Rohmawati, S. (2018). Kandungan peroksida minyak goreng pada pedagang gorengan di wilayah Kecamatan Tembalang Kota Semarang. *Amerta Nutrition*, 2(2), 205–211. <https://doi.org/10.20473/amnt.v2i2.2018.205-211>
- Patty, P. V. (2015). Pengaruh lama fermentasi terhadap ranciditas minyak kelapa yang diproduksi secara tradisional. *Biopendix*, 1(2), 146–162. <https://doi.org/10.30598/biopendix.vol1issue2page146-152>
- Pranata, D., Ardiningsih, P., Rahmalia, W., Nurlina, N., & Syahbanu, I. (2021). Ekstraksi minyak kelapa murni dengan metode pengadukan dan cold pressed. *Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry*, 3(2), 11–17. <https://doi.org/10.26418/indonesian.v3i2.46349>
- Pranger, I. G., Joustra, M. L., Corpeleijn, E., Muskiet, F. A. J., Kema, I. P., Elferink, S. J. W. H. O., Singh-Povel, C., & Bakker, S. J. L. (2019). Fatty acids as biomarkers of total dairy and dairy fat intakes: A systematic review and meta-analysis. *Nutrition Reviews*, 77(1), 46–63. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuy048>
- Rahmalia, I., & Kusumayanti, H. (2021). The optimization of addition of bromelain enzyme catalyst on the fermentation of coconut milk to VCO (virgin coconut oil) using tempeh yeast. *Journal of Vocational Studies on Applied Research*, 3(2), 31–37. <https://doi.org/10.14710/jvsar.v3i2.11949>
- Sumitro. (2006). *Teknologi pembuatan minyak kelapa dengan tanpa pemanasan*. [Tesis, Universitas Gadjah Mada]. UGM Repository. <https://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/29687>
- Sutiah, K., Firdausi, S., & Budi, W.S. (2008). Studi kualitas minyak goreng dengan parameter viskositas dan indeks bias. *Berkala Fisika*, 11(2), 53–58.

- Venn-Watson, S., Lumpkin, R., & Dennis, E. A. (2020). Efficacy of dietary odd-chain saturated fatty acid pentadecanoic acid parallels broad associated health benefits in humans: could it be essential? *Scientific Reports*, 10(1), 8161. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64960-y>
- Venn-Watson, S., & Schork, N. J. (2023). Pentadecanoic acid (C15:0), an essential fatty acid, shares clinically relevant cell-based activities with leading longevity-enhancing compounds. *Nutrients*, 15(21), 4607. <https://doi.org/10.3390/nu15214607>
- Veronika, N., & Sihotang, A. J. (2023). Pengaruh konsentrasi *bleaching earth* pada proses pembuatan minyak goreng sawit (*palm olein*). *Jurnal Sains dan Ilmu Terapan*, 6(1), 36–42. <https://doi.org/10.59061/jsit.v6i1.140>
- Vlaeminck, B., Fievez, V., Cabrita, A. R. J., Fonseca, A. J. M., & Dewhurst, R. J. (2006). Factors affecting odd- and branched-chain fatty acids in milk: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 131(3–4), 389–417. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.06.017>
- Wiadnya, I. B. R., Urip, & Minovriyanti, E. (2020). Pengaruh penambahan ragi tempe (*Rhizopus* sp.) pada pembuatan tempe minyak kelapa terhadap mutu minyak. *Jurnal Analis Medika Bio Sains*. 1(1), 68–71.
- Winarno. (2004). *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia Pustaka Utama.
- Yusibani, E., Al Hazmi, N., & Yufita, E. (2017). Pengukuran viskositas beberapa produk minyak goreng kelapa sawit setelah pemanasan. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*, 9(1), 28–32. <https://doi.org/10.17969/jtipi.v9i1.6108>