

Evaluation of Beta Carotene Stability in Red Palm Oil (RPO) During Storage Using UV-Vis Spectrophotometry

Evaluasi Stabilitas Beta Karoten pada Red Palm Oil (RPO) Selama Penyimpanan dengan Spektrofotometri UV-Vis

Indria Mahgfirah^{1*}, Kiki Kristiandi², Hidayat Asta³, Mia Audina⁴ Evelin Agusti⁵

^{1*}Agroindustri Pangan, Sambas, Indonesia. Email (indriamaghfirah@gmail.com)

²Agroindustri Pangan, Sambas, Indonesia. Email (kikikristiandi2020@gmail.com)

³Agroindustri Pangan, Sambas, Indonesia. Email (hidayatasta@rocketmail.com)

⁴Agroindustri Pangan, Sambas, Indonesia. Email (mia.audina09@gmail.com)

⁵Agroindustri Pangan, Sambas, Indonesia. Email (evelintjasmana86@gmail.com)

***Corresponding Author**

Abstract. Beta-carotene is the major carotenoid compound in red palm oil (RPO) and serves as a provitamin A source; however, it has low stability against environmental factors during storage. This study aimed to analyze changes in beta-carotene content in RPO from Sambas, West Kalimantan, during storage using the UV-Vis spectrophotometric method. Samples were analyzed on day 1 and day 7 using iso-octane as the solvent, and measurements were performed at a maximum wavelength of 446 nm. The results showed that the average beta-carotene content decreased from 188.59 ppm on day 1 to 179.46 ppm on day 7, corresponding to a reduction of 4.84%. This decrease indicated beta-carotene degradation, which was influenced by oxidation, light exposure, and temperature during storage. Nevertheless, the relatively small reduction suggested that the storage conditions were still sufficient to maintain beta-carotene content in RPO. Therefore, RPO should be stored in dark containers, such as amber bottles. These findings are consistent with previous studies reporting that carotenoid degradation in palm oil occurs gradually during storage. Thus, controlling storage conditions is essential to maintain the stability and nutritional value of RPO.

Keywords: beta carotene, storage duration, red palm oil (RPO), UV-Vis spectrophotometry.

Abstrak. Beta karoten merupakan senyawa karotenoid utama dalam Red Palm Oil (RPO) yang berperan sebagai provitamin A, tetapi memiliki stabilitas rendah terhadap faktor lingkungan selama penyimpanan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan kadar beta karoten pada RPO asal Sambas, Kalimantan Barat, selama penyimpanan menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis. Sampel dianalisis pada hari ke-1 dan hari ke-7 menggunakan pelarut isooktana, dengan pengukuran pada panjang gelombang maksimum 446 nm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata kadar beta karoten mengalami penurunan dari 188,59 ppm pada hari ke-1 menjadi 179,46 ppm pada hari ke-7, atau berkurang sebesar 4,84%. Penurunan tersebut mengindikasikan terjadinya degradasi beta karoten yang dipengaruhi oleh faktor oksidasi, cahaya, dan suhu selama penyimpanan. Meskipun demikian, tingkat penurunan yang relatif kecil menunjukkan bahwa kondisi penyimpanan masih cukup mampu mempertahankan kandungan beta karoten dalam RPO. Oleh karena itu, RPO sebaiknya disimpan dalam wadah gelap, seperti botol. Beta karoten amber, untuk mengurangi paparan cahaya dan mempertahankan stabilitas beta karoten. Hasil penelitian ini sejalan dengan studi sebelumnya yang melaporkan bahwa degradasi karotenoid dalam minyak sawit terjadi secara bertahap selama penyimpanan. Pengendalian kondisi penyimpanan menjadi penting untuk menjaga stabilitas dan nilai gizi RPO.

Kata Kunci: beta karoten, lama penyimpanan, red palm oil (RPO), spektrofotometri UV-Vis.

Cite this article (APA Style):

Mahgfirah, I., Kristiandi, K., Asta, H., Audina, M., & Agusti, E. (2026). Evaluation of Beta Carotene Stability in Red Palm Oil (RPO) During Storage Using UV-Vis Spectrophotometry. *Journal of Food Security and Agroindustry*, 4(2), 194–201. <https://doi.org/10.58184/jfsa.v4i2.1080>

This is an open access article under CC-BY-SA 4.0 license.



Copyright © 2026 The Author(s)

1. PENDAHULUAN

Kabupaten Sambas merupakan salah satu wilayah di Kalimantan Barat yang memiliki potensi besar pada subsektor perkebunan kelapa sawit. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), subsektor perkebunan menjadi salah satu penopang utama perekonomian daerah, dengan kelapa sawit sebagai komoditas dominan. Pada periode 2020–2024, luas areal dan produksi kelapa sawit di Kabupaten Sambas mengalami peningkatan signifikan. Luas lahan kelapa sawit mencapai sekitar 142.795 hektare, sedangkan produksinya meningkat hingga 378.188 ton ([BPS Kabupaten Sambas, 2024](#)). Data tersebut menunjukkan bahwa kelapa sawit merupakan komoditas strategis yang terus berkembang di wilayah Sambas.

Sebagai produk turunan kelapa sawit, *Red Palm Oil* (RPO) atau minyak sawit merah memiliki nilai tambah yang tinggi karena kandungan senyawa bioaktifnya, terutama beta karoten ([Tarigan & Sukarsono, 2021](#)). Beta karoten merupakan golongan karotenoid yang berperan sebagai provitamin A. Kandungan beta karoten pada RPO jauh lebih tinggi dibandingkan minyak sawit yang telah mengalami proses pemurnian intensif sehingga RPO berpotensi dikembangkan sebagai pangan fungsional untuk membantu mengatasi defisiensi vitamin A, khususnya di daerah berkembang ([Tarigan & Sukarsono, 2021](#)). Meskipun demikian, beta karoten dikenal sebagai senyawa yang tidak stabil dan rentan mengalami degradasi selama proses penyimpanan. Faktor seperti paparan cahaya, oksigen, suhu, serta durasi penyimpanan berkontribusi terhadap penurunan kadar beta karoten pada minyak nabati ([Sani et al., 2019](#)).

Namun, sebagian besar penelitian terdahulu masih berfokus pada minyak sawit skala industri dengan kondisi penyimpanan terkontrol, sedangkan kajian pada RPO yang dihasilkan dari pengolahan lokal, khususnya di daerah seperti Sambas, masih terbatas. Padahal, karakteristik pengolahan skala kecil hingga menengah yang umum dijumpai di daerah tersebut berpotensi menghasilkan variasi lama dan kondisi penyimpanan yang berbeda, seperti penggunaan kemasan sederhana dan paparan lingkungan yang kurang terkontrol. Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan penelitian terkait stabilitas beta karoten pada RPO dalam konteks lokal yang spesifik.

Berdasarkan kajian literatur tersebut, kebaruan ilmiah dalam penelitian ini terletak pada studi RPO yang diproduksi di wilayah lokal Sambas dan berpotensi mendukung pemenuhan gizi masyarakat sebagai sumber provitamin A lokal. Selain itu, permasalahan penelitian yang diangkat dalam kajian ini adalah bagaimana perubahan kadar beta karoten pada *Red Palm Oil* (RPO) selama periode penyimpanan serta sejauh mana faktor waktu penyimpanan memengaruhi stabilitas senyawa tersebut. Berdasarkan hal tersebut, hipotesis yang diajukan adalah semakin lama waktu penyimpanan, kadar beta karoten dalam RPO akan mengalami penurunan yang signifikan akibat proses degradasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis stabilitas beta karoten pada *Red Palm Oil* (RPO) selama penyimpanan menggunakan analisis spektrofotometri UV-Vis, serta untuk mengidentifikasi pola perubahan kadar beta karoten sebagai dasar dalam menentukan kondisi penyimpanan yang optimal, khususnya pada pengolahan RPO di Kabupaten Sambas, Kalimantan Barat.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Politeknik Negeri Sambas pada Agustus hingga Desember 2025. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Bahan utama yang digunakan adalah *Red*

Palm Oil (RPO) atau minyak sawit merah yang diperoleh dari daerah Sambas, Kalimantan Barat. Bahan yang digunakan dalam pengujian beta karoten meliputi isooktana sebagai pelarut nonpolar untuk ekstraksi beta karoten, standar beta karoten untuk pembuatan kurva kalibrasi, dan akuades. Alat yang digunakan meliputi spektrofotometer UV-Vis, kuvet kuarsa atau kaca optik, timbangan analitik dengan ketelitian $\pm 0,0001$ g, pipet volumetrik ukuran 1 mL, 5 mL, dan 10 mL, mikropipet dan tip, labu ukur ukuran 10 mL, 25 mL, 50 mL, dan 100 mL, gelas beker, corong kaca, kertas saring Whatman No. 1, batang pengaduk kaca, aluminium foil untuk melindungi sampel dari cahaya, botol vial gelap atau botol *amber*, serta penangas air.

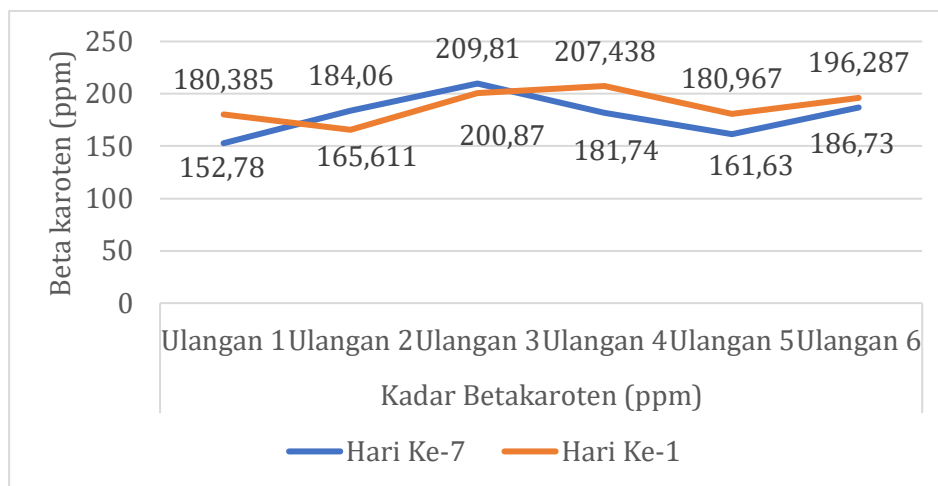
Sampel *Red Palm Oil* (RPO) yang dianalisis dalam penelitian ini merupakan minyak sawit merah lokal yang diperoleh dari wilayah Sambas, Kalimantan Barat. Sebelum dianalisis, sampel dimasukkan ke dalam botol kaca *amber* berkapasitas 100 mL untuk meminimalkan paparan cahaya yang dapat memicu degradasi fotooksidatif beta karoten. Setiap botol diisi sampel sebanyak 50 mL sehingga masih terdapat ruang kosong atau *headspace*. Penyimpanan dilakukan pada suhu ruang, yaitu 27 °C, yang menggambarkan kondisi penyimpanan yang umum diterapkan oleh masyarakat. Pengamatan dilakukan pada hari ke-1 dan hari ke-7 penyimpanan. Pengukuran pada hari ke-1 bertujuan untuk memperoleh nilai awal atau *baseline* kandungan beta karoten setelah pengemasan sehingga dapat digunakan sebagai acuan untuk menilai perubahan selama penyimpanan. Sementara itu, pengukuran pada hari ke-7 bertujuan untuk mengevaluasi stabilitas beta karoten pada periode penyimpanan jangka pendek yang relevan dengan praktik distribusi dan konsumsi masyarakat. Pemilihan rentang waktu tujuh hari didasarkan pada beberapa penelitian yang menunjukkan bahwa degradasi beta karoten dapat berlangsung cepat pada suhu ruang, dengan penurunan yang mulai signifikan dalam beberapa hari pertama penyimpanan. Oleh karena itu, pengamatan pada minggu pertama penting untuk menggambarkan pola awal kerusakan nutrisi.

Penentuan kadar beta karoten dalam sampel *Red Palm Oil* (RPO) dilakukan menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis yang mengacu pada prosedur SNI ISO 17932:2011 (BSN, 2022) dan *American Oil Chemists' Society* (AOCS) dengan beberapa penyesuaian. Sampel RPO terlebih dahulu dihomogenkan, kemudian ditimbang sebanyak 0,1 g menggunakan timbangan analitik dan dimasukkan ke dalam labu ukur 25 mL. Selanjutnya, sampel dilarutkan menggunakan pelarut isooktana hingga tanda batas dan dikocok hingga homogen. Apabila larutan masih keruh, penyaringan dilakukan menggunakan kertas saring bebas serat. Larutan sampel kemudian dilindungi dari paparan cahaya langsung menggunakan aluminium foil untuk mencegah degradasi beta karoten. Pengukuran absorbansi dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum sekitar 446–450 nm dengan isooktana sebagai blanko. Sebelum pengukuran, alat dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan blanko untuk memastikan nilai absorbansi nol.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Beta karoten berfungsi untuk menangkal radikal bebas yang dapat merusak sel-sel tubuh. Beta karoten juga dapat meningkatkan sistem imun dan kesehatan mata. Hal tersebut disebabkan oleh sifat antioksidan yang dimiliki beta karoten. Analisis kuantitatif kandungan beta karoten dalam *Red Palm Oil* (RPO) dilakukan menggunakan spektrofotometri UV-Vis dengan serapan maksimum 0,554 pada panjang gelombang 446 nm. Senyawa dengan delapan atau lebih ikatan rangkap terkonjugasi dapat mengabsorpsi

cahaya dalam spektrum sinar tampak. Rata-rata kadar beta karoten pada hari ke-1 sebesar 188,593 ppm, sedangkan rata-rata kadar beta karoten pada hari ke-7 sebesar 179,456 ppm ([Gambar 1](#)). Data tersebut disajikan pada [Tabel 1](#). Hal tersebut menunjukkan bahwa terjadi penurunan rata-rata sebesar 9,13 ppm atau 4,84% selama penyimpanan tujuh hari.



Gambar 1. Hasil Kadar Beta karoten

Beta karoten merupakan salah satu jenis karotenoid yang aktif sebagai pigmen warna. Karotenoid rentan mengalami oksidasi karena mudah terdegradasi oleh paparan cahaya atau suhu tinggi ([Sereti et al., 2025](#)). Dalam hal ini, penurunan tersebut mengindikasikan adanya degradasi beta karoten, meskipun secara statistik menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan ($p > 0,05$). Dengan demikian, senyawa beta karoten pada produk masih relatif stabil selama periode penyimpanan tersebut. Dari sisi mutu produk, penurunan beta karoten dapat berdampak pada penurunan nilai gizi dan perubahan karakteristik warna produk. Beta karoten berperan sebagai provitamin A sekaligus pigmen alami yang memberikan warna kuning oranye khas pada produk. Apabila degradasi berlangsung terus-menerus, potensi manfaat fungsional produk dapat berkurang, terutama terkait aktivitas antioksidan dan kontribusinya terhadap kebutuhan vitamin A. Namun, karena penurunan masih di bawah 5%, mutu produk pada periode penyimpanan tujuh hari dapat dikategorikan masih baik dan layak dipertahankan, terutama jika tujuan produk adalah sebagai pangan fungsional dengan kandungan antioksidan.

Tabel 1. Kadar Beta karoten

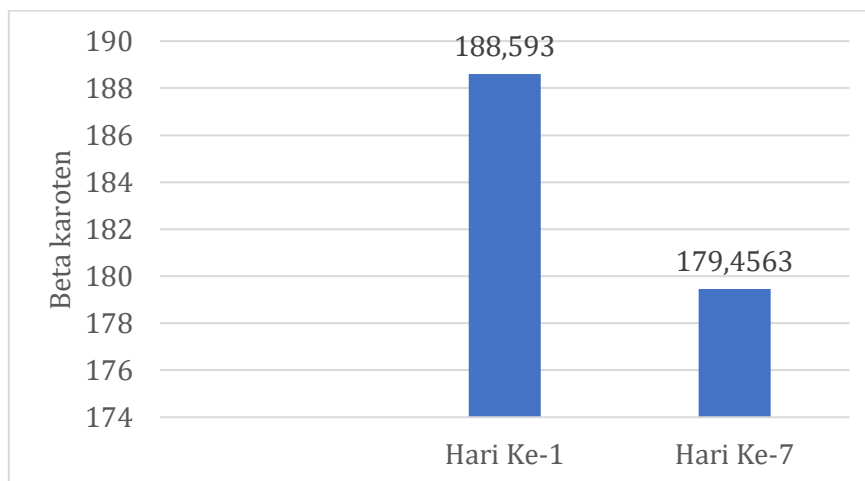
Penyimpanan	Pengulangan (ppm)						Rata-rata
	U1	U2	U3	U4	U5	U6	
Hari Ke-1	180,39	165,61	200,87	207,43	180,97	196,29	188,59
Hari Ke-7	152,78	184,06	209,81	181,74	161,63	186,73	179,45

Hasil penelitian kadar beta karoten pada *Red Palm Oil* (RPO) menunjukkan nilai tertinggi sebesar 209,67 ppm pada hari ke-7 pada ulangan ke-3 ([Gambar 2](#)). Kadar beta karoten yang dihasilkan berada di bawah standar. Merujuk pada penelitian sebelumnya, standar kandungan beta karoten pada *Red Palm Oil* (RPO) berada pada kisaran 250–375 ppm dan memiliki bioavailabilitas yang tinggi ([Marjan et al., 2016](#)). Faktor yang memengaruhi kandungan beta karoten *Red Palm Oil* (RPO) yang tergolong rendah adalah ketidaktepatan waktu pemanenan

sehingga tingkat kematangan buah tidak sesuai (Muarif *et al.*, 2022). Penelitian sebelumnya menjelaskan bahwa faktor utama yang menyebabkan perbedaan kandungan beta karoten adalah tingkat kematangan buah sawit pada saat pemanenan (Priyatama & Supriyanto, 2023; Tarigan & Sukarsono, 2021). Buah kelapa sawit yang dipanen sebelum mencapai tingkat kematangan optimal umumnya menghasilkan kandungan beta karoten yang lebih rendah.

Selain faktor kematangan buah, proses pengolahan juga berpengaruh terhadap kadar beta karoten. Paparan suhu tinggi selama ekstraksi dan pengolahan minyak sawit dapat memicu degradasi beta karoten sehingga menurunkan kualitas *Red Palm Oil* (RPO) yang dihasilkan (Diniaty *et al.*, 2019; Rahardja *et al.*, 2022). Beta karoten merupakan pigmen alami yang sensitif terhadap panas sehingga pemanasan pada berbagai tahapan pengolahan tandan buah segar (TBS), termasuk proses pengemasan, dapat menyebabkan penurunan kadar beta karoten dalam RPO. Selain suhu, lama proses pengolahan sebelum minyak menjadi RPO juga memengaruhi tingginya kandungan beta karoten yang masih dapat dipertahankan (Iskandar, 2015).

Data kadar beta karoten dianalisis secara deskriptif menggunakan nilai rata-rata dan standar deviasi (mean $\pm$ SD). Perbedaan kadar beta karoten antara hari ke-1 dan hari ke-7 dianalisis menggunakan *paired sample t-test* pada taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$). Hasil menunjukkan kadar beta karoten pada hari ke-1 sebesar $188,59 \pm 15,99$ ppm, sedangkan pada hari ke-7 sebesar $179,46 \pm 20,73$ ppm. Uji *paired sample t-test* menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara waktu penyimpanan ($p > 0,05$) sehingga dapat disimpulkan bahwa penyimpanan selama tujuh hari belum menyebabkan penurunan beta karoten yang signifikan.



Gambar 2. Rata-rata Kadar Beta karoten

Penurunan kadar beta karoten selama penyimpanan menunjukkan bahwa senyawa ini mengalami degradasi seiring waktu. Beta karoten merupakan pigmen karotenoid yang sensitif terhadap oksigen, cahaya, dan suhu sehingga mudah mengalami oksidasi yang menyebabkan penurunan konsentrasi dalam minyak (Sari *et al.*, 2018). Tahapan pengolahan dan pemurnian minyak sawit berpotensi menurunkan kandungan beta karoten akibat paparan suhu tinggi serta terjadinya proses oksidasi selama pengolahan (Fathoni *et al.*, 2016). Selain itu, kadar beta karoten dalam *Crude Palm Oil* (CPO) dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain jenis atau varietas kelapa sawit, tingkat kematangan buah pada saat panen, serta teknik ekstraksi dan proses pemurnian yang diterapkan (Rasyid *et al.*, 2022).

Secara umum, penurunan yang terjadi pada penelitian ini masih tergolong relatif kecil (<10%), yang menunjukkan bahwa kondisi penyimpanan kemungkinan masih cukup baik, misalnya dalam wadah tertutup atau minim cahaya. Variasi antarulangan disebabkan oleh ketidakhomogenan sampel, perbedaan intensitas paparan cahaya, dan kesalahan teknis saat pengukuran. Penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian yang menjelaskan bahwa kadar beta karoten mengalami fluktuasi karena dipengaruhi oleh metode analisis, suhu tinggi, dan paparan udara selama pengujian (Aulia *et al.*, 2017).

Kuantifikasi kadar karotenoid dianalisis menggunakan spektrofotometri UV-Vis Shimadzu Lambda-25 pada panjang gelombang 446 nm. Penggunaan metode spektrofotometri UV-Vis dilakukan karena struktur beta karoten mengandung gugus kromoforik (Saiya & Caroles, 2022). Kondisi lingkungan selama analisis, seperti kebersihan peralatan dan ketepatan prosedur kerja di laboratorium, memiliki pengaruh yang besar terhadap akurasi pengukuran kadar karotenoid. Adanya kontaminasi maupun residu pada tabung atau wadah sampel dapat menyebabkan nilai absorbansi yang diperoleh menjadi tidak akurat. Oleh karena itu, penerapan prosedur operasional standar (SOP) yang ketat serta praktik laboratorium yang baik sangat diperlukan untuk menghasilkan data yang valid dan dapat dipertanggungjawabkan (Syafira *et al.*, 2022).

Selain proses analisis, kondisi penyimpanan minyak sawit juga memengaruhi kestabilan kandungan beta karoten. Paparan cahaya dan oksigen selama penyimpanan dapat mempercepat proses degradasi beta karoten sehingga diperlukan metode penyimpanan yang tepat, seperti penggunaan wadah kedap udara dan suhu rendah. Di samping itu, stabilitas oksidatif minyak dipengaruhi oleh komposisi asam lemak dan kandungan senyawa minor yang secara alami terdapat di dalamnya. Minyak dengan kadar asam lemak tak jenuh yang tinggi cenderung lebih rentan mengalami oksidasi dan kerusakan. Kualitas awal minyak juga menjadi faktor penting yang menentukan tingkat stabilitas oksidatif selama penyimpanan (Syafrianti *et al.*, 2021).

Beta karoten yang terkandung dalam *Red Palm Oil* (RPO) merupakan salah satu bentuk provitamin A yang bersifat larut dalam minyak. Senyawa ini umumnya berada dalam bentuk isomer *trans* yang memiliki kemampuan konversi menjadi vitamin A lebih tinggi dibandingkan isomer *cis*. Dari sisi kimia, beta karoten dapat mengalami degradasi melalui proses oksidasi yang menghasilkan senyawa epoksida maupun apokarotenal. Selain itu, beta karoten juga dapat mengalami isomerisasi dari bentuk *trans* menjadi *cis* yang menyebabkan penurunan nilai absorbansi serta berkurangnya aktivitas provitamin A (Budiyanto, 2010).

Secara umum, hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar beta karoten dalam *Red Palm Oil* (RPO) dipengaruhi oleh berbagai faktor, terutama kondisi dan lama penyimpanan, tingkat kematangan buah, serta proses pengolahan yang diterapkan. Penerapan teknik produksi dan sistem penyimpanan yang lebih baik membantu mempertahankan kandungan beta karoten sehingga mutu dan nilai gizi minyak sawit tetap terjaga. Di samping itu, pengembangan metode ekstraksi dan pengolahan yang lebih efisien serta ramah lingkungan perlu terus dilakukan agar kualitas RPO dapat dipertahankan tanpa mengurangi kandungan senyawa nutrisinya (Muarif *et al.*, 2022; Subagya & Suwondo, 2018).

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kadar beta karoten dalam *Red Palm Oil* (RPO) asal Sambas, Kalimantan Barat mengalami penurunan selama penyimpanan walaupun tidak signifikan. Rata-rata kadar beta karoten menurun dari 188,59 ppm pada hari ke-1 menjadi 179,46 ppm pada hari ke-7, dengan persentase penurunan sebesar sekitar 4,84%. Oleh karena itu, penyimpanan RPO harus pada wadah yang gelap (botol amber).

5. REFERENSI

- Aulia, S. S., Rustanti, N. & Fitranti, D. Y. (2017). Fortifikasi NaFeEDTA pada Cookies Ubi Jalar Kuning Sebagai Produk Alternatif untuk Menanggulangi Anemia Defisiensi Besi. *Jurnal Gizi dan Pangan*, 12(3), 161–168. <https://doi.org/10.25182/10/jgp.2017.12.3.161-168>
- Badan Pusat Statistik. (2024). *Kabupaten Sambas Dalam Angka 2024*. Sambas: BPS Kabupaten Sambas
- Badan Standardisasi Nasional. (2022). *Minyak kelapa sawit—Penentuan deterioration of bleachability index (DOBI) dan kadar karoten* (SNI ISO 17932:2011).
- Budiyanto, M. A. K. (2010). *Dasar-Dasar Ilmu Gizi*. Malang: UMM Press.
- Diniaty, D., Hanum, F., & Hamdy, M. I. (2019). Analisis Pengendalian Mutu (Quality Control) CPO (Crude Palm Oil). *J. Tek. Ind*, 5(2), 92–99. <https://doi.org/10.24014/jti.v5i2.8316>
- Fathoni, A., Hartati, N. S., & Mayasti, N. K. I. (2016). Minimalisasi Penurunan Kadar Beta-Karoten dan Protein dalam Proses Produksi Tepung Ubi Kayu. *Jurnal Pangan*, 25(2), 113–124. <https://doi.org/10.33964/jp.v25i2.327>
- Iskandar, A. (2015). Dampak Perubahan Harga Crude Palm Oil (CPO) Dunia Terhadap Value Ekspor Komoditas Kelapa Sawit dan Perekonomian Indonesia (Pendekatan Vector Autoregression Analysis). *Jurnal Info Artha Sekolah Tinggi Akuntansi Negara (STAN)*, 1(31), 1–17. <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2834657>
- Marjan, A. Q., Marliyati, S. A., & Ekayanti, I. (2016). Pengembangan Produk Pangan dengan Substitusi Red Palm Oil sebagai Alternatif Pangan Fungsional Tinggi Beta Karoten. *Jurnal Gizi dan Pangan*, 11(2), 91–98.
- Muarif, A., Mulyawan, R., & Fitria, M. (2022). Analysis of crude palm oil (CPO) quality based on vacuum dryer performance at Primajasa palm oil mill. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 7(1), 24–28. <https://doi.org/10.31942/inteka.v7i1.6045>
- Priyatama, D. B., Supriyanto, G., & Priyambada. (2023). Analisis Rendemen Minyak Kelapa Sawit (CPO) berdasarkan Tingkat Kematangan Buah di PT. Bumitama Gunajaya Agro (Karya Bakti Agro Sejahtera). *AGROFORETECH*, 1(3), 2051–2060.
- Rahardja, I. B., Gumilang, R. N. R., Rantawi, A. B., & Saputra, H. (2022). Komparasi Karakteristik Laju Panas, Dingin dan Massa Jenis pada Crude Palm Oil (CPO), Minyak Goreng Serta Air. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ*, 1–11.
- Rasyid, M. I., Swandika, D., & Nurhidayatullah, N. (2022). Analisa Mutu Crude Palm Oil (CPO) pada Storage Tank di PT. Socfin Indonesia Kebun Seunagan. *Jurnal Teknologi Pengolahan Pertanian*, 4(2), 40–47. <https://doi.org/10.35308/jtpp.v4i2.6336>
- Saiya, A., & Caroles, J. D. S. (2022). Validasi Metode Analisis β -Karoten dengan Spektrofotometri UV-Vis dan Aplikasinya pada Penetapan Kadar β -Karoten dalam Buah Labu Kuning. *Fullerene Journ. Of Chem*, 7(1), 8–12. <https://doi.org/10.37033/fjc.v7i1.380>

- Sani, M. F. H., Setyowati, S., & Kadaryati, S. (2019). Pengaruh Teknik Pengolahan Terhadap Kandungan Beta-karoten pada Brokoli (*Brassica oleracea* L.). *Ilmu Gizi Indonesia*, 2(2), 133–140. <https://doi.org/10.35842/ilgi.v2i2.108>
- Sari, U. M., Bahri, S., & Puspitasari, D. J. (2018). Kandungan Karoten Kerupuk Simulasi Wortel (*Daucus carota* L.) Variasi Suhu Penyimpanan. *Jurnal Riset Kimia KOVALEN*, 4(1), 53–59. <https://doi.org/10.22487/kovalen.2018.v4.i1.10184>
- Sereti, F., Alexandri, M., Papapostolou, H., Papadaki, A., & Kopsahelis, N. (2025). Recent progress in carotenoid encapsulation: Effects on storage stability, bioaccessibility and bioavailability for advanced innovative food applications. *Food Research International*, 203, 115861. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.115861>
- Subagya, F., & Suwondo, E. (2018). Instabilitas Rendemen CPO pada Industri Minyak Sawit. *Jurnal Teknologi & Industri Hasil Pertanian*, 23(2), 82–88. <https://doi.org/10.23960/jtihp.v23i2.82-88>
- Syafira, R. Z., Anwar, S. H., & Rozali, Z. F. (2022). Pengendalian Mutu Crude Palm Oil (CPO) dengan Metode Control Chart dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) pada Pabrik Kelapa Sawit PT. XYZ. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pertanian Indonesia*, 14(2), 81–87. <https://doi.org/10.17969/jtipi.v14i2.23056>
- Syafrianti, A., Lubis, Z., & Elisabeth, J. (2021). Study of Crude Palm Oil (CPO) Handling and Storage Process in Palm Oil Mills in an Effort to Improve CPO Quality and Reduce the Risk of Contaminants Formation. *Journal of Food and Pharmaceutical Sciences*, 9(2), 461–470. <https://doi.org/10.22146/jfps.2091>
- Tarigan, T. G. R., & Sukarsono, B. P. (2021). Pengendalian Kualitas Produk Crude Palm Oil (CPO) Dengan Metode Six Sigma (Studi Kasus PT Supra Matra Abadi). *Industrial Engineering Online Journal*, 12(1), 1–12.