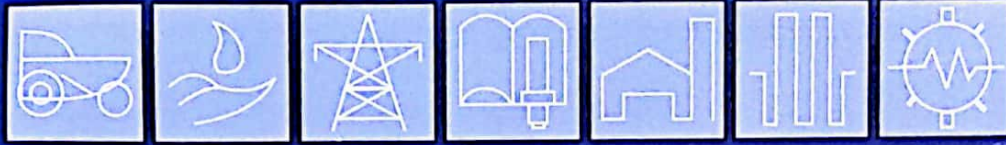
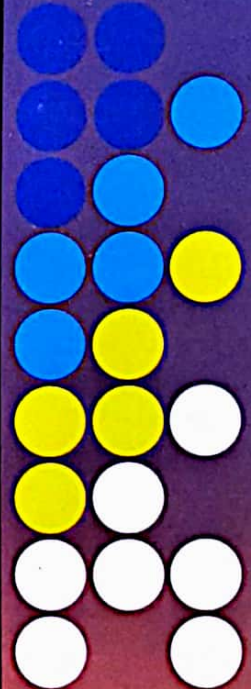


ISSN : 2301-8119
e-ISSN : 2443-1354



Jurnal Ilmiah **REKAYASA PERTANIAN DAN BIOSISTEM**

Volume 10 Nomor 1 Maret 2022



Diterbitkan Oleh
PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PANGAN DAN AGROINDUSTRI
UNIVERSITAS MATARAM
dan
PERHIMPUNAN TEKNIK PERTANIAN INDONESIA
(PERTETA) CABANG NUSA TENGGARA BARAT



Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem

Jurnal ini memuat hasil-hasil penelitian yang berkaitan dengan teknik pertanian dan biosistem. Naskah yang dikirim merupakan hasil penelitian yang belum pernah dipublikasikan sebelumnya dan tidak sedang dalam pertimbangan untuk publikasi di penerbitan lain. Semua penulis naskah diharapkan sudah menyetujui pengiriman naskah ke Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem dan setuju dengan urutan nama penulisnya. Penulis wajib mendaftarkan naskahnya melalui sistem OJS dengan registrasi *on line* di website terlebih dahulu dan bertanggung jawab terhadap isi naskah yang telah didaftarkan.

Penanggung Jawab:

Dekan Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri
Universitas Mataram

Dewan Penyunting:

Ida Ayu Widhiantari (Ketua)
Diah Ajeng Setiawati
Guyup Mahardhian Dwi Putra
Fakhrul Irfan Khalil
Isnaini Puspitasari
Rosyid Ridho
Gagassage Nanaluh De Side
Ahmad Thoriq
Dewi Sri Jayanti

Alamat Redaksi:

Program Studi Teknik Pertanian
Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri Universitas Mataram
Jl. Majapahit No.62 Mataram, 83125, NTB
Telp : (0370) 649879
E-mail : jrp_b_pstep@unram.ac.id
Website : http://jrp_b.unram.ac.id/index.php/jrp_b

Jurnal Ilmiah
Rekayasa Pertanian dan Biosistem

Vol. 10 No. 1 Maret 2022

DAFTAR ISI

Studi Simulasi pada Pipa Pengering Pati Sagu Tipe Pneumatik Skala 1 Ton dengan Ansys Fluent (<i>Simulation Study on Pipe of Sago Starch Dryer 1- Ton Scale Pneumatic Type with Ansys Fluent</i>)	
Abadi Jading, Paulus Payung, Reniana	1-13
Effect of Biogas Slurry Fertilizer on Dynamics of Soil Consistency and Tillage Power Requirement	
Cicilia Candra Palupi, Ngadisih, Joko Nugroho Wahyu Karyadi, Rose Tirtalistyani, Muhammad Heikal Ismail, Hanggar Ganara Mawandha	14-23
Klasifikasi Penggunaan Lahan Kelas Sawah Berbasis Data Citra Sentinel-2 dengan Algoritma MLC: Studi Kasus Kabupaten Jember Tahun 2019 (<i>Land Use Classification of Paddy Fields Class Based on Sentinel-2 Images with MLC Algorithm: Jember Regency Case Studies in 2019</i>)	
Rufiani Nadzirah, Indarto Indarto, Degita Fahmi Brillyansyah	24-38
Optimasi Waktu <i>Pre-Heating</i> dan Waktu Pulsed Electric Field terhadap Total Mikroba dan Sifat Fisik Susu (<i>Optimization of Pre-Heating and Pulsed Electric Field Time on Microbial Number and Physical Properties of Milk</i>)	
Angky Wahyu Putranto, Anugerah Dany Priyanto, Teti Estiasih, Widyasari, Hadi Munarko	39-48
Karakteristik Minyak Sawit pada Metode Pemanasan Buah Sawit (<i>Characteristics of Palm Oil in Heating Palm Fruit Method</i>)	
Adi Ruswanto, Sri Gunawan, Ngatirah, Reza Widyasaputra	49-56
Penggunaan Persamaan Matematika untuk Penimbang Berbasis Sensor Jarak pada Alat Angkut TBS Kelapa Sawit (<i>Utilization of Mathematics Equation for Distance Sensor-Based Scale on Oil Palm Fresh Fruit Bunch Transporting Vehicles</i>)	
Muhammad Murdzany Billy, Andreas Wahyu Krisdiarto	57-65

JURNAL JRPB

1. LINK ARTIKEL JURNAL ;
<https://jrpb.unram.ac.id/index.php/jrpb/article/view/323/182>
2. Link Indeks Jurnal JRPB SINTA 2 :
<https://sinta.kemdikbud.go.id/journals/profile/519>
3. Link hasil Turnitin
http://repo.instiperjogja.ac.id/id/eprint/98/1/Hasil%20Turnitin_JRPB-KARAKTERISTIK%20MINYAK%20SAWIT%20PADA%20METODE%20PEMANASAN%20BUAH%20SAWIT_Adi%20Ruswanto%20et%20al_%20INSTIPER%20Yogyakarta.pdf
4. Link korespondensi/peer review
http://repository.instiperjogja.ac.id/index.php?p=show_detail&id=20292&keywords=

DOI: 10.29303/jrpb.v10i1.323
ISSN 2301-8119, e-ISSN 2443-1354
Tersedia online di <http://jrpb.unram.ac.id/>

KARAKTERISTIK MINYAK SAWIT PADA METODE PEMANASAN BUAH SAWIT

Characteristics of Palm Oil in Heating Palm Fruit Method

Adi Ruswanto^{1,*}, Sri Gunawan², Ngatirah¹, Reza Widyasaputra¹

¹Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Institut Pertanian Stiper Yogyakarta
Jl. Nangka II Maguwoharjo, Depok, Sleman, Yogyakarta 55282, Indonesia

²Program Studi Agroteknologi, Institut Pertanian Stiper Yogyakarta
Jl. Nangka II Maguwoharjo, Depok, Sleman Yogyakarta 55282, Indonesia

Email^{*}: adiroeswanto@gmail.com

Diterima: Desember 2021

Disetujui: Maret 2022

ABSTRACT

Raw materials and sterilization processes in palm oil processing have a significant role in the nature of palm oil. Until now, the raw material is in the form of bunches of palm fruit and the heating process uses hot steam. This research aims to find out the characteristics of palm oil from heating methods different from the raw materials of palm fruit that are separated from bunches (brondolan). The research method uses a factorial experiment with two factors. Factor I is a method of heat administration consisting of 3 levels; P_1 = heating by steaming, P_2 = heating with hot air, P_3 = heating with steam from the sterilizer. Factor II is the warming time consists of 3 levels; t_1 = 30 minutes, t_2 = 60 minutes, t_3 = 90 minutes. Observation parameters include free fatty acid content (FFA), mesocarp oil content, deterioration of bleaching index (DOBI), impurities content. The data obtained were analyzed using analysis of variance and if there is a difference, continued DMRT test 5%. The results showed that the length of warming time affected free fatty acids, DOBI, mesocarp oil content, but had no effect on impurities content. The longer the heating, the more it increases free fatty acids and lowers DOBI. The method of heating brondolan palm fruit affects FFA and DOBI, but does not affect the impurities and mesocarp oil content, and the steamed methods give better results than the other.

Keywords: raw material; characteristics; palm oil; heating

ABSTRAK

Bahan baku dan proses sterilisasi dalam pengolahan minyak sawit mempunyai peranan sangat penting terhadap sifat minyak sawit. Sampai saat ini bahan baku berupa tandan buah sawit dan proses pemanasan menggunakan uap panas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik minyak sawit dari metode pemanasan berbeda dengan bahan baku buah sawit yang lepas dari tandannya (*brondolan*). Metode penelitian menggunakan rancangan percobaan faktorial dengan 2 faktor. Faktor I adalah metode pemberian panas terdiri dari 3 taraf; P_1 = pemanasan dengan cara dikukus, P_2 = pemanasan dengan udara panas, P_3 = pemanasan dengan

steam dari *sterilizer*. Faktor II adalah waktu pemanasan terdiri 3 taraf ; $t_1 = 30$ menit, $t_2 = 60$ menit, $t_3 = 90$ menit. Parameter pengamatan meliputi kadar asam lemak bebas (ALB), kadar minyak mesokarp, *deterioration of bleachability index* (DOBI), dan kadar kotoran. Hasil penelitian menunjukkan lama waktu pemanasan berpengaruh terhadap ALB, DOBI, dan kadar minyak mesokarp, tetapi tidak berpengaruh terhadap kadar kotoran. Semakin lama pemanasan semakin meningkatkan ALB dan menurunkan DOBI. Metode pemanasan *brondolan* buah sawit berpengaruh pada ALB dan DOBI, tetapi tidak berpengaruh terhadap kadar kotoran, kadar minyak mesokarp dan metode dikukus memberikan hasil yang lebih baik.

Kata kunci: bahan baku; karakteristik; minyak sawit; pemanasan

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Indonesia merupakan negara produsen minyak sawit tertinggi di dunia dan setiap tahunnya produksinya terus meningkat. Menurut Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (GAPKI) tahun 2020, produksi minyak sawit mentah (CPO) tahun 2018 sekitar 43 juta ton dan tahun 2020 sebesar 47,41 juta ton dan tahun 2021 diproyeksikan 52,30 juta ton. Dirjenbun, (2016) menyatakan bahwa komoditas sawit merupakan penyumbang devisa negara tertinggi di sektor perkebunan dan ekspor minyak sawit setiap tahun juga terus meningkat. Produksi CPO yang tinggi ini mestinya harus diikuti dengan kualitas yang baik juga. Untuk bahan baku tandan buah sawit (TBS) sebagai penyuplai pabrik pengolahan CPO berasal dari kebun inti, plasma ataupun dari petani mandiri.

Untuk menghasilkan produk yang baik sangat dipengaruhi oleh dua faktor utama, yaitu bahan baku TBS dan metode proses pengolahan. TBS yang masak maksimal dan proses pengolahan yang baik menghasilkan CPO yang baik (Ruswanto, *et al.*, 2020). TBS harus yang masak atau lewat masak maksimal 5%. Berdasarkan peraturan menteri pertanian tahun 2018, bahwa TBS yang akan diolah tidak ada yang mentah, persentase masak minimal 95%, persentase lewat masak maksimal 5%. Krisdiarto, *et al.*, (2017), mengatakan bahwa perubahan kualitas TBS dipengaruhi proses penanganan bahan, mulai dari pemanenan, pengangkutan, dan pemuatan ke bak truk

serta pengangkutan ke pabrik minyak kelapa sawit.

Pembentukan asam lemak bebas terbanyak saat di lapangan atau sebelum mulai diolah di pabrik kelapa sawit bisa mencapai 1%, sedangkan pada saat pengolahan di pabrik kelapa sawit (PKS) kenaikan ALB hanya 0,1% atau paling tinggi 0,3–0,5% (Mangoensoekarjo & Semangun, 2008).

Proses sterilisasi bertujuan untuk melunakkan mesokarp, sehingga memudahkan dalam proses pelumatan dan pengepresan (Hadi, *et al.*, 2016). Berbagai jenis *sterilizer* diantaranya sistem kontinyu yang menggunakan sekitar 95-100°C dan tekanan sekitar 1 bar, waktu sekitar 80 menit, sedangkan, *sterilizer* sistem *batch* dengan *triple peak* suhu yang digunakan sekitar 130°C dengan tekanan 1,5 sampai 3,0 bar dengan waktu sekitar 80 - 90 menit (Zamanhuri, *et al.*, 2017).

Permasalahan pertama dalam produksi CPO terkait dengan jenis bahan baku. Bahan baku yang diolah biasanya berupa TBS, tetapi juga dapat berupa buah sawit yang sudah lepas dari janjangnya (*brondolan*). *Brondolan* buah sawit ini mempunyai sifat fisik mesokarpnya lebih lunak, sehingga jika disterilisasi secara standar (suhu 130-145°C, 1,5–3 bar) akan berpengaruh terhadap karakteristik mutu dan rendemen minyak yang dihasilkan.

Permasalahan kedua adalah biaya transportasi TBS terlalu tinggi bagi petani sawit baik mandiri atau plasma karena jarak yang jauh dan jalan yang tidak baik. Diperlukan metode yang sederhana untuk mengekstrak minyak sawit yang nantinya

dimiliki petani dengan bahan baku berupa brondolan buah sawit, sehingga petani sawit tidak menjual TBS, tetapi dalam bentuk CPO. Alternatif pemecahan masalahnya adalah bahan baku yang digunakan dalam bentuk *brondolan* (buah sawit yang lepas dari janjangnya secara alami) jatuh di piringan, sehingga tidak perlu ada proses pemipilan. Selain itu proses perebusan buah sawit dapat menggunakan metode pengukusan dengan suhu rendah sekitar 110°C dan tekanan rendah sekitar 1 bar (mirip *sterilizer* kontinyu), karena daging buah/mesokarp brondolan relatif lebih lunak dan kapasitasnya juga bisa menyesuaikan.

Kandiah, *et al.*, (2006) dan Sivasothy (2005), menyatakan bahwa penggunaan *sterilizer* kontinyu untuk pengolahan TBS memberikan pengaruh yang lebih baik dibanding sistem *batch* berdasarkan nilai ALB, angka peroksida, *deterioration of bleachability index* (DOBI), kadar karoten, dan kemudahan proses perontokan serta pemisahan daging buahnya. Beberapa penelitian ada yang proses transfer panasnya menggunakan udara panas bukan *steam*, karena prinsipnya adanya transfer panas ke daging buah sehingga menjadi lunak dan proses selanjutnya menjadi mudah dilakukan.

Sarah (2015), mengatakan bahwa sterilisasi tandan buah sawit menggunakan mikrowave iradiasi dapat melindungi kualitas minyak sawit dan memudahkan pelepasan buah sawit dari tandannya (74 dan 81 %). Selain itu, penyinaran gelombang mikro mengurangi waktu dan suhu pada proses sterilisasi yang didasarkan inaktivasi lipase dibanding cara konvensional. Berdasarkan hal tersebut, dilakukan kajian berbagai metode pemanasan yang menggunakan bahan baku brondolan buah sawit terhadap karakteristik minyak sawit yang dihasilkan.

Tujuan

Untuk mengetahui karakteristik dan potensi rendemen minyak sawit yang dihasilkan dari metode pemanasan di kukus,

di oven, *steam sterilizer* yang menggunakan bahan baku *brondolan* buah sawit.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan adalah peralatan gelas laboratorium, buret, soxhlet, oven, kempa, timbangan digital, satu set peralatan perebusan dilengkapi dengan angsang, *sterilizer* skala laboratorium, spektrofotometer UV-Vis. Bahan yang digunakan adalah buah sawit dari kebun INSTIPER di Ungaran Jawa Tengah. Bahan kimia untuk analisis, yaitu etil alkohol, sodium hidrosida, indikator thymolblue 1% dalam alkohol 95%, larutan asam asetat:chloroform (3:2 v/v), larutan kalium Iodida (KI), karbontetrachlorida (CCl₄), amilum 1%, Na-thiosulfat 0,1 N, larutan Wijs, n-hexana jenis pa.dari Merck.

Metode

Dimulai dari pengambilan *brondolan* buah sawit di kebun SEAT di Ungaran. Buah sawit disortasi dan ditimbang 1 kg untuk setiap perlakuan dan kemudian dipanaskan sesuai perlakuan (dikukus, dioven, disterilisasi). Metode penelitian menggunakan rancangan percobaan faktorial dengan 2 faktor. Faktor I adalah metode pemberian panas terdiri 3 taraf; P1= pemanasan dengan cara dikukus (*brondolan* sawit diletakkan di angsang, sumber panas uap panas dari air yang mendidih), P2 = pemanasan dengan udara panas/oven (*brondolan* dimasukkan ke rak oven dialiri udara panas), P3= pemanasan dengan *steam* dari *sterilizer* (*brondolan* diletakkan di angsang *sterilizer* skala laboratorium, sumber panas uap air panas). Faktor II adalah waktu pemanasan terdiri 3 taraf; t₁ = 30 menit, t₂ = 60 menit, t₃ = 90 menit. Buah sawit yang sudah dipanaskan diekstraksi minyaknya menggunakan kempa dan minyak yang dihasilkan dianalisis.

Parameter pengamatan meliputi kadar ALB (AOCS, 2003), kadar minyak (AOCS, 2003), DOBI (Kuntom, *et al.*, 2005), dan kadar kotoran (AOCS, 2003). Data yang

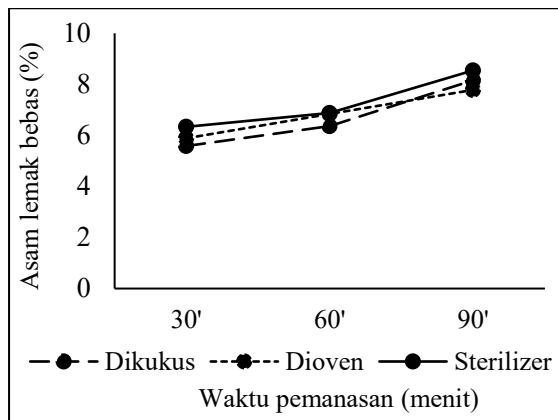
diperoleh dianalisis keragaman (ANOVA) dan jika ada perbedaan nyata dilanjutkan uji DMRT 5% (Gomez & Gomez, 1984).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian yang sudah dilaksanakan, hasilnya disajikan berdasarkan setiap parameter yang diamati sebagai berikut:

a. Kadar ALB

Kadar asam lemak minyak sawit pada perlakuan metode pemanasan dan waktu pemanasan dapat dilihat pada Gambar 1.



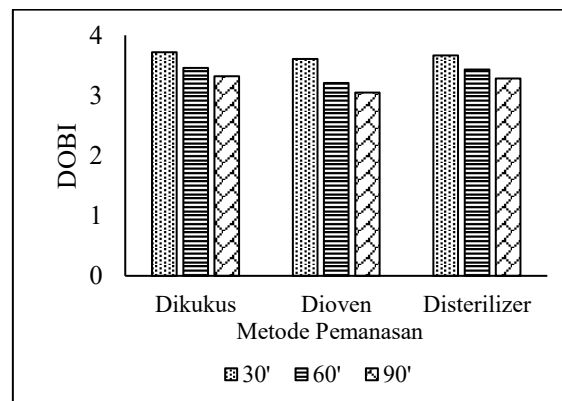
Gambar 1. Hubungan metode dan waktu pemanasan terhadap kadar ALB minyak sawit.

Berdasarkan uji keragaman, lama waktu pemanasan dan metode pemanasan berpengaruh terhadap kadar ALB dan ada interaksi antar perlakuan ($\alpha = 0,05$). Pada Gambar 1, lama waktu pemanasan pada perlakuan metode pemanasan menunjukkan adanya kenaikan kadar ALB. Hal ini terjadi akibat adanya kerusakan minyak sawit di mesokarp terutama akibat proses hidrolisis.

Pada proses hidrolisis minyak sebagian dirusak terutama akibat adanya air menghasilkan ALB. Rahmat, *et al.*, (2018) dan Nokkaew & Punsuvon (2014), mengatakan bahwa kerusakan hidrolisis pada minyak terutama akan dihasilkan ALB. Untuk standar SNI-01-2901-2006 kadar maksimal ALB 5%, sehingga semua perlakuan hasilnya masih diatas standar (Badan Standarisasi Nasional, 2006).

b. DOBI

Hasil pengamatan nilai DOBI pada minyak yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 2. Pada Gambar 2 terlihat bahwa adanya penurunan nilai DOBI akibat lama pemanasan pada setiap metode baik yang dikukus, dioven dan di-sterilizer. Berdasarkan analisis keragaman terlihat bahwa ada pengaruh signifikan perlakuan waktu pemanasan dan metode pemanasan terhadap DOBI, tetapi tidak ada interaksi antar perlakuan.

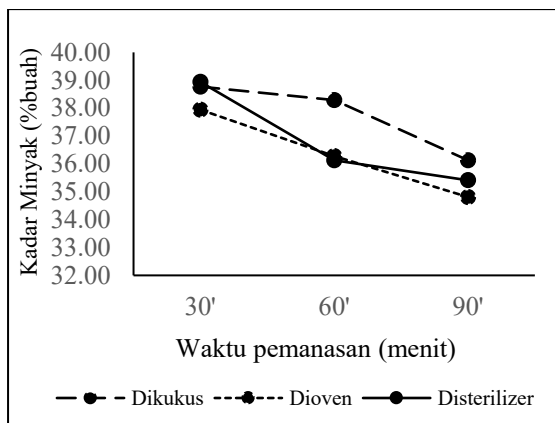


Gambar 2. Hubungan metode dan waktu pemanasan terhadap nilai DOBI minyak sawit

Hal ini dikarenakan adanya kerusakan oksidatif pada minyak akibat transfer panas dari *sterilizer (steam)* lebih tinggi dari uap air panas (di kukus) dan udara panas (oven) dan semakin lama pemanasan, sehingga kontak bahan dengan panas semakin besar, mengakibatkan kerusakan minyak semakin tinggi. Namun demikian, nilai DOBI masih di kisaran baik (2,93 – 3,24) dan sangat baik ($> 3,24$). Noerhidajat, *et al.*, (2016) dan Hock, *et al.*, (2020), menyatakan bahwa penurunan nilai DOBI menunjukkan adanya kerusakan oksidasi akibat adanya udara panas. Sarah, *et al.*, (2018), mengatakan bahwa kerusakan oksidasi minyak sawit menyebabkan kerusakan karoten yang berhubungan dengan tingkat kecerahan menurun yang berhubungan dengan nilai DOBI.

c. Kadar Minyak Mesokarp

Kandungan minyak pada daging buah setelah dilakukan pemanasan pada setiap perlakuan, disajikan pada Gambar 3. Gambar 3 menunjukkan penurunan kandungan minyak pada mesokarp buah sawit akibat lama waktu pemanasan pada metode pemanasan antara di kukus, di oven, dan di *sterilizer*. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu pemanasan, terjadi peningkatan transfer panas, sehingga sel minyak pecah dan terdegradasi menjadi senyawa sederhana yang mudah menguap ataupun dapat terjadi minyak keluar berupa drips. Sedangkan, hasil analisis keragaman menunjukkan ada pengaruh signifikan pada lama pemanasan buah sawit, tetapi tidak ada pengaruh signifikan pada metode pemanasan dan interaksi kedua perlakuan tersebut (Tabel 1).



Gambar 3. Hubungan metode dan waktu pemanasan terhadap kadar minyak sawit

Tabel 1. Hasil analisis keragaman kadar minyak

	db	SS	Ms	F hit	F Tabel
Perlk	8	37,53	4,69	3,74	
t	2	28,85	14,42	11,49*	4,26
P	2	5,92	2,96	2,36 ^{tn}	4,26
P x T	4	2,76	0,69	0,55 ^{tn}	3,63
Error	9	11,30	1,26		
Total	17	48,82			

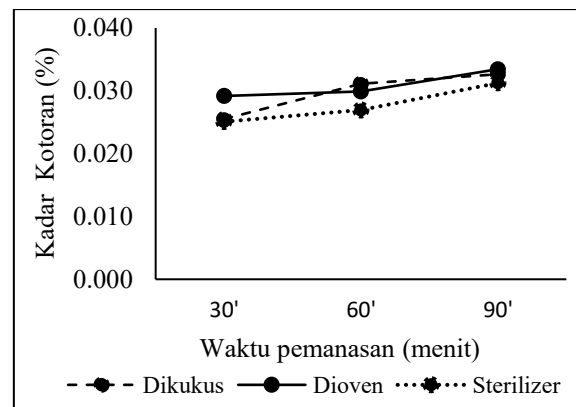
Keterangan: tn=tidak ada pengaruh signifikan),
*= ada pengaruh signifikan ($\alpha = 0,05$)

Menurut Sarah (2015), penggunaan panas *steam* pada proses sterilisasi TBS di pabrik minyak sawit diikuti dengan tekanan

ataupun suhu tinggi menyebabkan terdegradasinya minyak (Morakinyo & Bamgboye, 2017). Kerusakan minyak akibat perlakuan fisik, yaitu panas baik dari uap air panas, udara panas, dan *steam sterilizer* dapat menyebabkan kehilangan minyak. Jika sumber panas dan suhunya berbeda, maka tingkat kerusakan minyaknya juga berbeda. Hasil penelitian menunjukkan kehilangan minyak tertinggi pada pemanasan menggunakan udara panas.

d. Kadar Kotoran

Kandungan kotoran minyak sebagai indikator kualitas minyak sawit. Hasil penelitian disajikan pada Gambar 4. Pada Gambar 4 terlihat bahwa kadar kotoran seiring dengan lama waktu pemanasan dan metode pemanasan adalah relatif sama atau kenaikannya sangat kecil.



Gambar 4. Hubungan metode dan waktu pemanasan terhadap kadar kotoran minyak sawit

Hasil analisis keragaman menunjukkan tidak ada pengaruh signifikan pada faktor lama dan metode pemanasan maupun interaksinya. Hal ini karena dalam pemisahan kotoran dengan minyak, dilakukan dengan proses pengendapan dan minyak yang berada di bagian atas yang diambil, sehingga kandungan kotoran relatif sama. Corley & Tinker, (2016) dan Kumaradevan *et al.*, (2015), mengatakan bahwa kandungan kotoran dapat diturunkan dalam tahapan proses klarifikasi dengan prinsip, penyaringan dan pengendapan, setrifugasi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa lama waktu pemanasan *brondolan* buah sawit berpengaruh terhadap ALB, DOBI, kadar minyak mesokarp; tetapi tidak berpengaruh terhadap kadar kotoran minyak sawit. Metode pemanasan *brondolan* buah sawit, yaitu dikukus, dioven, di-sterilizer memberikan pengaruh pada asam lemak bebas dan DOBI; tetapi tidak berpengaruh pada kadar minyak dan kadar kotoran. Lama pemanasan sampai 90 menit dan metode pemanasan dikukus memberikan karakteristik minyak sawit yang tergolong baik berdasarkan DOBI, kadar minyak mesokarp, dan kadar kotoran, tetapi kadar ALB masih cukup tinggi. *Brondolan* buah sawit masih berpotensi dapat digunakan sebagai alternatif untuk bahan baku pengolahan minyak sawit CPO.

Saran

Perlu dilanjutkan penelitian tentang bahan baku *brondolan* buah sawit dan metode pemanasan terhadap perubahan komposisi asam lemak minyak sawit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Institut Pertanian Stiper yang telah membiayai penelitian ini.

DAFTAR REFERENSI

- AOCS. (2003). Official Methods and Recommended Practices of the AOCS. 5th edn. American Oil Chemists' Society Champaign Illinois. In *Official Methods and Recommended Practices of the AOCS. 5th edn. American Oil Chemists' Society Champaign* (5th ed., Vol. 5).
- Badan Standarisasi Nasional. (2006). *Standar Minyak kelapa sawit mentah (Crude palm oil) SNI 01-2901-2006*.
- Corley, R.H.V., & Tinker, P.B. (2016). *The Oil Palm* (Fifth). Blackwell Science Ltd. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118953297>.
- Dirjenbun. (2016). *Statistik Perkebunan Indonesia, Kelapa Sawit 2015-2017* (H. DD & A. Y (eds.)). Sekretariat Direktorat Jenderal Perkebunan, Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementrian Pertanian.
- Gomez, K.K., & Gomez, A. A. (1984). *Statistical Prosedures for Agricultural Research, 2nd edn. John Wiley and Son, Inc. London, U.K.* (2nd edn). <https://www.worldcat.org/title/statistical-procedures-for-agricultural->
- Hadi, A. B. A., Mohammad, W., & Takriff, M. S. (2016). Determination of optimum sterilization condition based on calculated heat transfer rate for palm oil mill process. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11(13), 8475–8480.
- Hock, T. K., Chala, G. T., & Cheng, H. H. (2020). An innovative hybrid steam-microwave sterilization of palm oil fruits at atmospheric pressure. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 60(December 2019), 102289. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102289>
- Kandiah, S., Basiron, Y., Suki, A., Taha, R. M., Hwa, T. Y. H., & Sulong, M. (2006). Continuous Sterilization : the New Paradigm for Modernizing Palm Oil Milling. *Journal of Oil Palm Research*, 144–152.
- Krisdiarto, A. W., Sutiarto, L., & Widodo, K. H. (2017). Optimasi Kualitas Tandan Buah Segar Kelapa Sawit dalam Proses Panen-Angkut Menggunakan Model Dinamis.

- Agritech*, 37(1), 101–107. <https://doi.org/10.22146/agritech.17015>.
- Kumaradevan, D., Chuah, K. H., Moey, L. K., Mohan, V., & Wan, W. T. (2015). Optimising the operational parameters of a spherical steriliser for the treatment of oil palm fresh fruit bunch. *Optimising the operational parameters of a spherical steriliser for the treatment of oil palm fresh fruit bunch. 7th International Conference on Cooling & Heating Technologies: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering PAPER*, 7. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/88/1/012031>.
- Kuntom, A., Lin, S. W., Ai, T. Y., Yusof, M., Sue, T. T., & Ibrahim, N. A. (2005). *MPOB Test Methods: a compendium of test on palm oil products, palm kernel products, fatty acids, foot related products and other*. Malaysian Palm Oil Board. mpob.gov.my.
- Mangoensoekarjo, S., & Semangun, H. (2008). *Manajemen Agrobisnis Kelapa Sawit* (3rd ed.). Gadjah Mada University Press.
- Morakinyo, T. A., & Bamgboye, A. I. (2017). Optimization of Operation Parameters of a Vertical Sterilizer of Medium-Scale Oil Palm Mill Using Taguchi Method. *Journal of Food Process Engineering*, 40(3), 1–8. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12453>.
- Noerhidajat, Yunus, R., Zurina, Z.A., Syafiie, S., Ramanaidu, V. and Rashid, U. (2016). Effect of high pressurized sterilization on oil palm fruit digestion operation. *International Food Research Journal*, 23(1), 129–134.
- Nokkaew, R., & Punsuvon, V. (2014). Sterilization of oil palm fruits by microwave heating for replacing steam treatment in palm oil mill process. *Advanced Materials Research*, 1025–1026, 470–475. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.1025-1026.470>.
- Rahmat, C. C. M., Nu' man, A. H., Rohaya, M. H., & Rusnani, A. M. (2018). Evaluation Of Double-Roll Crusher On Oil Palm Fruit Bunches and Effect Of Bruising Level On Free Fatty Acids Content. *Journal of Engineering Science and Technology*, 13(10), 3381–3392. © School of Engineering, Taylor's University.
- Ruswanto, A., Ramelan, A. ., Praseptianga, D., & Ida, B. B. (2020). Effects of Ripening Level and Processing Delay on the Characteristics of Oil Palm Fruit Bunches. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*, 10(1), 389–394.
- Sarah, M. (2015). *Effects Of Time and Temperature on Process and Crude Palm Oil Quality with Microwave Irradiation Sterilization*. Universiti Teknologi Malaysia.
- Sarah, M., Ramadhan, M. R., & Zahra, A. (2018). *Effect of Sterilization Time and Temperature on Fatty Acids , Carotenoids and Vitamin E of Oil Extracted from Palm Fruit Irradiated by Microwave Energy*. 020068, 1–8. <https://doi.org/10.1063/1.5064354>.
- Sivasothy, K., Halim, R. M., & Basiron, Y. (2005). A New System for Continuous Sterilization of Oil Palm Fresh Fruit Bunches. *Journal of Oil Palm Research*, 17(December), 145–151.
- Zamanhuri, N. A., Rahman, N. A., & Bakar, N. F. A. (2017). Effect of Various

Power Level and Different Ratio of Fruit To Water in Oil Palm Fruits Microwave Sterilizer. *Malaysian Journal of Analytical Science*, 21(4),

941–949.

<https://doi.org/10.17576/mjas-2017-2104-21>