

ANALISIS TINGKAT KEMATANGAN BUAH SAWIT DENGAN INJEKSI TEGANGAN SEARAH

Dino Yanuardi¹, Saktioto^{1*}, Romi Fadli Syahputra², Defrianto¹, Yan Soerbakti¹

¹Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau

²Jurusan Fisika FMIPAK Universitas Muhammadiyah Riau

*E-mail korespondensi: saktioto@lecturer.unri.ac.id

ABSTRACT

Palm fruit is Indonesia's main communiqué as the largest foreign exchange contributor processed into crude palm oil (CPO). However, the quality of CPO that will be produced is influenced by the right level of maturity of palm fruit so as not to cause losses from the processor. Losses from the palm fruit processing can be overcome using a method that can determine the maturity level of the palm fruit, one of which is by injecting the voltage in the direction of the palm fruit. The purpose of direct voltage objection to the function of time in the palm fruit is to obtain a voltage response relationship to the content of yield, moisture content and free fatty acid (ALB) in the palm fruit. In this study, palm fruit was classified into 4 levels of maturity, namely unripe, almost ripe, ripe and overripe given direct voltage injection of 9 Volts for 1 minute with 3 repetitions using four electrodes arranged parallel to obtain an electrical voltage response with an electrode diameter of 1.4 mm. The distance between electrodes was chosen to be 4 – 6 mm from stainless steel materials, and the depth of the electrode to the palm fruit is 3 – 5 mm. Palm fruit was injected with electrical voltage and obtained the value of voltage response, electric current, resistivity and power of each level of maturity. The electrical information obtained will explain the yield content, water content and ALB in palm fruit in accordance with the classification of ripeness. The results of the study obtained, that the palm fruit is said to ripen when it has a voltage response value of 0.586 – 0.765 V, electric current 385 – 404.9 μ A, resistivity 40.197 – 54.523 Ω m, and power 0.238 – 0.299 mW. The results showed that the maturity level of palm fruit based on its chemical content affects the properties of electricity.

Keywords: Palm Fruit, Electric Voltage, Electric Current, Resistivity, Electrical Power.

ABSTRAK

Buah sawit merupakan komoditas andalan Indonesia sebagai penyumbang devisa terbesar yang diolah menjadi crude palm oil (CPO). Akan tetapi, kualitas CPO yang akan dihasilkan dipengaruhi oleh tingkat kematangan buah sawit yang tepat agar tidak menimbulkan kerugian dari pihak pengolah. Kerugian dari pihak pengolah buah sawit dapat diatasi dengan menggunakan suatu metode yang dapat menentukan tingkat kematangan buah sawit, salah satunya dengan cara penginjeksian tegangan searah pada buah sawit. Tujuan penginjeksian tegangan searah terhadap fungsi waktu pada buah sawit adalah untuk mendapatkan hubungan respon tegangan terhadap kandungan rendemen, kadar air dan asam lemak bebas (ALB) pada buah sawit. Pada penelitian ini, buah sawit diklasifikasikan menjadi 4 tingkat kematangan, yaitu mentah, hampir matang, matang dan terlalu matang diberikan injeksi tegangan searah sebesar 9 Volt selama 1 menit dengan 3 kali pengulangan menggunakan empat elektroda yang disusun sejajar untuk mendapatkan respon tegangan listrik dengan diameter elektroda 1,4 mm, jarak antar elektroda 4 – 6 mm dari bahan stainless steel, dan kedalaman elektroda ke buah sawit 3 – 5 mm. Buah sawit diinjeksikan tegangan listrik dan diperoleh nilai respon tegangan, arus listrik, resistivitas dan daya tiap tingkat kematangan. Informasi kelistrikan yang diperoleh akan menjelaskan kandungan rendemen, kadar air dan ALB pada buah sawit yang sesuai dengan klasifikasi kematangannya. Hasil penelitian yang didapat, bahwa buah sawit dikatakan matang saat memiliki dengan nilai respon tegangan 0,586 – 0,765 V, arus listrik 385 – 404,9 μ A, resistivitas 40,197 – 54,523 Ω m, dan daya 0,238 – 0,299 mW. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa tingkat kematangan buah sawit berdasarkan kandungannya secara kimia berefek pada sifat kelistrikan yang dihasilkannya.

Kata kunci: Buah Sawit, Tegangan Listrik, Arus Listrik, Resistivitas, Daya Listrik.

Diterima 12-09-2022 | Disetujui 15-01-2023 | Dipublikasi 17-04-2023

PENDAHULUAN

Buah sawit merupakan sumber bahan dasar minyak nabati yaitu *crude palm oil* (CPO) yang dihasilkan dari ekstraksi mesokarp buah sawit [1]. Proses panen buah kelapa sawit memerlukan waktu dalam rentang 5 – 6 bulan dari saat penyerbukan sampai matang [2]. Tingkat kematangan tandan buah segar (TBS) terdiri dari 4 bagian yaitu mentah, hampir matang, matang, dan terlalu matang. Penentuan tingkat kematangan dari buah sawit dilakukan berdasarkan keadaan visual TBS yaitu dari jumlah brondolan jatuh dari tandannya dan warna pada buah [3]. Akan tetapi, teknik ini bersifat subjektif karena hanya melihat keadaan terluar dari TBS sawit baik warna maupun jumlah brondolan yang jatuh, tanpa menimbang kandungan yang dimiliki oleh buah sawit sehingga kuantitas dan kualitas minyak yang dihasilkan tidak jelas.

Penilaian tingkat kematangan kelapa sawit selama beberapa tahun terakhir memiliki beberapa metode yang salah satunya yaitu computer vision, namun dibutuhkan peralatan pendukung seperti kamera digital canggih dan perangkat lunak komputer serta human graders (operator terlatih) sehingga tidak cocok untuk pengujian di tempat [4]. Selain itu, ada juga analisis spektral yang dilakukan pada gambar sampel buah dan fitur warna RGB digunakan untuk mengklasifikasikan kematangan buah, yang didasarkan pada berbagai panjang gelombang warna merah, hijau, dan biru dari gambar buah [5], namun karena metode ini sangat bergantung pada kualitas warna gambar dan ekstraksi fitur serta mengklasifikasikan buah-buahan matang dari tandan berdasarkan nilai rata-rata komponen merah sehingga tidak dapat membedakan komponen warna merah untuk buah sawit yang berada pada tingkat kematangan di bawah kategori matang [6].

Oleh karena itu, penulis melakukan penelitian kali ini dengan tujuan untuk memastikan tingkat kematangan buah sawit dengan menginjeksikan tegangan listrik searah (DC) pada bagian mesokarp buah sawit untuk mendapatkan respon tegangan terhadap

kandungan yang dimiliki oleh buah sawit, yaitu rendemen minyak, ALB dan kadar air sehingga tingkat kematangan dari buah sawit bisa ditentukan dan buah sawit dapat diolah menjadi CPO yang memiliki kuantitas dan kualitas yang tinggi.

TINJAUAN PUSTAKA

Buah Sawit

Ukuran buah sawit dengan panjang 2 – 3 cm berbentuk lonjong membulat dengan massa rata-rata buahnya 13 – 20 gram [7]. Anatomi buah kelapa sawit terdiri dari empat lapisan, yaitu: exocarp adalah bagian kulit buah yang berlapis lilin dan memiliki warna sesuai dengan varietas dan umur buahnya, lalu mesocarp adalah bagian buah yang berserabut dan mengandung minyak paling tinggi, kemudian endocarp adalah cangkang pelindung inti dan kernel adalah isi buah sawit yang mengandung minyak sekitar 8% – 100% [8].

Buah sawit akan mengalami perubahan volume dan massa setiap pertambahan waktu, hal ini menunjukkan adanya peningkatan kandungan kimia serta perkembangan dari anatomi buah sawit [9]. Tingkat kematangan buah sawit dapat ditentukan dengan melihat secara visual dari keadaan tandan buah sawit, seperti warna dan jumlah brondolan yang jatuh pada pohon sawit. Berikut ini adalah fraksi tingkat kematangan buah sawit berdasarkan warna dan jumlah brondolan yang disajikan dalam Tabel 1.

Listrik Searah

Arus listrik sebagai muatan mengalir melalui suatu permukaan didefinisikan sebagai arus listrik. Saat medan listrik diberikan pada suatu konduktor, maka muatan akan mengalir membentuk arus yang searah dengan medan listrik. Ketika sebuah konduktor sepanjang L yang diberikan tegangan listrik V , jumlah elektron bebas dalam konduktor tersebut adalah n dengan nilai muatan e , dan elektron-elektron tersebut bergerak dengan kecepatan v .

Tabel 1. Standar penilaian tingkat kematangan buah sawit [10].

Tingkat Kematangan Buah Sawit	Kriteria Matang Panen			
	Warna Buah Sawit	Buah yang Terjatuh ke Tanah	Soket Buah yang Lepas dari Tandan	Warna Mesokarp Buah Sawit
Mentah	Hitam Keunguan	0	0	Kuning
Hampir matang	Hitam kejinggaan	0 – 5	>10	Kuning kejinggaan
Matang	Merah Kejinggaan	>10	>10	Kuning Kejinggaan
Terlalu matang	Jingga	>50% dari tandan	>50% dari tandan	Kuning Kejinggaan

Kecepatan elektron v mengalir pada konduktor yang meningkat dan kemampuan partikel bermuatan untuk bergerak pada medium sebagai respon terhadap medan listrik mengakibatkan meningkatnya medan listrik dan hal ini dipengaruhi oleh μ adalah koefisien mobilitas, sehingga diperoleh:

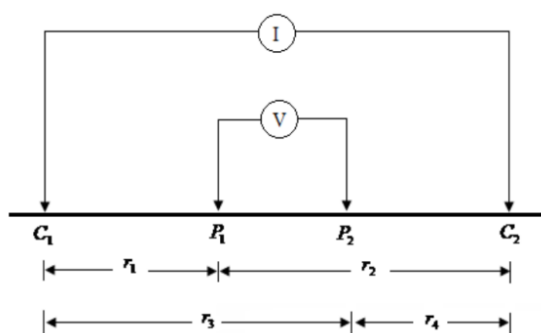
$$J = \mu neE \quad (1)$$

Saat tegangan listrik dihubungkan dengan konduktor maka akan menghasilkan medan listrik pada setiap bagian di dalam konduktor tersebut yang menghasilkan arus listrik I . Secara matematis arus yang mengalir adalah:

$$V = IR \quad (2)$$

dimana I arus listrik yang mengalir pada konduktor dalam satuan ampere, V tegangan listrik dalam satuan volt dan R resistansi yang dinyatakan dalam ohm [11].

Kongurasi Elektroda Sejajar



Gambar 1. Elektroda arus dan potensial [12].

Pengukuran variable kelistrikan pada suatu bahan dapat dilakukan dengan menggunakan elektroda yang disusun secara linier. Elektroda yang digunakan terdiri dari empat buah, dengan

fungsi dua elektroda sebagai penginjeksi arus listrik ke sampel dan dua elektroda kontak yang mengukur penurunan tegangan [13].

Arus yang diinjeksikan dalam materi akan menghasilkan distribusi medan listrik. Jika arus yang diinjeksikan tersebar di setengah bidang jari-jari, maka potensial listrik untuk satu kontak elektroda dengan jarak r yang menginjeksikan arus I adalah [14]:

$$V = \frac{I\rho}{2\pi r} \quad (3)$$

Gambar 1 yang memiliki dua kontak elektroda nilai potensial listrik yang dihasilkan adalah:

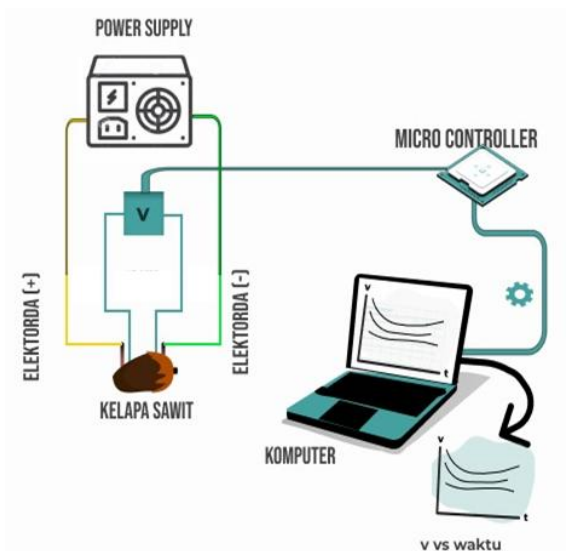
$$V = \frac{I\rho}{2\pi r} \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right] \quad (4)$$

dengan nilai resistivitasnya adalah:

$$\rho = k \frac{V}{I} \quad (5)$$

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan eksperimen secara fisika yaitu dengan menginjeksikan tegangan DC pada buah sawit dan eksperimen secara kimia yaitu dengan mengekstrak buah sawit untuk menentukan kandungan rendemen, kadar air dan ALB. Sebelum melakukan penginjeksian tegangan DC, dipersiapkan alat pengukuran tegangan yang terdiri dari 4 jarum jarak antar jarum sekitar 4 – 6 mm yang bertindak sebagai elektroda, baterai 9 Volt, sensor ACS712 dan mikrokontroler Arduino. Alat ini saling terhubung dengan komputer untuk akuisisi data melalui kabel USB.



Gambar 2. Perancangan rangkaian pendeteksi tegangan listrik buah sawit.

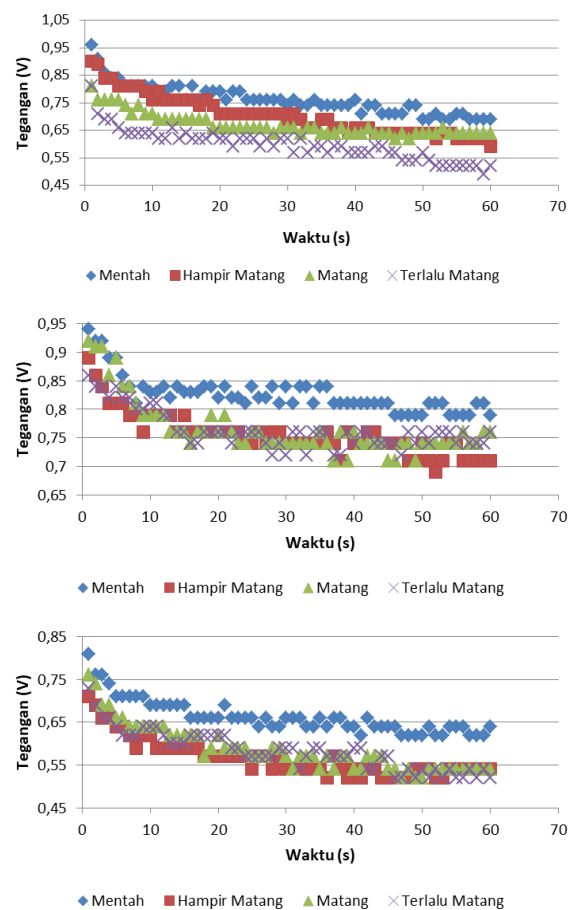
Kemudian langkah selanjutnya dibuat koding pada Arduino Web Editor untuk mengatur pengukuran tegangan luaran dalam fungsi waktu dan agar data terekam oleh komputer, maka digunakan program khusus sebagai komunikasi antara arduino dengan Excel yaitu PLX-DAQ-v2-Power Demos. Setelah itu dilakukan kalibrasi pada alat dengan memberikan hambatan yang diubah-ubah dengan sumber tegangan yang tetap dan hasil pengukurannya diukur menggunakan multimeter. Proses ini dilakukan sampai didapat hasil pengukuran yang sama baik dengan menggunakan alat dan perhitungan dengan pendekatan secara teoritis.

Buah sawit yang digunakan diklasifikasikan berdasarkan tingkat kematangan menjadi 4 bagian, yaitu buah mentah, hampir matang, matang, dan terlalu matang. Pada proses pengambilan buah sawit, tingkat kematangannya ditentukan berdasarkan dari pengalaman yang dimiliki oleh pemanen buah sawit (mandor) yang professional. Buah sawit diambil sebanyak 3 butir untuk setiap tingkat kematangan sampel dengan posisi buah sawit acak di TBS. Buah sawit diinjeksikan tegangan listrik sebesar 9 V dengan kedalaman tusukan 3 – 5 mm. Setelah diinjeksikan, data tegangan luaran akan terekam pada PLX-DAQ-v2-Power Demos dan diplotkan dalam bentuk grafik tegangan terhadap fungsi waktu. Kemudian,

hasil pengukuran respon tegangan akan memperlihatkan hubungan sifat kelistrikan yang dihasilkan dengan kandungan rendemen, kadar air dan ALB yang dimiliki oleh buah sawit dalam setiap tingkat kematangannya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Respon tegangan yang didapat dari buah sawit disetiap tingkat kematangannya cenderung mengalami penurunan terhadap waktu. Berikut adalah hasil respon voltase saat buah sawit diberikan sumber tegangan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Respon tegangan buah sawit matang, hampir matang, matang dan terlalu matang.

Respon tegangan yang didapat dari buah sawit disetiap tingkat kematangannya mengalami penurunan terhadap waktu, hal ini menunjukkan bahwa adanya penurunan daya pada buah sawit. Daya yang semakin berkurang disebabkan oleh nilai tegangan respon dan arus

listrik yang menurun. Respon tegangan yang didapat dari buah sawit disetiap tingkat kematangannya mengalami penurunan terhadap waktu, hal ini menunjukkan bahwa adanya penurunan energi listrik pada buah sawit.

Sifat kelistrikan yang dihasilkan oleh buah sawit disebabkan oleh kandungan kimia dominan pada mesokarp buah sawit, yaitu

kandungan rendemen, kadar air dan ALB. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Misron (2020) dan Hasibuan (2020), berikut adalah kandungan rendemen, kadar air dan ALB yang dimiliki oleh buah sawit pada setiap tingkat kematangannya disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil kandungan rendemen, kadar air dan ALB dari buah sawit mentah, hampir matang, matang dan terlalu matang.

Buah Sawit	Kadar Air (%) [15]	Rendemen (%) [16]	ALB (%) [16]
Mentah	86,9	22,5	0,4
Hampir Matang	59	23,5	0,8
Matang	44	24,5	1,9
Terlalu Matang	24,6	24,3	3,2

Energi listrik yang semakin berkurang disebabkan oleh nilai tegangan respon dan arus listrik yang menurun. Pada hasil perhitungan, nilai daya dihasilkan paling besar adalah buah sawit mentah dari 0,664 – 0,752 mW. Daya yang dihasilkan menjelaskan banyaknya jumlah energi yang dihasilkan, sehingga hal ini menunjukkan bahwa banyaknya jumlah muatan listrik yang dapat mengalir pada buah sawit dan sedikitnya molekul penghambat yaitu molekul penyusun rendemen minyak yang menghambat pergerakan muatan listrik sehingga semakin kecil nilai resistivitasnya pada buah sawit, terbukti pada hasil perhitungan didapat nilai resistivitas buah sawit mentah dari 18,420 – 25,232 Ω m. Sedangkan daya yang dihasilkan paling sedikit yaitu pada buah sawit matang dari 0,238 – 0,299 mW. Hal ini menunjukkan bahwa sedikitnya jumlah muatan listrik yang mengalir pada buah sawit dengan pergerakan muatan listrik yang melambat karena banyaknya molekul penyusun rendemen sehingga kecepatan hanyut muatan listrik menjadi rendah sehingga daya yang dihasilkan rendah. Jumlah muatan yang sedikit menyebabkan nilai resistivitas semakin besar pada buah sawit, sesuai dengan hasil perhitungan didapat nilai resistivitas buah sawit matang sebesar 40,197 – 54,523 Ω m. Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil daya yang dihasilkan maka semakin besar nilai dari

resistivitas, nilai resistivitas yang besar menunjukkan banyaknya molekul penghambat pergerakan muatan listrik dari buah sawit, dan banyaknya molekul penghambat pergerakan muatan listrik dari buah sawit menunjukkan banyak kandungan rendemen minyak pada buah sawit [17,18].

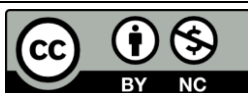
KESIMPULAN

Respon tegangan memberikan informasi mengenai keadaan dari muatan listrik saat berada dalam buah sawit. Kondisi muatan listrik sangat dipengaruhi oleh kandungan rendemen, kadar air, dan ALB pada buah sawit. Oleh karena itu, semakin kecil respon tegangan maka semakin banyak kandungan rendemen sehingga buah sawit dapat dikatakan matang.

REFERENSI

1. Okoye, M. N., Okwuagwu, C. O., & Uguru, M. I. (2009). Population improvement for fresh fruit bunch yield and yield components in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *American-Eurasian Journal of Scientific Research*, *4*(2), 59–63.
2. Fauzi, Y., Widyastuti, Y. E., Satyawibawa, I., & Hartono, R. (2012). *Kelapa Sawit: Budidaya, Pemanfaatan Hasil dan Limbah*,

- Analisis Usaha dan Pemasaran. *Penebar Swadaya, Jakarta*, 234.
3. Hazir, M. H. M., Shariff, A. R. M., & Amiruddin, M. D. (2012). Determination of oil palm fresh fruit bunch ripeness—Based on flavonoids and anthocyanin content. *Industrial Crops and products*, **36**(1), 466–475.
 4. Harun, N. H., Misron, N., Sidek, R. M., Aris, I., Ahmad, D., Wakiwaka, H., & Tashiro, K. (2013). Investigations on a novel inductive concept frequency technique for the grading of oil palm fresh fruit bunches. *Sensors*, **13**(2), 2254–2266.
 5. Alfatni, M. S. M., Shariff, A. R. M., Shafri, H. Z. M., Saaed, O. M. B., Eshanta, O. M., & Abuzaed, M. (2007). Automated Oil Palm Fruit Bunch Grading System Using Density of Colour (RGB). In *Proceedings of the 7th Saudi Engineering Conference, Riyadh, Saudi Arabia*, 2–5.
 6. Alfatni, M. S. M., Shariff, A. R. M., Shafri, H. Z. M., Saaed, O. B., & Eshanta, O. M. (2008). Oil palm fruit bunch grading system using red, green and blue digital number. *Journal of Applied Sciences*, **8**(8), 1444–1452.
 7. Lubis, A. U. (2008). *Kelapa sawit (Elaeis guineensis jacq.) di Indonesia*. Pusat Penelitian Kelapa Sawit.
 8. Ruswanto, A. (2019). *Mengenal Teknologi Pengolahan Tandan Buah Sawit (TBS) Menjadi Minyak Kelapa Sawit*. Instiper Press.
 9. Sukamto, I. T. N. (58). *Kiat Meningkatkan Produktivitas dan Mutu Kelapa Sawit*. Jakarta (ID): Penebar Swadaya.
 10. MPOB, Ministry of Plantation Industries and Commodities. (2015). *Grading Procedures. In Oil Palm Fruit Grading Manual*, 3rd ed.; MPOB: Kajang, Selangor, Malaysia, 8–13.
 11. Serway, R. A. & Jewett, J. W. (2009). *Fisika untuk sains dan teknik*. Jakarta: Salemba Teknika.
 12. Krisman, Julianti, C. S. F., & Juandi, M. (2019). Analisa Interpretasi Pola Aliran Air Bawah Tanah Kelurahan Labuh Baru Barat Kecamatan Payung Sekaki Pekanbaru Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger. *Jurnal Komunikasi Fisika Indonesia*, **16**(1), 1–7.
 13. Lüpke, F., Cuma, D., Korte, S., Cherepanov, V., & Voigtländer, B. (2018). Four-point probe measurements using current probes with voltage feedback to measure electric potentials. *Journal of Physics: Condensed Matter*, **30**(5), 054004.
 14. Schuetze, A. P., Lewis, W., Brown, C., & Geerts, W. J. (2004). A laboratory on the four-point probe technique. *American Journal of Physics*, **72**(2), 149–153.
 15. Misron, N., Kamal Azhar, N. S., Hamidon, M. N., Aris, I., Tashiro, K., & Nagata, H. (2020). Fruit Battery with Charging Concept for Oil Palm Maturity Sensor. *Sensors*, **20**(1), 226.
 16. Hasibuan, H. A. (2020). Penentuan Rendemen, Mutu dan Komposisi Kimia Minyak Sawit dan Minyak Inti Sawit Tandan Buah Segar Bervariasi Kematangan sebagai Dasar untuk Penetapan Standar Kematangan Panen. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, **28**(3), 123–132.
 17. Saktioto, R. F. S., Soerbakti, Y., Saputra, A., Syamsudhuha, H. H., & Anita, S. (2020). Characteristic of Electrical Power Dissipation of Oil Palm Fruits during Storage Time. *Journal of Southwest Jiaotong University*, **55**(6).
 18. Saputra, A., Candra, W., Soerbakti, Y., Syahputra, R. F., Defrianto, D., & Saktioto, S. (2019). Studi Grading Buah Sawit Dengan Bantuan Injeksi Tegangan Listrik Searah. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **16**(2), 103–106.



Artikel ini menggunakan lisensi
[Creative Commons Attribution
 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)