

**APLIKASI NEAR INFRARED SPECTROSCOPY (NIRS) DALAM
PENGUKURAN KEHILANGAN MINYAK DAN PENGUJIAN
AKURASINYA DIBANDINGKAN DENGAN
METODE SOKLET**

**APPLICATION OF NEAR INFRARED SPECTROSCOPY (NIRS) IN
THE MEASUREMENT OF OIL LOSS AND ITS ACCURACY
COMPARED TO SOXHLET METHOD**

Irfan*, Iqbal Fitri Aji, dan Dewi Yunita

Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala

*Email korespondensi: irfan@usk.ac.id

Diterima 07-03-2023, diperbaiki 15-10-2023, disetujui 27-10-2023

ABSTRACT

Loss of oil during crude palm oil (CPO) extraction occurs among other things, due to the use of high temperature and pressure in the boiling process so that the oil from the fruit is absorbed and remains in the empty fruit bunches (EFB). This oil loss is generally measured using Soxhlet method. However, recently in several palm oil mills (POM), the Soxhlet method has been replaced by the Near Infrared Spectroscopy (NIRS) method which is equipped with free and open-source software (FOSS). Therefore, the purpose of this study was to examine the application of NIRS in measuring oil loss in EFB and to test its accuracy compared to the Soxhlet method. The data is from primary source of POM during April-June 2022 period (peak harvest times). Normality test and paired T test is used to analyze data. This research also cites case studies of CPO processing companies in Indonesia in the last 10 years (2013-2022) with a focus on oil loss in EFB. The results showed that the oil loss in EFB using NIRS and Soxhlet were 0.50% and 0.49%, respectively. These two values are below the company's oil loss standard (0.62%). Both data are normally distributed and based on the paired T test, it was found that there were no significant differences in the results of oil loss analysis using the NIRS and Soxhlet methods. Compared with data for the last 10 years, they are also below the standard limit of other companies which reaches 3%. Therefore, NIRS is more recommended in terms of time efficiency, safe and does not damage the material.

Keywords: *empty bunches, NIRS, oil loss, soxhlet*

ABSTRAK

Kehilangan minyak ketika ekstraksi CPO antara lain terjadi akibat penggunaan suhu dan tekanan tinggi pada proses perebusan sehingga minyak dari buah terserap dan tertinggal di tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Kehilangan minyak ini umumnya diukur dengan metode soklet. Namun, saat ini pada beberapa pabrik kelapa sawit (PKS), metode soklet telah digantikan dengan metode *near infrared spectroscopy* (NIRS) yang dilengkapi dengan *free and open-source software* (FOSS). Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji aplikasi NIRS dalam pengukuran kehilangan minyak pada TKKS dan menguji akurasi dibandingkan dengan metode soklet. Data yang digunakan adalah data primer PKS dari bulan April-Juni 2022 (masa panen raya). Analisis data berupa

uji normalitas dan uji T berpasangan. Penelitian ini juga mengutip studi kasus kehilangan minyak pada TKKS pada perusahaan pengolahan CPO di Indonesia 10 tahun terakhir (2013-2022). Hasil penelitian menunjukkan kehilangan minyak TKKS yang diukur dengan menggunakan NIRS dan soklet masing-masing adalah 0,50% dan 0,49%. Kedua nilai ini di bawah standar kehilangan minyak perusahaan (0,62%). Kedua data berdistribusi normal dan berdasarkan uji T berpasangan, tidak terdapat perbedaan signifikan terhadap hasil analisis kehilangan minyak dengan menggunakan metoda NIRS dan soklet. Jika dibandingkan dengan data 10 tahun terakhir, nilai tersebut juga di bawah batas standar perusahaan lain yang mencapai 3% sehingga penggunaan NIRS lebih direkomendasikan dalam hal efisiensi waktu, aman dan tidak merusak bahan.

Kata kunci: Kehilangan minyak, NIRS, soklet, tandan kosong kelapa sawit

PENDAHULUAN

Perkebunan kelapa sawit menjadi salah satu penggerak perekonomian masyarakat dalam meningkatkan kesejahteraan petani serta pertumbuhan ekonomi daerah dan nasional (Backe dan Mustofaa, 2021). Salah satu hasil utama dari perkebunan sawit, yaitu buah sawit, dapat dijadikan bahan baku untuk mengekstrak *crude palm oil* (CPO), yang selanjutnya diproses menjadi minyak sawit merah, minyak goreng, kosmetik, dan produk lainnya yang mempunyai nilai ekonomis tinggi (Afrizal et al., 2022; Hasibuan et al., 2017).

Pada proses ekstraksi CPO dari tandan buah segar (TBS), limbah padat terbesar yang dihasilkan adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS; 22-23%) atau setara 220-230 kg dari 1 ton TBS. Perusahaan umumnya berupaya untuk menghasilkan rendemen akhir sesuai standard yang telah ditetapkan dengan cara menekan terjadinya kehilangan minyak selama proses pengolahan kelapa sawit menjadi CPO, termasuk menekan minyak yang tertinggal di TKKS (Rantawi, 2017).

Kehilangan minyak adalah jumlah kandungan minyak yang tidak dapat diekstraksi ataupun yang hilang selama proses ekstraksi (Nurrahman et al., 2021). Potensi kehilangan minyak pada TKKS terutama terjadi pada proses perebusan yang tidak optimal dan penumpukan pada autofeeder.

Pada umumnya, jumlah kehilangan minyak selama proses ekstraksi CPO

diukur dengan menggunakan metoda soklet (Nurrahman et al., 2021; Rahardja et al., 2019; Ermita et al., 2018; Sitinjak, 2017; Tarihoran et al., 2013). Analisis dengan metode soklet membutuhkan waktu yang lama, yaitu 4-6 jam (Sofyan et al., 2020), walaupun dengan mikro soklet lama ekstraksi dapat dipersingkat menjadi 2 jam (Pargiyanti, 2019). Selain itu, dalam analisis soklet digunakan pelarut heksana yang berbahaya dan mudah terbakar (Cazzaniga et al., 2023). Penggunaan pelarut harus disesuaikan dengan kepolaran sampel yang diekstrak. Ekstraksi dilakukan hingga semua minyak di dalam sampel habis terekstrak yang ditandai dari kebeningan pelarut (Rifai et al., 2018; Febryanto, 2017).

Beberapa perusahaan, termasuk PTPN telah menerapkan metode *near infrared spectroscopy* (NIRS) untuk menganalisis kehilangan minyak. Selain itu, dalam bidang pertanian, NIRS telah digunakan untuk pengukuran kadar air dan total karoten pada TBS (Iqbal et al., 2014), analisis rendemen individu gula tebu (Kuswurdanto dan Triantarti, 2015), kandungan lemak pada bubuk biji kakao (Sari et al., 2016), kandungan hara fosfor pada instalasi air limbah (Sari et al., 2020), dan analisis gula kristal putih (Wening, 2021).

Berkembangnya ilmu pengetahuan di bidang komputerisasi dan chemometric menjadikan teknik pengaplikasian NIRS mempunyai daya tarik. Penggunaan NIRS dapat diaplikasikan pada bahan dengan ukuran yang kecil, tidak merusak bahan,

dan hasilnya diperoleh dalam waktu yang relatif cepat (Zhu et al., 2021). Komponen dengan tingkat konsentrasi 0,1% sekalipun dapat dideteksi dan dianalisis dengan teknologi NIRS (Munawar et al., 2016).

Penggunaan NIRS untuk analisis kehilangan minyak pada ekstraksi CPO lebih praktis. Sebagian perusahaan sudah menggunakan metoda NIRS untuk menganalisis kehilangan minyak pada TKKS ataupun kehilangan minyak secara umum (Qistan et al., 2022). Namun, tidak ada informasi tentang keakuratan metode NIRS dibandingkan dengan metode konvensional (soklet). Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah mengkaji aplikasi NIRS dalam pengukuran kehilangan minyak pada TKKS dan menguji akurasinya dibandingkan dengan metoda soklet pada sampel TKKS yang sama. Selain itu, studi literatur juga dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui besaran dan standard kehilangan minyak pada perusahaan pengolahan CPO di Indonesia 10 tahun terakhir (2013-2022).

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah satu set perangkat uji NIRSTM DA1650 dengan tingkat perlindungan IP 65 (tahan debu dan air) dan kisaran panjang gelombang 1100-1650 nm. Peralatan NIRS tersebut dilengkapi dengan aplikasi free and open source software (FOSS). Selain itu, perangkat soklet (*soxhlet apparatus*) juga digunakan untuk mengukur kehilangan minyak. Sedangkan bahan utama yang digunakan adalah TKKS yang merupakan limbah padat hasil dari proses pengolahan TBS menjadi CPO. Pelarut organik heksan juga digunakan dalam analisis soklet.

Metode Penelitian

Pengumpulan data pada penelitian dilakukan menggunakan data primer yang didapatkan dari perusahaan berupa data

kehilangan minyak pada TKKS dengan NIRS setiap hari selama tiga bulan (April-Juni 2022). Perbandingan kehilangan minyak pada TKKS yang diukur dengan NIRS dan soklet dilakukan pada bulan Juni 2022 selama 14 hari. Penelitian ini juga mengutip studi kasus dari perusahaan yang bergerak pada bidang pengolahan minyak kelapa sawit di Indonesia sepuluh tahun terakhir (tahun 2013-2022) dengan ruang lingkup penelitian yang difokuskan pada kehilangan minyak sebagai data sekunder.

Analisis Kehilangan Minyak Menggunakan NIRS

TKKS dibelah menggunakan pisau kemudian diambil pada bagian atas, tengah dan bawah, lalu diperkecil ukurannya 1-2 cm dengan cara digunting dan diaduk merata. Sampel disiapkan sebanyak kurang lebih 70 gram. Sampel dimasukkan ke dalam *large cup*, diratakan/dipadatkan hingga tidak ada rongga tembus cahaya bila *large cup* diterawang dari bawah. Tutup alat NIRSTM DA1650 dibuka, lalu *large cup* diletakkan dengan baik sehingga *large cup* duduk dengan benar dan tidak goyang. Kemudian tutup alat NIRSTM DA1650 diletakkan kembali. Pilih produk *empty bunch* pada layar, selanjutnya ditekan tombol pada *display* alat NIRSTM DA1650. Keterangan/kode sampel dimasukkan bila diperlukan. Setelah kurang lebih 1 menit, hasil akan muncul di layar dan dicatat. Tutup alat NIRSTM DA1650 dibuka dan *large cup* dikeluarkan. Perhitungan kehilangan minyak terhadap TBS di alat NIRS telah dikalibrasi berdasarkan ketetapan *material balance* pabrik sebesar 22%.

Analisis Kehilangan Minyak Menggunakan Metode Soklet

TKKS diambil, diperkecil ukurannya 1-2 cm dengan digunting dan diaduk merata, lalu diletakkan dalam cawan porselin yang sudah diketahui beratnya. Kemudian, sampel TKKS seberat 10-12 gram ditimbang dan dimasukkan ke dalam oven selama 2 jam pada suhu 125°C,

dinginkan selama 2 jam, dan ditimbang lagi. Selanjutnya, labu alas ditimbang dalam keadaan kosong, kemudian diisi dengan n-heksan hingga batas 250 mL, sampel dimasukkan ke dalam timbal dan ditutup dengan kapas. Kemudian, labu alas dihubungkan dengan soklet dan kondensor, diletakkan di atas *hot plate*, dan disambungkan dengan selang air untuk pendingin kondensor. Alat soklet disambungkan dengan aliran listrik, kemudian dihidupkan *hot plate* dan proses ekstraksi berlangsung selama 2 jam. Setelah ekstraksi selesai, sampel tandan kosong dikeluarkan dari timbal dan dilakukan proses penguapan hingga n-heksana habis menguap dan minyak tertinggal di dalam labu alas. *Hot plate* dimatikan setelah proses penguapan selesai, kemudian labu alas yang berisi minyak didinginkan selama 20 menit, lalu ditimbang untuk mengetahui berat minyak yang didapatkan dan hasilnya dicatat. Penentuan kehilangan minyak dihitung berdasarkan Formula 1.

$$\begin{aligned} & \% \text{ Kehilangan Minyak} \\ & = \frac{\text{Berat Minyak}}{\text{Berat Sampel Basah}} \times 100\% \quad (1) \end{aligned}$$

Penentuan kehilangan minyak juga ditentukan terhadap TBS. Batas standard kehilangan minyak terhadap TBS adalah 0,62%, sedangkan *material balance* yang ditetapkan PKS adalah 22%. Penentuan kehilangan minyak terhadap TBS dihitung berdasarkan Formula 2.

$$\begin{aligned} & \% \text{ Kehilangan Minyak TBS} \\ & = \% \text{ Kehilangan Minyak} \times 22\% \quad (2) \end{aligned}$$

Analisis Data

Pada penelitian ini analisis data yang dilakukan adalah uji normalitas menggunakan teknik *Shapiro-Wilk* dan uji T berpasangan (*paired sample T test*). Tujuan uji normalitas adalah untuk melihat apakah data berdistribusi normal atau tidak. Uji normalitas dilakukan sebagai prasyarat untuk melakukan uji selanjutnya

(Suhaedading, 2020). Dasar pengambilan keputusan pada uji normalitas sebagai berikut.

- Jika nilai signifikansi (Sig.) > 0,05 maka data berdistribusi normal.
- Jika nilai signifikansi (Sig.) < 0,05 maka data tidak berdistribusi normal.

Uji T berpasangan (*paired sample T test*) dilakukan untuk mengetahui perbedaan perlakuan yang diberikan terhadap objek penelitian (Montolalu dan Langi, 2018).

Adapun dasar pengambilan keputusan uji T berpasangan sebagai berikut:

- Jika nilai Sig. (2-tailed) < 0,05 maka H_0 ditolak
- Jika nilai Sig. (2-tailed) > 0,05 maka H_0 diterima
- Jika nilai T hitung > T tabel maka H_0 ditolak
- Jika nilai T hitung < T tabel maka H_0 diterima

Hipotesis uji T berpasangan dari penelitian ini sebagai berikut.

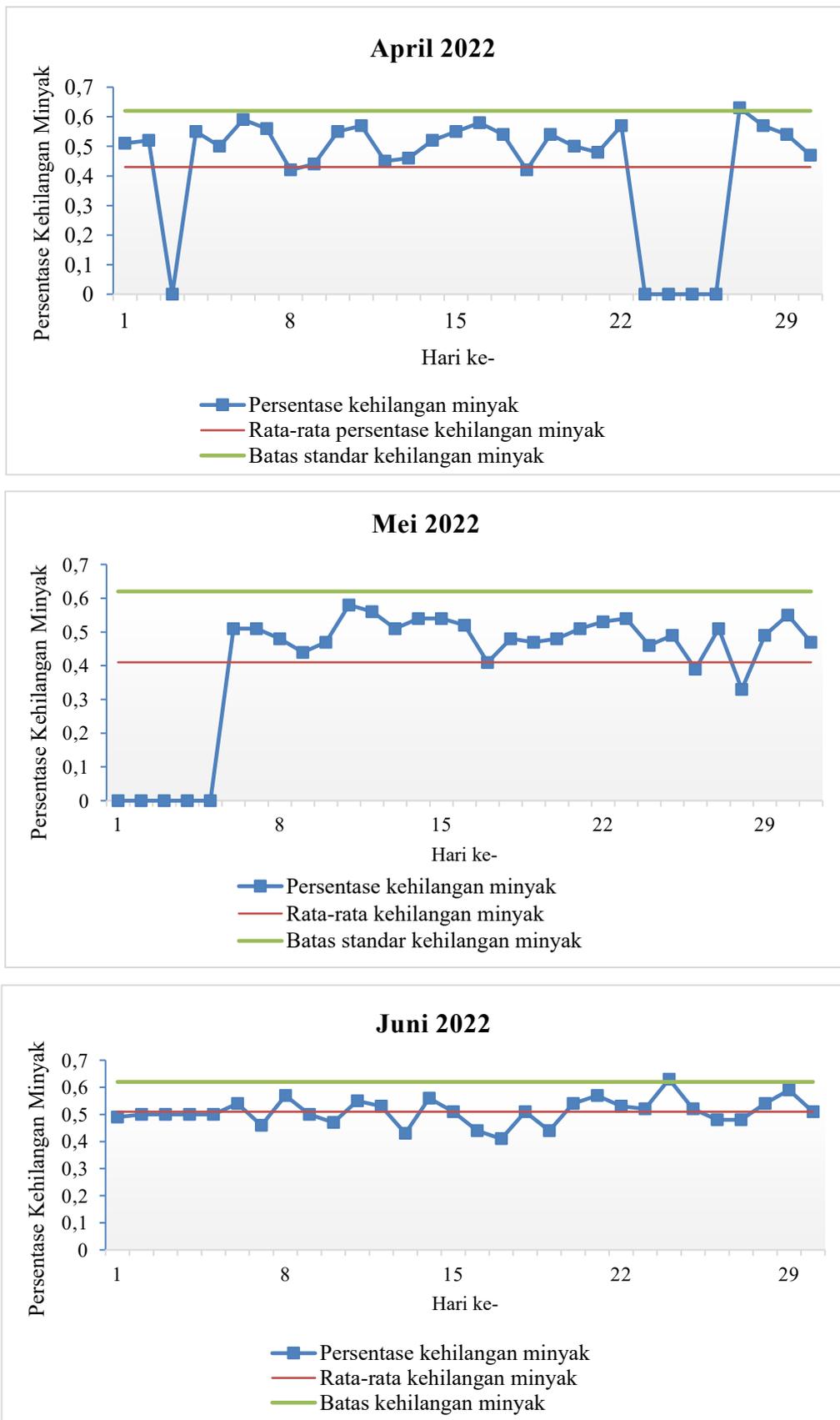
H_0 : Tidak terdapat perbedaan signifikan antara metode NIRS dan soklet dalam menghitung kehilangan minyak pada TKKS.

H_1 : Terdapat perbedaan signifikan antara metode NIRS dan soklet dalam menghitung kehilangan minyak pada TKKS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Kehilangan Minyak pada Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Metode NIRS

Pengukuran kehilangan minyak dilakukan saat musim panen raya sehingga banyak TBS yang masuk ke PKS. Pengukuran dilakukan setiap harinya selama 3 bulan penuh (April-Juni 2022) sehingga data yang digunakan berjumlah 91 data pengukuran harian.



Gambar 1. Kehilangan minyak pada TKKS harian pada bulan April, Mei, dan Juni 2022 menggunakan Metode NIRS

Persentase kehilangan minyak harian, rata-rata bulanan, dan standard kehilangan minyak pada TKKS selama bulan April, Mei dan Juni 2022 dapat dilihat pada Gambar 1. Pada bulan April 2022, rata-rata persentase kehilangan minyak pada TKKS adalah 0,43%. Hal ini dikarenakan terjadinya penumpukan bahan baku TBS. Penumpukan dalam rentang waktu yang cukup lama menyebabkan TBS menjadi restan, luka bahkan busuk. Penumpukan TBS terjadi karena pabrik mengalami kerusakan pada stasiun *boiler*. Pipa *boiler* mengalami kebocoran sehingga proses perbaikan membutuhkan waktu yang lama. Sehingga berhentinya proses produksi mempengaruhi kualitas TBS yang terdapat di pabrik.

Rata-rata persentase kehilangan minyak pada TKKS paling rendah terjadi pada bulan Mei 2022 (0,41%). Hal ini dikarenakan pabrik mengurangi jumlah bahan baku yang diolah selama periode menjelang lebaran hingga selesainya cuti lebaran selama 6 hari.

Selain itu, bulan Mei 2022 termasuk dalam waktu larangan ekspor bahan baku minyak goreng dan minyak goreng. Sebelumnya, Pemerintah Indonesia mengumumkan kebijakan larangan bahan baku minyak goreng dan minyak goreng pada 25 April 2022. Kebijakan pelarangan ekspor berlaku mulai 28 April 2022 hingga 22 Mei 2022. Aturan tersebut tertera dalam Peraturan Menteri Perdagangan (Permendag) Nomor 22 tahun 2022. Sehingga pihak perusahaan tidak menerima bahan baku dari kebun milik pihak ke-3.

Pada bulan Juni 2022, rata-rata persentase kehilangan minyak tandan kosong meningkat menjadi 0,51%. Persentase ini lebih tinggi dibandingkan dengan bulan April dan Mei. Kehilangan minyak yang tinggi diduga akibat tingginya buah restan yang diproses. Menurut Siregar dan Wachjar (2017), buah restan adalah buah yang sudah dipanen akan tetapi tidak langsung diolah pada saat itu juga karena beberapa faktor seperti: buah tidak

terangkut oleh truk, waktu pengangkutan yang tidak efektif, kerusakan jalan, akibat cuaca dan penumpukan buah di pabrik.

Rata-rata kehilangan minyak selama tiga bulan penelitian (April – Juni) adalah 0,45%, yang diperoleh dari rata-rata data kehilangan minyak pada TKKS bulan April (0,41%), Mei (0,43%) dan Juni (0,51%). Persentase kehilangan minyak ini, baik per bulannya ataupun secara rata-rata selama tiga bulan, masih memenuhi standard yang ditetapkan oleh perusahaan yaitu maksimal sebesar 0,62%. Hasil ini menunjukkan bahwa proses pengolahan kelapa sawit menjadi CPO dikontrol dengan baik sehingga dapat menekan terjadinya kehilangan minyak di TKKS.

Menurut Sulaiman dan Randa (2018), kehilangan minyak yang terdapat pada tandan kosong dipengaruhi oleh kualitas buah dan proses perebusan. Menurut Lukito (2017), kualitas buah dapat dipengaruhi oleh lamanya distribusi TBS, TBS luka, dan terjadinya penumpukan sehingga menyebabkan buah menjadi restan. Selain itu, bercampurnya buah restan dan buah segar juga membuat proses perebusan tidak optimal sehingga mengakibatkan terjadinya kehilangan minyak. Menurut Purba et al. (2017), buah yang matang menghasilkan kadar minyak yang tinggi, namun harus segera diolah untuk menghindari kehilangan minyaknya.

Proses perebusan dengan waktu yang lama dan tekanan uap yang tinggi dapat membuat buah menjadi sangat lunak dan minyak keluar dari brondolan namun terserap di tandan kosong atau terbawa oleh kondensat sehingga kehilangan minyak meningkat (Sari, 2019). Pada proses perebusan, waktu dan tekanan uap berbanding terbalik. Apabila proses perebusan dilakukan dengan waktu yang lama maka sebaiknya diimbangi dengan penggunaan tekanan yang rendah, sedangkan jika proses perebusan dilakukan dengan waktu yang singkat, maka tekanan uap yang digunakan harus tinggi (Hikmawan dan Angelina, 2019). Saat

proses perebusan perlu dilakukan pembukaan *exhaust valve* agar udara dapat keluar dan digantikan dengan uap air sebagai media perebusan (Alfikri dan Hariastuti, 2019).

Perbandingan Metode NIRS dan Soklet

Perbandingan kehilangan minyak pada TKKS yang diukur dengan kedua metode (NIRS dan soklet) dilakukan setiap harinya selama 14 hari. Dengan demikian, data yang digunakan pada masing-masing metode berjumlah sama yakni 14 data. Hasil pengukuran selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Hasil uji normalitas dengan teknik *Shapiro-Wilk* menunjukkan bahwa data berdistribusi normal. Pada metode NIRS, uji normalitas dengan teknik *Shapiro-Wilk* menunjukkan nilai Sig. sebesar 0,749 ($>0,05$). Sedangkan pada metode ekstraksi soklet, uji normalitas dengan teknik *Shapiro-Wilk* menunjukkan nilai Sig. sebesar 0,683 ($>0,05$).

Berdasarkan Tabel 1, hasil rata-rata persentase kehilangan minyak pada tandan kosong dengan NIRS adalah 0,5%, sedangkan dengan metoda soklet 0,49%. Analisis menggunakan NIRS dengan tingkat akurasi dan presisi panjang gelombang $<0,05$ nm menunjukkan bahwa pengukuran memiliki keunggulan karena hasil analisis didapatkan dalam waktu ± 1 menit, sementara hasil dari metoda soklet baru didapatkan setelah 4-5 jam. Penggunaan NIRS harus sesuai dengan standard yang ditetapkan oleh perusahaan dan harus dilakukan kalibrasi secara regular sekitar 3 bulan sekali guna menjamin ketelitian dan akurasi hasil pengukuran.

Perbedaan utama dari kedua metode ini yaitu pada metode soklet, TKKS

diekstrak terlebih dahulu minyaknya sebelum dilakukan perhitungan persentase kehilangan minyak, sementara pada metoda NIRS, persentase kehilangan minyak dapat diketahui tanpa harus mengekstrak minyaknya. Keunggulan dan kelemahan kedua metode dapat dilihat pada Tabel 2.

Menurut Febryanto (2017), proses analisis dengan metode soklet dipengaruhi oleh jenis pelarut yang digunakan, lama waktu ekstraksi, serta suhu dan ukuran sampel. Proses ekstraksi dengan pelarut tersirkulasi secara terus menerus. Proses ekstraksi terus dilakukan hingga pelarut pada sampel menjadi bening.

Pada saat pengujian sampel dilakukan dengan metode NIRS, besarnya cahaya yang diserap oleh sampel akan memberikan data informasi kandungan sampel. Ketajaman pemantulan cahaya berfungsi mengamati kepadatan sampel, bentuk dan ukuran partikel sampel, serta kemampuan penyerapan dan cahaya yang dipantulkan kembali (Munawar et al., 2016). Menurut Santoso et al. (2020), data komposisi kandungan di dalam sampel akan diperoleh setelah sinar yang dipancarkan kontak langsung dengan sampel karena sampel dapat menyerap sinar yang dipantulkan dengan panjang gelombang tertentu.

Hasil uji T berpasangan pada kedua metode, *mean* data NIRS lebih besar dari *mean* data ekstraksi soklet ($0,5071 > 0,4943$). Hal ini menunjukkan bahwa secara deskriptif, kedua metode memiliki perbedaan rata-rata data kehilangan minyak di tandan kosong. Namun, nilai Sig. $0,132 > 0,05$ menunjukkan bahwa kedua data tidak memiliki korelasi atau hubungan yang signifikan.

Tabel 1. Perbandingan kehilangan minyak pada Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan metode NIRS dan metoda soklet

Hari ke-	NIRS (%)	Ekstraksi Soklet (%)
1	0,49	0,48
2	0,50	0,48
3	0,51	0,52
4	0,50	0,45
5	0,50	0,53
6	0,54	0,49
7	0,46	0,43
8	0,57	0,55
9	0,50	0,50
10	0,47	0,51
11	0,55	0,44
12	0,53	0,51
13	0,42	0,48
14	0,56	0,55
Rata-rata (%)	0,50	0,49
Standard Deviasi	0,04	0,03

Tabel 2. Keunggulan dan kelemahan metode NIRS dan metoda soklet

NIRS		Ekstraksi Soklet	
Keunggulan	Kelemahan	Keunggulan	Kelemahan
<ul style="list-style-type: none"> Mudah, cepat, efisiensi Ketelitian dan akurasi tinggi Dapat digunakan untuk analisis minyak dalam sampel cair/padat Dapat digunakan untuk analisis kualitas minyak (asam lemak bebas, kadar air, kadar kotoran) 	<ul style="list-style-type: none"> Harga alat yang cukup mahal Kebutuhan kalibrasi yang sering agar didapatkan hasil yang lebih akurat, sehingga menambah biaya operasinal 	<ul style="list-style-type: none"> Biaya lebih murah Hasil analisis akurat Saat proses ekstraksi, pelarut tidak perlu diganti karena tersirkulasi Pelarut dapat diperoleh kembali setelah proses ekstraksi 	<ul style="list-style-type: none"> Waktu ekstraksi lama Proses ekstraksi dapat menjadi mahal jika digunakan untuk bahan baku yang besar jumlahnya

Berdasarkan hasil uji *paired sample T test*, nilai T_{hitung} yang diperoleh adalah 1,137 dengan nilai T_{tabel} adalah 1,770. Oleh karena $T_{hitung} < T_{tabel}$ ($1,137 < 1,770$) pada taraf signifikan 0,05, hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan dalam menghitung kehilangan

minyak menggunakan metode soklet dan NIRS.

Jika data analisis kehilangan minyak pada TKKS dengan metode NIRS (0,50%) dan metoda soklet (0,49%) dirata-ratakan maka didapat data kehilangan minyak pada TKKS sebesar 0,5%. Jika dari data ini dihitung nilai ekonomi potensi kehilangan

pendapatan perusahaan akibat dari kehilangan minyak pada TKKS, maka perusahaan menderita potensi kehilangan pendapatan sebesar Rp.3.179.880.000 /tahun, dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} & \text{Potensi kehilangan pendapatan} \\ & = 0,5\% \times 22\% \times 720.000 \text{ kg TBS/hari} \\ & \quad \times \text{Rp. 11.000/kg} \\ & = \text{Rp 8.712.000/hari} \\ & = \text{Rp.3.179.880.000/tahun} \end{aligned}$$

Dimana:

Kehilangan minyak TKKS: 0,5%
Material balance (Ketetapan PKS): 22%

Kapasitas olah: 720.000 kg TBS/hari
Harga jual CPO: Rp. 11.000/kg

Studi Kasus Analisis Kehilangan Minyak pada Beberapa Perusahaan

Jika dibandingkan dengan studi kasus kehilangan minyak pada beberapa perusahaan (Tabel 3), analisis kehilangan minyak menggunakan ekstraksi soklet dengan metode yang diterapkan seperti *statistical process control* (SPC) dan *quality control circle* (QCC) dilakukan untuk menganalisis data, menarik kesimpulan tentang penyebab, dan mencari solusi untuk menanggulangi meningkatnya jumlah kehilangan minyak. Kehilangan minyak pada TKKS pada berbagai perusahaan tersebut bervariasi dari 0,44% hingga 2,58%. Batas standard kehilangan minyak juga bervariasi antara satu perusahaan dengan perusahaan lainnya, dengan standar tertinggi 3%. Menurut Kasim (2022), kehilangan minyak pada

TKKS terus mengalami peningkatan hingga total kehilangan 3,99%.

Dari data pada Tabel 3, perusahaan hanya menggunakan salah satu metode saja dalam mengukur persentase kehilangan minyak, baik di dalam TKKS ataupun kehilangan minyak keseluruhan, yaitu metode soklet ataupun metode NIRS. Menurut Qistan et al. (2022), kehilangan minyak didalam pengolahan buah sawit menjadi CPO terjadi karena minyak tertinggal tidak hanya di dalam TKKS, tetapi juga di dalam ampas pres, *sludge*, dan *nut*.

Kehilangan minyak berarti kehilangan potensi pendapatan bagi perusahaan. Karena pentingnya pengukuran persentase kehilangan minyak, maka PKS umumnya dilengkapi dengan peralatan laboratorium seperti soklet ataupun NIRS. Seperti terlihat pada Tabel 3, pada penelitian terdahulu umumnya PKS masih menggunakan metode Soklet, sementara pada penelitian tahun 2022 (Qistan et al., 2022) PKS sudah menggunakan metode NIRS.

Penggunaan NIRS pada perusahaan kelapa sawit sebagai pengganti metode ekstraksi soklet dilakukan karena beberapa alasan, diantaranya, kecepatan analisis sampel dan tidak merusak bahan, (Cazzaniga et al., 2023; Zhu et al., 2021), biaya yang rendah dan tidak menggunakan bahan kimia (Munawar et al, 2016). Sebaliknya analisis dengan soklet membutuhkan banyak pelarut organik yang mudah terbakar sehingga dapat membahayakan perusahaan dan lingkungan serta membutuhkan lebih banyak tenaga kerja (Lee et al., 2018).

Tabel 3. Studi kasus kehilangan minyak pada beberapa perusahaan, baik yang diukur dengan NIRS maupun dengan Soklet

Referensi	Metode Analisis	Permasalahan	Jumlah Kehilangan Minyak	Saran/Rekomendasi
Tarihoran <i>et al.</i> (2013)	Ekstraksi soklet	<ul style="list-style-type: none"> • Pengendalian kualitas pada proses perebusan dengan menerapkan QCC (<i>Quality Control Circle</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> • TKKS: 0,64% 	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan langkah-langkah QCC
Sitinjak (2017)	Ekstraksi soklet	<ul style="list-style-type: none"> • Penumpukan buah pada <i>Auto Feeder</i> • Kecepatan putaran <i>thresher</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • TKKS: 2,32%-2,34% • Standar 3,00% 	<ul style="list-style-type: none"> • Pemasukan buah pada <i>auto feeder</i> dengan mengatur kecepatan putaran <i>thresher</i> sehingga tidak terjadi penumpukan yang mengakibatkan kehilangan minyak. • Kecepatan putaran <i>thresher</i> 22-23 rpm
Ernita <i>et al.</i> (2018)	Ekstraksi soklet	<ul style="list-style-type: none"> • Kehilangan minyak pada proses pengolahan CPO dengan metode SPC (<i>statistical process control</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> • TKKS: 0,80-1,30% 	<ul style="list-style-type: none"> • Menaikkan standar norma pada tandan kosong sehingga dapat lebih baik nilai produksinya
Rahardja <i>et al.</i> (2019)	Ekstraksi soklet	<ul style="list-style-type: none"> • Lori dengan jumlah lubang yang berbeda menyebabkan perbedaan kehilangan minyak di TKKS dan di kondensat . 	<ul style="list-style-type: none"> • Lori 461 lubang: 2,58% di TKKS dan 0,88% di kondensat • Lori 572 lubang: 2,00% di TKKS dan 1,05% di kondensat • Standar $\leq 2,25\%$ 	<ul style="list-style-type: none"> • Lori dengan 572 lubang lebih efektif dibanding 461, karena minyak yang terikut pada kondensat dapat dikutip kembali di <i>fat pit</i>, sehingga target rendemen lebih mudah tercapai.
Nurrahman <i>et al.</i> (2021)	Ekstraksi soklet	<ul style="list-style-type: none"> • Analisis kehilangan minyak pada proses produksi 	<ul style="list-style-type: none"> • TKKS 0,44% • <i>Press fibre</i> 0,48% • <i>Nut</i> 0,082% • <i>Sludge</i> 0,60% 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>TKKS</i>: Mengendalikan buah restan dengan cara membatasinya • <i>Press fibre</i>: bahan baku harus matang, umpan digester harus $\frac{3}{4}$ dari kapasitas, operator dilatih. • <i>Nut</i>: perebusan disesuaikan dengan TBS • <i>Sludge</i>: pengutipan minyak rutin dilakukan

KESIMPULAN

Rata-rata persentase kehilangan minyak pada TKKS yang diukur dengan metode NIRS adalah 0,50%, sedangkan dengan analisis soklet 0,49%. Hasil ini tidak melebihi batas standar kehilangan minyak pada TKKS yang ditetapkan perusahaan (0,62%), bahkan jauh di bawah batas standard pada perusahaan lain yang

mencapai 3%. Uji T berpasangan menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan antara pengukuran kehilangan minyak dengan NIRS dan soklet. Dengan demikian, hasil analisis kehilangan minyak pada TKKS yang diukur dengan NIRS dalam penelitian ini teruji keakuratannya. Namun, analisis perbandingan kedua metoda ini pada rentang waktu yang lebih lama perlu

dilakukan pada penelitian lanjutan untuk mempelajari metoda kalibrasinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrizal, Y., Dewi, E. & Mustain. (2022). Pengolahan *Crude Palm Oil* (CPO) Menjadi Minyak Sawit Merah (MSM) Menggunakan Filter Batuan Zeolit, Membran Keramik dan *Cartridge Filter*. *Jurnal Kinetika*, 13(03): 11-19.
- Alfikri, G. & Hariastuti, N., L., P. (2019). Peningkatan Kualitas Minyak Kelapa Sawit dengan Pendekatan *Lean Six Sigma* (Studi Kasus di PT. Sawit Mas Parenggean). *Jurnal Iptek*, 23(1), 47-54.
- Backe, R., & Mustofaa, R. (2021). Kesempatan Kerja dan Kelayakan Ekonomi Usaha Perkebunan Kelapa Sawit Rakyat di Kabupaten Indragiri Hulu. *Jurnal Inovasi Penelitian*, 2(7), 2213–2220.
- Cazzaniga, E., Cavallini, N., Giraud, A., Gavoci, G., Geobaldo, F., Pariani, M., Ghirardello, D., Zeppa, G. & Savorani, F. (2023). Lipids in A Nutshell: Quick Determination of Lipid Content in Hazelnuts with NIR Spectroscopy. *Foods* 12(34), 1-11. <https://doi.org/10.3390/foods12010034>.
- Ernita, T., Jauhari, G., Helia, T., M. (2018). Analisis Kehilangan Minyak (*Oil Losses*) pada Proses Pengolahan CPO (*Crude Palm Oil*) dengan Metode SPC (*Statistical Process Control*) Studi Kasus di PT. Pabrik Nusantara (PTPN) 6 Solok Selatan. *Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi Industri*, 2(1), 15–23. <https://doi.org/10.32524/saintek.v2i1.131>
- Febryanto, M., A. (2017). Studi Ekstraksi dengan Metode Sokletasi pada Bahan Organik Umbi Sarang Semut (*Myrmecodia pendans*) Sebagai Inhibitor Organik. Tugas Akhir, Institusi Teknologi Sepuluh Nopember.
- Hasibuan, H.A., Afriana, L. & Tamba, D. (2017). Pengaruh Dosis *Bleaching Earth* dan Waktu Pemucatan *Crude Palm Oil* yang Bervariasi *Deterioration of Bleachability Index* (DOBI) terhadap Mutu Produk. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian* 27(1):69-75.
- Hikmawan, O. & Angelina, R. (2019). Pengaruh Variasi Waktu dan Tekanan Terhadap Kehilangan Minyak Pada Air Kondensat di Unit *Sterilizer* Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik dan Teknologi* 14(28), 33-39.
- Iqbal, Z., Herodian, S., & Widodo, S. (2014). Pendugaan Kadar Air dan Total Karoten Tandan Buah Segar (TBS) Kelapa Sawit Menggunakan NIR Spektroskopi. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 2(2), 111–116.
- Kasim, A.S. (2022). Penelitian Kehilangan Minyak (*Oil Losses*) Tandan Kosong dan Air Rebusan Pada Stasiun *Sterilizer* Menggunakan Metode *FaUILIT Tree Analysis* (Studi Kasus: PT.Ujong Neubok Dalam Kabupaten Nagan Raya). *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri* 19(2), 262-269.
- Kuswurjanto, R., & Triantarti. (2015). Analisis Rendemen Individu menggunakan *Near Infrared Spectroscopy* (NIRS) untuk Mendukung Peningkatan Produksi Gula. Prosiding Seminar Nasional Swasembada pangan Politeknik

- Negeri Lampung, Lampung, Indonesia, 54–160. <https://doi.org/10.25181/prosemnas.v0i0.525>
- Lee, C., Polari, J.J., Kramer, K.E. & Wang, C. (2018). Near-Infrared (NIR) Spectrometry as a Fast and Reliable Tool for Fat and Moisture Analyses in Olives. *ACS Omega* 3, 16081-16088. doi: 10.1021/acsomega.8b02491
- Lukito, P., A. (2017). Pengaruh Kerusakan Buah Kelapa Sawit Terhadap Kandungan *Free Fatty Acid* dan Rendemen CPO di Kebun Talisayan 1 Berau. *Buletin Agrohorti*, 5(1), 37-44.
- Montolalu, C. & Langi, Y. (2018). Pengaruh Pelatihan Dasar Komputer dan Teknologi Informasi Bagi Guru-Guru dengan Uji-T Berpasangan (*paired sample t-test*). *Jurnal Matematika dan Aplikasi*, 7(1), 44–46. <https://doi.org/10.35799/dc.7.1.2018.20113>
- Munawar, A. A., von Hörsten, D., Wegener, J. K., Pawelzik, E. & Mörlein, D. (2016). Rapid and Non-Destructive Prediction of Mango Quality Attributes Using Fourier transform Near Infrared Reflectance Spectroscopy and chemometrics Engineering in Agriculture. *Environment and Food*, 9(3), 208-215. <https://doi.org/10.1016/j.eaef.2015.12.004>.
- Nurrahman, A., Permana, E., & Musdalifah, A. (2021). Analisa Kehilangan Minyak (*Oil Losses*) pada Proses Produksi di PT. X. *Jurnal Daur Ulang*, 4(2), 59–63. <http://dx.doi.org/10.33087/daurling.v4i2.89>
- Pargiyanti. (2019). Optimasi Waktu Ekstraksi Lemak Dengan Metode Soxhlet Menggunakan Perangkat Alat Mikro Soxhlet. *Indonesian Journal of Laboratory* 1(2), 29-35.
- Purba, R., I., Irsal. & Meirian. (2017). Hubungan Fraksi Kematangan Buah dan Ketinggian Tandan Terhadap Jumlah Buah Memberondol pada Panen Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Kebun Rambutan PTPN III. *Agroekoteknologi FP USU*, 5(2), 315-328.
- Qistan, M., I., M., Satriana, Juanda, Indarti, E., Irfan, Hazian., Gustiray, V., A. (2022). Analisis Kehilangan Minyak Pada Tandan Kosong Menggunakan NIRS FOSS pada PT. Perkebunan Nusantara VI Unit Pabrik Sei Bahar II Bunut, Jambi. Proseding Seminar Nasional: Penelitian dan Pengabdian. Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia, 1(1), 178–182.
- Rahardja, I., J., Siregar, A., L., & Purwani, S. (2019). Pengaruh Jumlah Lubang pada *Body* Lori terhadap Perbandingan *Oil Losses in Empty Bunch* dan *Oil in Condensate*. *Jurnal Citra Widya Edukasi*. 11(3), 231 – 238.
- Rantawi, A., B. (2017). Pengaruh Kualitas Buah yang Diolah terhadap Daya Serap Janjangan Kosong dengan Variabel Berondolan. *Jurnal Citra Widya Edukasi*, 9(3), 223–228.
- Rifai, G., Widarta, I., W., R., & Nocianitri, K., A. (2018). Pengaruh Jenis Pelarut dan Rasio Bahan dengan Pelarut Terhadap Kandungan Senyawa Fenolik dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Biji Alpukat (*Persea americana* MILL). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*, 7(2), 22–32. <https://doi.org/10.24843/itepa.2018.v07.i02.p03>

- Santoso, U., Setyaningsih, W., Ningrum, A., Ardhi, A., & Sudarmanto. (2020). Analisis Pangan. Yogyakarta: UGM Press.
- Sari, W., A. (2019). Pengurangan Waktu Perebusan untuk Menurunkan Kadar *Oil Losses* (Kehilangan Minyak) pada CPO (*Cruide Palm Oil*) dengan Metode PDCA. *Conference on Industrial Engineering and Halal Industries (CIEHIS)*. Yogyakarta, Indonesia: UIN Sunan Kalijaga. 183-192.
- Sari, D. N., Munawar, A., A., & Zulfahrizal. (2016). *Non-Destructive Test* Menggunakan NIRS dengan Metode *Partial Least Square* untuk Bubuk Biji Kakao (dengan Pretreatment Baseline Shift dan Derivatif-2). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 1(1), 1017–1026. <https://doi.org/10.17969/jimfp.v1i1.1116>
- Sari, S., Munawar, A. A., & Devianti. (2020). Aplikasi *Near Infrared Spectroscopy* (NIRS) untuk Mengetahui Kandungan Hara Fosfor pada Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Tangga. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 5(1), 521–530. <https://doi.org/10.17969/jimfp.v5i1.13687>
- Siregar, M., R., & Wachjar, A. (2017). Manajemen Panen Kelapa Sawit (*Elein guineensis* Jacq.) di Gunung Sari Estate, Kalimantan Selatan. *Jurnal Buletin Agrohorti*, 5(3), 301–308. <https://doi.org/10.29244/agrob.v5i3.16467>
- Sitinjak, S. (2017). Pengaruh Tandan Kosong pada Persentase Kehilangan Minyak (*Losses*) CPO di PTP. Nusantara IV (Persero) Unit Kebun Pabatu Tebing Tinggi. *Skripsi*. Universitas Sumatera Utara. <http://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/5682>
- Sofyan, Maesaroh, E., Windyaningrum, R., Mahardhika B.P. (2020). Perbandingan Metode Analisis Lemak Kasar Metode Soxhlet terpisah dan Metode Soxhlet dalam Satu Ekstraktor pada Beberapa Bahan Pakan. *Jurnal Teknologi dan manajemen Pengelolaan Laboratorium (Temapela)* 3(2), 60-64.
- Suhaedading, I. (2020). Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB) saat Pandemi Covid-19 dan Dampaknya bagi Pasar Modal Indonesia. *Jurnal Vokasi Administrasi Bisnis*, 2(1), 33–37. <https://doi.org/10.31334/abiwara.v2i1.1053>
- Sulaiman & Randa, R., M. (2018). Pengaruh Temperatur terhadap Efisiensi Sterilizer dan Kualitas Minyak Yang Dihasilkan. *Jurnal Menara Ilmu*, 12(10), 159–169. <https://doi.org/10.33559/mi.v12i10.1035>
- Tarihoran, N., Siregar, K., & Ishak, A. (2013). Analisis Pengendalian Kualitas pada Proses Perebusan dengan Menerapkan QCC (*Quality Control Circle*) Di PT. XYZ. *Jurnal Teknik Industri FT USU*, 3(1), 41–46.
- Wening, P., O. (2021). Analisa Gula Kristal Putih Secara Cepat Menggunakan Near Infrared Spectroscopy. *Indonesian Sugar Research Journal*, 1(2), 106–113. <https://doi.org/10.54256/isrj.v1i2.54>
- Zhu, M., Long, Y., Chen, Y., Huang, Y., Tang, L., Gan, B., & Yu, Q. (2021). Fast Determination of Lipid and Protein Content in Green Coffee Beans from Different Origins Using

NIR Spectroscopy and
Chemometrics. *Journal of Food*

Composition and Analysis 102
(104055), 1-8.