

PENGAMATAN KUALITAS CPO PADA STORAGE TANK DENGAN PENAMBAHAN SISTEM PENGADUKAN PADA BERBAGAI VARIASI TEMPERATUR

THE ASSESSMENT OF CPO QUALITY IN STORAGE TANK WITH THE ADDITION OF A STIRRING SYSTEM AT DIFFERENT TEMPERATURE

Rengga Arnalis Renjani¹, Riki Sugiarto¹, Nuraeni Dwi Dharmawati^{1✉}

¹Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Stipar

✉Komunikasi Penulis, email: nuraenidharmawati@yahoo.com

DOI: <http://dx.doi.org/10.23960/jtep-lv9i4.343-352>

Naskah ini diterima pada 30 September 2020; revisi pada 30 November 2020;
disetujui untuk dipublikasikan pada 16 Desember 2020

ABSTRACT

The quality of Crude Palm Oil (CPO) decreases during the storing and shipping, due to oxidation and hydrolysis reaction. The hydrolysis reaction able to decrease the temperature of CPO during CPO storage. If, the temperature in a CPO storage is not controlled well, thus the decline of CPO quality in the storage tank. This research aims to analyze the quality of CPO produced during storage at varied temperature and the stirring process. The parameters observed and analyzed on CPO in the storage tank were: storage time, temperature variations, and addition of stirring system or agitator. The sampling was carried out twice a day, while the parameters observed were Free Fatty Acid (FFA), dirt content, and moisture content. The results of this study concluded that the quality of CPO with addition of a stirring system able to slower the raise of FFA level, compared with conventional storage system. In the normal storage system, the FFA level of CPO able to increase about 0,13% per day. However, by using the stirring system FFA only increases about 0,05% per day. Based on this research, the optimum temperature for maintain the quality of CPO is about 50 °C.

Keywords: agitator, crude palm oil, free fatty acid, storage tank, temperature

ABSTRAK

Penurunan mutu *Crude Palm Oil* (CPO) dapat terjadi selama penyimpanan di *storage tank* dan ketika proses pengiriman, oleh adanya reaksi oksidasi dan reaksi hidrolisis sehingga menurunkan suhu CPO selama penyimpanan. Suhu penyimpanan CPO yang tidak terkontrol dengan baik, sering kali menjadi penyebab terjadinya penurunan mutu CPO di dalam *storage tank*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas CPO produksi selama penyimpanan pada berbagai variasi suhu dan pengadukan. Parameter yang diamati dan dianalisis dari proses penyimpanan CPO di *storage tank* terdiri dari: waktu penyimpanan, variasi suhu, dan penambahan sistem pengaduk atau agitator. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak dua kali sehari, sedangkan parameter yang diamati yaitu Asam Lemak Bebas (ALB), kadar kotoran, dan kadar air. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan sistem pengadukan dapat memperlambat kenaikan ALB dibandingkan dengan sistem penyimpanan konvensional. Kenaikan kandungan ALB CPO pada penyimpanan konvensional sebesar 0,13% per hari, sedangkan ALB sistem penyimpanan dengan pengadukan hanya menaikkan ALB CPO sebesar 0,05% per hari. Berdasarkan penelitian ini temperatur yang optimum untuk mempertahankan kualitas CPO adalah 50 °C.

Kata Kunci: agitator, asam lemak bebas, crude palm oil, storage tank, temperatur

I. PENDAHULUAN

Sepanjang tahun 2019, Indonesia mampu menghasilkan *Crude Palm Oil* (CPO) sebesar 51.8 juta ton (Gayati 2020) keberhasilan tercapainya

peningkatan produksi karena Pabrik Kelapa Sawit (PKS) di Indonesia terus bertambah dari tahun ketahun. Satu PKS mampu mengolah Tandan Buah Segar (TBS) rata-rata 1200 hingga 1800 ton per hari untuk kapasitas pabrik 45-90

ton TBS per jam, dan durasi pengolahan rata-rata 20 jam per hari (Syam *et al.*, 2011). Tahapan pengolahan CPO dimulai dari proses perebusan, prontoskan, dan pengepresan, hasil proses pengepresan berupa minyak dan *cake*, fiber dan biji (Owolarafe dan Oni 2011; Wahyudi *et al.*, 2012; Mba *et al.*, 2015; Vincent *et al.*, 2014). Proses pengolahan minyak sawit membutuhkan *steam* rata-rata 1 ton *steam*/ton TBS, yang digunakan untuk perebusan, pengepresan, maupun menjaga temperatur CPO dalam tangki di stasiun sterilisasi dan *storage tank* (Hermantoro dan Renjani 2014).

Tangki penyimpanan atau *storage tank* (Gambar 1) merupakan unit penting di PKS, sebab *storage tank* merupakan tempat penyimpanan CPO dan menjaga CPO dari kontaminan yang dapat menurunkan kualitas. Salah satu faktor yang menjadi acuan dalam penentuan kualitas CPO dalam transaksi perdagangan adalah ALB. ALB merupakan asam lemak yang tidak terikat dengan trigliserida dan posisinya bebas. Terbebasnya posisi ALB dari ikatan trigliserida terjadi karena proses hidrolisis enzim lipase dan oksidasi. Semakin banyak terjadi proses hidrolisis dan oksidasi berlangsung, mengakibatkan ALB semakin banyak terbentuk, sehingga mengakibatkan mutu CPO menurun.

Cara yang dilakukan untuk menonaktifkan enzim lipase yakni melalui pemanasan dengan temperatur optimum pada rentang suhu (45-55 °C) dan selanjutnya didistribusikan secara merata ke seluruh bagian tangki (Salhin dan Abdurrahman 2013). Permasalahan yang timbul di dalam *storage tank* adalah adanya temperatur yang fluktuatif selama penyimpanan produk CPO. Faktor-faktor yang mengakibatkan fluktuatifnya temperatur di *storage tank* umumnya terjadi karena input *steam* yang tidak

terkontrol, perubahan volume CPO di *storage tank*, dan suhu lingkungan.

Temperatur yang terlalu tinggi *storage tank* dapat mempercepat penurunan kandungan beta karoten yang akan menurunkan kualitas CPO, sementara temperatur rendah dapat mengakibatkan penggumpalan minyak dan membutuhkan waktu serta panas yang tinggi untuk mengubahnya menjadi bentuk semula atau cair (Budiyanto *et al.*, 2010). *Steam coil* yang terpasang pada *storage tank* umumnya terletak di bagian bawah, akibat perpindahan panas secara konveksi membuat akumulasi temperatur CPO yang optimum hanya pada bagian bawah *storage tank*, sementara temperatur di bagian atas lebih dingin.

Penelitian terkait pemerataan temperatur di *storage tank* sebelumnya telah dikembangkan oleh Hafiz *et al.*, (2016), yang merancang *storage tank* dengan mekanisme sirkulasi dengan pengendalian temperatur otomatis. Penelitian Hafiz *et al.*, (2016), berhasil membuat temperatur di *storage tank* menjadi merata di bagian bawah dan atas, namun tidak mengemukakan terkait kualitas CPO yang dihasilkan di *storage tank* bersirkulasi.

Berdasarkan permasalahan yang ada di PKS terkait mempertahankan kualitas CPO selama penyimpanan, menjadikan sebuah titik penting dari artikel ini. Konsep *storage tank* dengan penambahan pengadukan diharapkan dapat mengakomodir pendistribusian temperatur di *storage tank* merata pada semua bagian, sebab pemanasan tidak terfokus pada satu bagian saja. Menurut Ciofalo *et al.*, (1996) pengadukan dengan menggunakan agitator dapat menyebarkan fluida di dalam bejana akan bergerak ke atas dan ke bagian samping atau



Gambar 1. Tangki Penyimpanan (*Storage Tank*) CPO

radial. Putaran secara radial, dapat mempercepat perpindahan panas yang merata (Ameur, 2016), dan konsep pengadukan dipilih sebagai dasar mekanisme penyebaran panas di *storage tank*.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas CPO produksi selama penyimpanan dengan variasi temperatur dan penambahan agitator. Konsep pemanasan *storage tank* secara konvensional akan dibandingkan dengan konsep penambahan agitator.

II. BAHAN DAN METODE

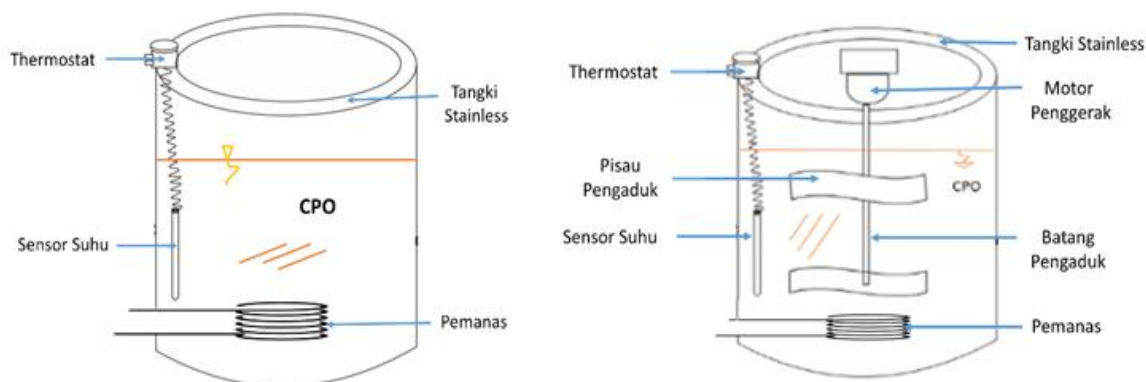
Pembuatan prototipe dan pengujian *storage tank* dilakukan di *pilot plan* pabrik mini kelapa sawit, Jurusan Teknik Pertanian, Institut Pertanian Stiper Yogyakarta. Penelitian dilaksanakan terhitung dari bulan Oktober 2019 hingga Februari 2020. Peralatan yang digunakan antara lain: tangki aluminium berkapasitas 30 liter, dinamo motor 12 V, adaptor AC-DC 24 V, *heater* 1000 watt, termostat putar rentang suhu 20-110 °C, oven *Memmert UN55*, timbangan digital *AND FX-300*. Bahan yang digunakan antara lain: *indicator phenolptalein*, potassium hidroksida. 0,1 N, dan CPO.

Tahapan penelitian yang dilakukan yakni: mengidentifikasi masalah, merancang prototipe tangki penyimpanan CPO, manufaktur tangki, pengujian mutu CPO, dan analisis data. Identifikasi masalah dilakukan berdasarkan fenomena yang terjadi secara langsung pada salah satu PKS, yang memiliki kendala penyebaran temperatur dalam *storage tank* yang tidak merata dan adanya penurunan mutu CPO karena pemberian *steam* yang berfluktuatif.

Tahap perancangan *storage tank* CPO dilakukan metode *downscale* tangki. Prototipe didesain berkapasitas 30 liter atau dengan perbandingan *storage tank* yakni 1:18.600 dari ukuran sebenarnya (*storage tank* kapasitas 500 ton). Bentuk tangki dan komponen yang digunakan tersaji pada Gambar 2.

Konsep penyimpanan CPO yang diuji terdiri dari penyimpanan secara konvensional yakni hanya menggunakan pemanas dan agitator adalah modifikasi sistem secara konvensional dengan penambahan sistem pengadukan (O'Driscoll 2019). Masing-masing konsep penyimpanan CPO menggunakan 5 tangki, terdiri dari lima variasi temperatur konstan yang dikontrol menggunakan termostat yakni 40°C, 45°C, 50°C, 55°C, dan 60°C. Tiap tangki berkapasitas 30 liter, berdiameter 35 cm, ketinggian 40 cm, ketebalan tangki 0,4 cm, dan material yang digunakan *stainless steel*. Agitator bertipe *propeller* dengan *center shaft*, berbahan *stainless steel*, berdiameter 0,5 cm, dan panjang 20 cm. Pisau pengaduk atau *propeller* menggunakan plat strip panjang 7 cm ketebalan 0,2 cm, terdiri dari 4 buah pisau pengaduk, dan motor penggerak menggunakan dinamo 12 V dengan menghasilkan putaran 60 rpm. Arus yang dialirkan ke dalam dinamo dibantu oleh adaptor AC-DC 24 V, dan agitator beroperasi selama 24 jam tiap harinya.

Kualitas ALB di masing-masing *storage tank* diuji mengikuti standard SNI 01-3555-1998 (Iqbal *et al.*, 2018). Sampel CPO sebanyak 3 g dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer dan ditambah 50 ml alkohol 96%, kemudian diaduk dengan menambahkan 4 tetes *indicator phenolptalein* (pp). Proses titrasi menggunakan larutan NaOH 0.1 N, hingga terjadi perubahan warna (merah).



Gambar 2. Bentuk Tangki dan Komponen (a) Konvensional dan (b) Agitator

Kandungan ALB dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$ALB (\%) = \frac{M \times V \times T}{10 \times m} \quad (1)$$

Dimana, M adalah bobot molekul asam lemak, V adalah volume NaOH untuk titrasi (ml), T adalah normalitas NaOH, dan m adalah bobot sampel (g).

Kadar air ditentukan dengan metode oven (Wulandari *et al.*, 2011) yang dilakukan dengan meletakkan sampel 10 g pada gelas beaker yang telah diketahui beratnya. Setelah itu dilakukan proses pengeringan dalam oven pada suhu 103 ± 2 °C selama 4 jam. Kemudian didinginkan didalam desikator hingga mencapai kondisi stabil dan ditimbang. Kadar air dihitung dengan Persamaan 2.

$$K_a = \frac{B_b - B_{kt}}{B_{kt}} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana, K_a adalah kadar air (%), B_b adalah berat sebelum dikeringkan dalam oven (g), dan B_{kt} adalah berat setelah dikeringkan dalam oven (g).

Pengujian kadar kotoran (*dirt*) dilakukan dengan mengencerkan CPO dengan 100 ml *hexane* ke dalam filter vakum, kemudian mengeringkan kertas saring menggunakan oven pada suhu 105°C selama ± 30 menit. Kertas saring yang telah keringkan, kemudian ditimbang dan dihitung. Persamaan yang digunakan untuk hitung kadar kotoran yaitu:

$$K_k = \frac{B_b - B_a}{B_s} \times 100\% \quad (3)$$

Dimana, K_k adalah kadar kotoran (%), B_b adalah berat saring akhir (g), B_{kt} adalah berat saring awal (g), dan B_s adalah berat sampel.

Pengambilan sampel dilakukan sebanyak dua kali sehari, selama 6 hari, dan pengulangan sebanyak 3 kali. Analisis data dilakukan dengan menganalisa data kuantitatif melalui statistika sederhana. Adapun perubahan data selama percobaan dilakukan analisis secara grafik (Krisdiarto *et al.*, 2019).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

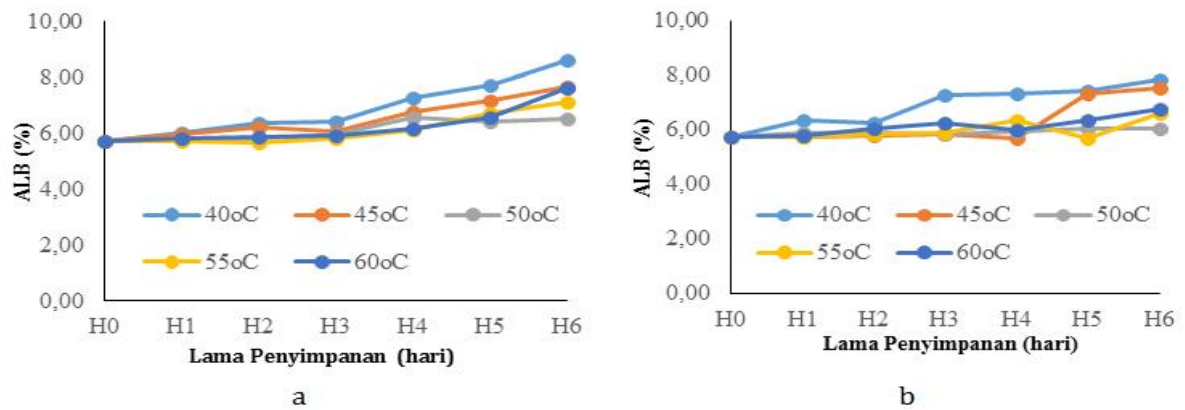
3.1. Asam Lemak Bebas

Penambahan agitator dan variasi temperatur pada *storage tank* CPO diharapkan dapat mencegah meningkatnya ALB. Upaya yang dilakukan untuk menonaktifkan enzim lipase sebagai katalis proses hidrolisis CPO yang menjadi penyebab meningkatnya ALB. Mutu produksi CPO sebagai bahan baku olahan pangan mempunyai hubungan antara aspek kualitas dengan parameter kadar asam lemak, kadar air dan kadar kotoran (Faridah *et al.*, 2015). Mutu CPO akan menjadi lebih baik bila ALB, kadar air dan kadar zat pengotor di dalam CPO rendah.

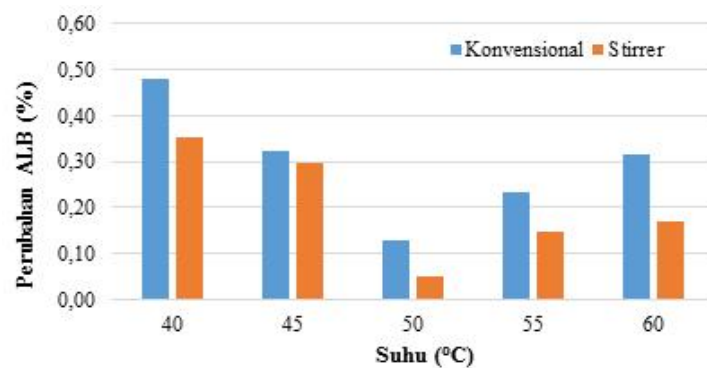
Berdasarkan data hasil pengujian ALB sistem pemanasan di *storage tank* secara konvensional yang tersaji pada Gambar 3a menunjukkan bahwa temperatur yang optimal untuk penyimpanan CPO pada 50°C dengan rata-rata peningkatan ALB dalam enam hari sebesar 6,11%, atau 0,13% per hari. Peningkatan ALB di *storage tank* secara konvensional lebih tinggi jika dibandingkan dengan *storage tank* dengan penambahan agitator pada temperatur 50°C , peningkatan ALB pada *storage tank* dengan agitator mengalami peningkatan ALB dalam enam hari sebesar 5,95%, atau 0,10% per hari.

Adanya penyebaran temperatur yang merata melalui bantuan agitator menjadikan ALB tidak meningkat lebih tinggi. Data penelitian ini memiliki kesamaan dengan pernyataan Salhin dan Abdurrahman (2013), yang menyebutkan bahwa cara menonaktifkan enzim lipase di CPO terjadi pada rentang suhu ($45-55^\circ\text{C}$) dan terdistribusi secara merata ke seluruh bagian tangki. Namun berdasarkan Gambar 3a dan Gambar 3b, menunjukkan bahwa peningkatan ALB pada CPO berbanding lurus dengan lamanya durasi simpan CPO di *storage tank*.

Pada Gambar 4 tersaji data perubahan ALB dari kedua konsep penyimpanan CPO untuk lima variasi temperatur selama enam hari. Perubahan ALB selama penyimpanan adalah persentase ALB pada hari pertama pengujian ($h+1$) dikurangi ALB awal (h_0), kemudian perubahan ALB hari kedua pengujian ($h+2$) dikurangi ALB di hari pertama ($h+1$), dan seterusnya.



Gambar 3. ALB CPO pada *Storage Tank* Konsep (a) Konvensional dan (b) Agitator



Gambar 4. Perubahan ALB pada Kedua Konsep Penyimpanan CPO

Gambar 4 menunjukkan bahwa pemberian temperatur *storage tank* yang kurang dari 50 °C telah memberikan dampak peningkatan ALB CPO yang tinggi. Begitupula pemberian temperatur yang terlalu tinggi, mengakibatkan ALB meningkat. Hal ini terjadi karena diberikan perlakuan temperatur yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan *density* atau berat jenis CPO akan turun (Ong *et al.*, 1995; Wulandari *et al.*, 2011). Peningkatan temperatur dapat memicu terjadinya reaksi oksidasi, polimerisasi dan degradasi termal, yang menyebabkan perubahan sifat fisik seperti CPO menjadi gosong, menimbulkan kerak pada pemanas, dan kerugian saat penjualan akibat penurunan kualitas CPO yang dihasilkan (Shehu *et al.*, 2019).

Berdasarkan Gambar 4 dapat dijelaskan bahwa CPO dengan temperatur 50 °C, memberikan dampak perubahan mutu CPO berupa ALB yang rendah dibandingkan dengan temperatur lainnya yakni sebesar 0,13% untuk *storage tank* konvensional, dan 0,05% pada *storage tank* dengan penambahan agitator.

Menurut Ong *et al.*, 1995 apabila terjadi kenaikan ALB CPO sebesar 1% akan menurunkan density CPO 0,22 kg/m³. Menurunnya density CPO dan mempengaruhi tonase pada penjualan. Jika harga CPO USD 623 per ton atau setara dengan Rp 8.722.000 (Dirjenbun, 2016) dan rata-rata *storage tank* di PKS berkapasitas 500 ton, maka memiliki potensi kerugian sebesar 0,22 kg/m³ × 500 m³ = 123,59 kg per kenaikan 1% ALB pada *storage tank*. Potensi kerugian ekonomi yakni sebesar 0,123 ton × USD 653,39 (harga 13 Agustus 2020) = USD 80,36 atau setara dengan Rp 1.195.057 (kurs Rp 14.870) per kenaikan 1% ALB pada satu *storage tank*. Kerugian tersebut akan bertambah apabila PKS memiliki lebih dari 1 *storage tank* atau berkapasitas lebih dari 500 ton.

Pengujian mutu CPO di *storage tank* kali ini dilakukan secara *batch* atau tidak dilakukan penambahan CPO, sehingga mengakibatkan adanya *trend* peningkatan ALB. Ali *et al.*, (2014) yang menyimpulkan bahwa semakin lama CPO disimpan, aktivitas mikroba semakin tinggi, sehingga mengakibatkan hidrolisis minyak sehingga meningkatkan ALB. Salah satu cara yang

dapat dilakukan untuk mempertahankan ALB CPO juga dapat dilakukan dengan mencampurkan antara CPO yang lama dan CPO yang baru diproduksi, atau mencampurkan CPO dari *storage tank* dengan ALB tinggi dengan CPO ALB rendah sebelum pengiriman dilakukan.

3.2. Kadar Air

Pengukuran kualitas CPO di *storage tank* umumnya dilakukan sebelum proses pengolahan, setelah pengolahan, dan sebelum pengiriman CPO (penjualan). Sebelum CPO dijual kepada konsumen, penting untuk menentukan kualitas CPO yang diperdagangkan. Parameter yang menjadi penentu kualitas CPO, salah satunya kadar air. Kadar air merupakan salah satu parameter yang mempengaruhi mutu CPO, semakin tinggi kadar air maka mutu CPO di kategorikan rendah. Apabila kadar air CPO tinggi menyebabkan proses hidrolisis dapat terjadi dan merubah ALB CPO meningkat atau penyebab *rancid* atau ketengikan (Ali *et al.*, 2014).

Berdasarkan Gambar 5a dapat dilihat bahwa kadar air pada *storage tank* dengan konsep konvensional mengalami penurunan yang tidak tajam terhadap bertambahnya waktu penyimpanan. Kadar air CPO yang terlepas selama proses penyimpanan di *storage tank* dengan konsep konvensional yakni 0,02-0,19 %. Fenomena penurunan kadar air CPO semakin tajam apabila temperatur yang diberikan semakin meningkat, yang dipengaruhi oleh pemanasan yang terjadi di *storage tank* yang diberikan secara terus menerus dan stabil sehingga menyebabkan kadar air CPO dalam 6

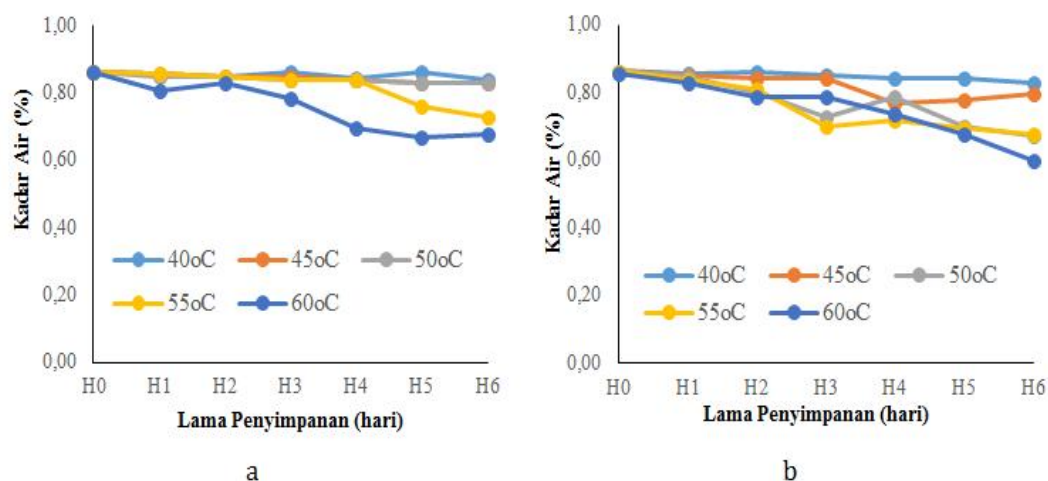
hari percobaan mengalami pelepasan ke udara bebas.

Pada Gambar 5b tersaji data perubahan kadar air CPO yang ada pada *storage tank* dengan konsep agitator. Sama seperti konsep *storage tank* secara konvensional, kadar air CPO konsep agitator juga mengalami sedikit penurunan. Kadar air CPO yang terlepas selama proses penyimpanan yakni 0,03-0,26% dalam waktu 6 hari. Berdasarkan kadar air CPO pada kedua konsep penyimpanan di *storage tank*, secara umum temperatur yang tidak memberikan perubahan yang banyak atau temperatur stabil untuk penyimpanan yakni pada *range* suhu 45-55 °C. Hal ini sesuai dengan pernyataan Salhin dan Abdurrahman (2013), yang menyebutkan bahwa temperatur yang ideal untuk penyimpanan CPO yakni 45-55 °C.

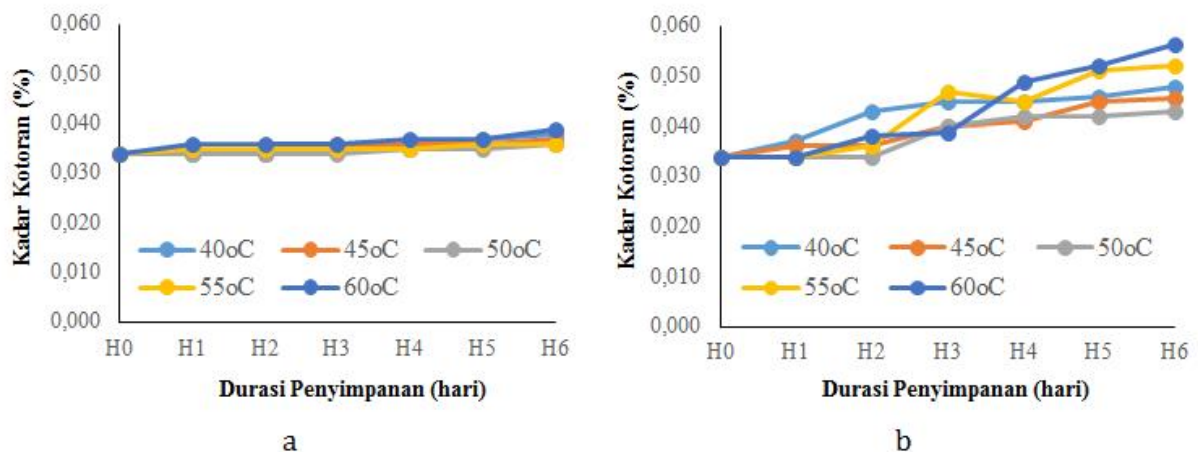
3.3. Kadar Kotoran

Pengujian kadar kotoran dilakukan untuk mengetahui tingkat kemurnian CPO produksi dari berbagai macam pengotor yang dihasilkan selama proses pengolahan CPO. Adapun pengotor yang dimaksud dalam kadar kotoran CPO adalah kandungan bahan-bahan asing yang tidak terlarut pada CPO atau *impurities* (Ali *et al.*, 2014; Maimun *et al.*, 2017). Kadar kotoran berasal dari proses pemurnian CPO yang belum optimal dan masih terikut di *storage tank* baik berupa pasir, tanah, serat dan ampas.

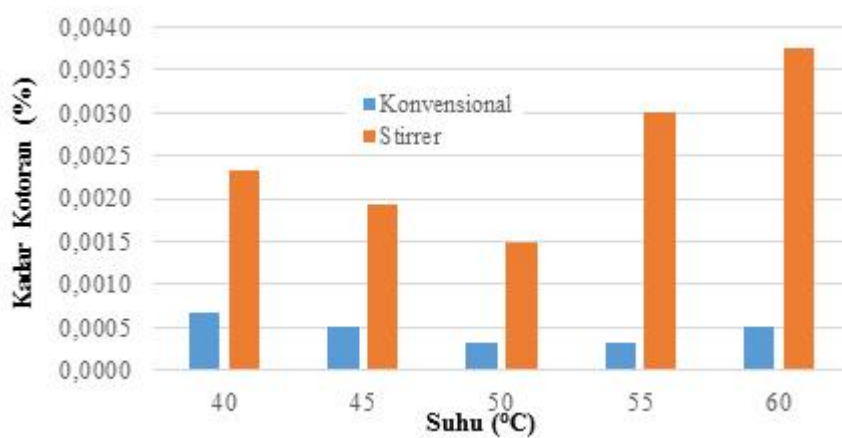
Pada Gambar 6a menunjukkan bahwa kadar kotoran yang disimpan di *storage tank* konsep konvensional tidak banyak mengalami



Gambar 5. Kadar air CPO pada *Storage Tank* Konsep (a) Konvensional dan (b) Agitator



Gambar 6. Kadar kotoran CPO pada *Storage Tank* Konsep (a) Konvensional dan (b) Agitator



Gambar 7. Perubahan Kadar Kotoran pada Kedua Konsep Penyimpanan CPO

perubahan selama 6 hari. Fenomena ini terjadi karena pada konsep *storage tank* konvensional CPO mengalami proses sedimentasi atau pengendapan, yang mengakibatkan seluruh pengotor di CPO berada di bagian bawah *storage tank*. Konsep pemisahan CPO, dengan pengotor yang mengendap pada bagian dasar (bawah) *storage tank*, erat kaitannya dengan hukum hidrostatis masing-masing fluida yang ada di *storage tank*, yakni: CPO, air, dan *sludge* atau *impurities*. Besarnya tekanan hidrostatis berbanding lurus dengan kedalaman atau tinggi lapisan masing-masing fluida dan massa jenis yang digunakan. Semakin besar kedalaman suatu fluida maka tekanan hidrostatisnya semakin besar. Begitupun dengan besarnya massa jenis, semakin besar massa jenis zat cair yang digunakan, maka semakin besar pula tekanan hidrostatisnya (Wulandari *et al.*, 2018).

Pada dasarnya CPO dalam *storage tank* lebih cocok dalam keadaan fluida yang tenang atau

tidak terjadinya turbulensi, sebab seiring bertambahnya waktu pengotor akan mengendap ke dasar tangki. Hasil kandungan kadar kotoran CPO pada *storage tank* konsep agitator yang tersaji pada Gambar 6b menunjukkan adanya peningkatan kadar kotoran seiring bertambahnya waktu penyimpanan.

Penentuan temperatur yang tepat untuk penyimpanan CPO harus mempertimbangkan berbagai macam faktor, antara lain: faktor kualitas, volume CPO di *storage tank* dan energi yang dibutuhkan selama penyimpanan. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dengan temperatur CPO terkontrol pada 50 °C menunjukkan perubahan kadar kotoran yang lebih kecil dibandingkan temperatur 40, 45, 55, dan 60 °C. Apabila dibandingkan dengan faktor lainnya berupa perubahan kadar ALB, kadar air, dan kadar kotoran, nampak jelas pemberian temperatur CPO pada *storage tank* untuk kedua konsep penyimpanan secara konvensional

maupun agitator lebih cocok menggunakan temperatur 50 °C. Adapun kandungan kadar kotoran pada masing-masing konsep penyimpanan CPO tersaji pada Gambar 7.

Peningkatan kadar kotoran CPO pada temperatur 55 dan 60 °C seperti yang terjadi pada hasil pengamatan kali ini, dipengaruhi oleh temperatur dan viskositas fluida yang terkandung pada CPO produksi (CPO yang bersih, air, dan *impurities*). Menurut Hukum Stokes, temperatur yang tinggi mengakibatkan viskositas menjadi menurun, dan meningkatkan selisih rapatan partikel. Artinya adanya temperatur yang tinggi, dapat mempercepat kecepatan pengendapan. Terbukti kadar kotoran pada metode konvensional tidak begitu banyak perubahan kadar kotoran, yang mengindikasikan bahwa *impurities* telah mengendap di bagian bawah tangki.

Kondisi CPO di dalam *storage tank* konsep agitator yang terus-menerus diaduk secara sentrifugasi selama 24 jam sehari mengakibatkan kadar kotoran terus teraduk di tangki agitator. Agitator yang memberikan gaya sentrifugasi pada fluida (CPO), mengakibatkan *impurities* yang seharusnya mengendap menjadi terus mendapatkan turbulensi dan berada di sisi tangki dan mengakibatkan kadar kotoran meningkat.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa kualitas CPO menggunakan sistem pengadukan (agitator) dapat memperlambat kenaikan ALB. Sistem penyimpanan CPO secara konvensional, terjadi peningkatan ALB sebesar 0,13% per hari, sedangkan sistem pengadukan hanya menaikkan ALB CPO sebesar 0,05% per hari. Berdasarkan penelitian ini temperatur yang optimum untuk mempertahankan kualitas berupa kadar air dan kadar kotoran CPO selama penyimpanan di *storage tank* yakni temperatur 50 °C. Sistem pengadukan memiliki kekurangan, yakni dapat mengakibatkan kadar kotoran CPO selama penyimpanan menjadi meningkat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit (BPDPKS), Kementerian Keuangan Republik Indonesia, yang telah mendukung dan membiayai penelitian ini melalui program Lomba Riset Sawit.

DAFTAR PUSTAKA

- Salhin, A.S.M., Abdurrahman, A.M. 2013. Determination of Free Fatty Acids in Palm Oil Samples by Non-Aqueous Flow Injection using Colorimetric Reagent. *Chemical and Materials Engineering* 1(3): 96 – 103. DOI: 10.13189/cme.2013.010306
- Ali, F.S., Shamsudin, R., Yunus, R. 2014. The Effect of Storage Time of Chopped Oil Palm Fruit Bunches on the Palm Oil Quality. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 2 (2014):165 – 172. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aaspro.2014.11.024>
- Ameur, H. 2016. Agitation of yield stress fluids in different vessel shapes. *Engineering Science and Technology, an International Journal* 19 (2016): 189-196. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jestch.2015.06.007> 2215-0986
- Budiyanto, Silsia, D., Efendi, Z., Janika, R. 2010. Perubahan Kandungan –Karoten, Asam Lemak Bebas dan Bilangan Peroksida Minyak Sawit Merah Selama Pemanasan. *Agritech* 30(2):75–79. <https://doi.org/10.22146/agritech.9676>
- Ciofalo, M., Brucato, A., Grisafi, F., Torracca, N. 1996. Turbulent flow in closed and free-surface unbaffled tanks stirred by radial impellers. *Chemical Engineering Science* 51 (14): 3557–3573. [https://doi.org/10.1016/0009-2509\(96\)00004-8](https://doi.org/10.1016/0009-2509(96)00004-8)
- Dirjenbun. 2016. Statistik Perkebunan Indonesia 2015 – 2017: Kelapa Sawit. Direktorat Jenderal Perkebunan Republik Indonesia. Diakses: 22 Agustus 2020.

- Faridah D.N., Lioe, H.N., Palupi, N.S., Kahfi, J. 2015. Detection of FFA and PV Values using FTIR for Quality Measurement In Palm Oil Frying Activities. *Journal of Oil Palm Research* 167(2), 156–167.
- Gayati, M.D. 2020. *GAPKI: Produksi minyak sawit 2019 capai 51,8 juta ton*. <https://www.antaranews.com/berita/1277823/gapki-produksi-minyak-sawit-2019-capai-518-juta-ton>. Diakses: 22 Agustus 2020.
- Hafiz, M., Renjani, R.A., Haryanto, A., Araswati, N., Subrata, I.D.M. 2016. Design of Temperature and Volume Control System at Crude Palm Oil (CPO) Storage Tank. *Proceeding of AESAP*. Bogor: IPB University Pp 95-102.
- Hermantoro, Renjani, R.A. 2014. Studi Pemanfaatan Water Rejected Reverse Osmosis untuk Kebutuhan Air Domestik dan Sebagai Boiler Feed Water di Pabrik Kelapa Sawit. *Prosiding Seminar Nasional Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada Pp. 195–99.
- Iqbal, Z., Herodian, S., Widodo, S. 2018. Evaluasi Non-Destrutif Kandungan Asam Lemak Bebas (ALB) Tandan Buah Segar (TBS) Kelapa Sawit dengan Metode NIR Spektroskopi. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung* 7(2): 80-87. DOI:<http://dx.doi.org/10.23960/jtep-lv7i2.80-87>
- Krisdiarto, A.W., Wisnubhadra, I., Widodo, K.H. 2019. Kendali Jumlah dan Waktu Berangkat Truk Pengangkut TBS untuk Minimalisasi Antrian di Pabrik Minyak Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung* 8(4): 251-255. DOI:<http://dx.doi.org/10.23960/jtep-lv8i4.251-255>
- Maimun, T., Arahman, N., Hasibuan, F.A., Rahayu P. 2017. Penghambatan Peningkatan Kadar Asam Lemak Bebas (*Free Fatty Acid*) pada Buah Kelapa Sawit dengan Menggunakan Asap Cair. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia* 9(2): 44-49. <https://doi.org/10.17969/jtipi.v9i2.8469>
- Mba, O.I., Dumont, M.J., Ngadi, M. 2015. Palm Oil/ : Processing, Characterization and Utilization in the Food Industry – A Review. *Food Bioscience* 10:26–41. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2015.01.003>
- Ong, A.S.H., Choo, Y.M., Ooi, S.K. 1995. Developments in Palm Oil. Dalam Hamilton RJ (Ed). *Developments in Oils and Fats* Pp.153-191. Blackie Academic & Profesional London.
- Owolarafe, O.K., Oni, O.A. 2011. Technology in Society Modern Mill Technology and Centralised Processing System, an Alternative for Improving Performance of Palm Oil Mills in Abia State, Nigeria. *Technology in Society* 33(1–2):12–22. <http://dx.doi.org/10.1016/j.techsoc.2011.03.002>
- O'Driscoll, A. 2019. *Selecting an Impeller for Your Overhead Stirrer*. <https://stirrers.net/blogs/blog/selecting-an-impeller-for-your-overhead-stirrer>. Diakses: 22 Agustus 2020.
- Shehu, U. E., Chow, T.Q., Hafid, H.S., Mokhtar, M.N., Baharuddin, A.S., Nawati, N.M. 2019. Kinetics of thermal hydrolysis of crude palm oil with mass and heat transfer in a closed system, *Food and Bioproducts Processing* 118 (2019):187–197. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2019.09.009>
- Syam, A.M., Renjani, R.A., Dharmawati, N.D. 2011. Analisis Losses pada Nut and Kernel Station Melalui Proses Pendekatan di Setiap Peralatan. *Prosiding Seminar Nasional PERTETA*. Bandung: FTIP-UNPAD Pp. 134–137.
- Vincent, C. J., Shamsudin, R., Baharuddin, A. S. 2014. Pre-Treatment of Oil Palm Fruits/ : A Review. *Journal of Food Engineering* 143:123–31. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.06.022>

- Wahyudi, J., Renjani, R.A., Hermantoro. 2012. Analisis Oil Losses Pada Fiber dan Broken Nut di Unit Screw Press dengan Variasi Tekanan. *Prosiding Seminar Nasional PERTETA*. Denpasar: Universitas Udayana Pp. 13–14.
- Wulandari, D.W., Swistoro, E., Connie, C. 2018. Efektivitas Sphygmomanometer Aneroid Modifikasi Sebagai Alat Ukur Tekanan Hidrostatik dan Implementasinya Sebagai Alat Peraga. *PENDIPA Journal of Science Education* 2(1): 82-87. <https://doi.org/10.33369/pendipa.v2i1.4421>
- Wulandari, N., Muchtadi, T.R., Budijanto, S., Sugiyono. 2011. Sifat Fisik Minyak Kasar dan Korelasinya dengan Atribut Mutu. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* XXII(2):177–183.