



Recovery air kondensat pada stasiun perebusan untuk menekan *oil losses*: studi kasus PKS Cot Girek

Eti Indarti^{1*}, Dicky Aulia Zulmi¹, Zaidiyah¹, Zulhadi²

¹Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

²PT. Perkebunan Nusantara I unit Pabrik Kelapa Sawit, Cot Girek, Aceh Utara, Indonesia

Article history

Diterima:

3 Juli 2021

Diperbaiki:

29 September 2021

Disetujui:

29 September 2021

Keyword

Oil losses; Condensate water; Sterilization; Crude palm oil.

ABSTRACT

This study aims to reuse condensate water from sterilization stations to reduce oil losses; a case study at PKS Unit of PT. Perkebunan Nusantara I Cot Girek, North Aceh. Oil losses, a common problem in most crude palm oil (CPO) production, in the PKS Unit reach 0.71%, exceeding the company's standard of 0.6%. Among the possible oil losses, the sterilization station is concerned in this study due to the high content oil (0.86%) of the condensate water discharged from the station still. Therefore, the addition of a reservoir for condensate water is required to settle the impurities, and then this treated water is reused as diluent water in the oil gutter station. As a result, the overall oil losses in the fat pit reduce from 0.71% to 0.67%. Although the reduction of oil losses is only 0.04%, the cost-benefit of the reservoir addition is worthy 51.2 million rupiahs per month.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

* Penulis korespondensi

Email : eti_indarti@unsyiah.ac.id

DOI 10.21107/agrointek.v16i2.11050

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki luas perkebunan kelapa sawit terluas di dunia. Pertumbuhan luas areal perkebunan sawit di Indonesia mencapai 1,98% dengan luas 11.201.465 Ha ditahun 2016 menjadi 14.990.010 Ha pada tahun 2020, peningkatan juga terjadi pada Provinsi Aceh yaitu dari 370.079 Ha menjadi 508.863 Ha. Hasil ekspor minyak sawit, *Crude Palm Oil* (CPO) dan turunannya pada bulan Maret 2020 meningkat 3% yaitu 2,96 juta ton (Perkebunan, 2020).

CPO adalah minyak mentah kelapa sawit yang merupakan bahan baku minyak goreng hasil dari ekstraksi serabut kelapa sawit. CPO terdiri dari gliserol dan asam lemak palmitat, oleat dan stearat. Kandungan β -karoten yang tinggi menjadikan warna merah pada CPO. Proses pengolahan CPO dilakukan pada pabrik kelapa sawit (PKS) dengan tahapan proses sebagai berikut: persiapan, perebusan, penebahan, pengepresan dan pemurnian (Suandi *et al.*, 2016).

Dalam pengolahan CPO juga terdapat beberapa masalah yang dapat menjadikan turunnya kualitas dan kuantitas CPO yang dihasilkan. Dalam hal kuantitas, permasalahan utama yang dialami oleh pabrik kelapa sawit adalah kehilangan minyak atau *oil losses* (Jauhari & Helia, 2018).

Oil losses adalah persentasi kehilangan minyak selama proses produksi. Perhitungan *oil losses* dengan menganalisis kandungan minyak dilihat dari pembuangan akhir (drab). Kandungan minyak semakin sedikit kandungan minyak mengindikasikan *oil losses* yang rendah (Nadzim *et al.*, 2020). Terdapat beberapa sumber kehilangan minyak pada PKS antara lain; air kondensat hasil stasiun rebusan, tandan kosong pada stasiun penebah, fiber pada stasiun pengepres dan minyak yang terikut oleh *sludge* pada stasiun pemurnian (Hassan *et al.*, 2012; Purwanto, 2020; Rusmar *et al.*, 2019).

Faktor lainnya yang berkontribusi terhadap *oil losses* yaitu: cara kerja mesin yang tidak maksimal, perawatan alat dan kebocoran tangki (Embrandiri *et al.*, 2013) serta variable proses yang tidak efektif (Amelia *et al.*, 2009). Sementara itu, Chang *et al.* (2003) menyatakan *oil losses* juga dapat disebabkan oleh: bentuk dan komposisi tandan buah segar (TBS), unsur hara, cuaca dan kelemahan manajemen dalam penentuan standar

kematangan buah, waktu panen dan pengumpulan buah yang rontok, serta jumlah pekerja yang tidak memadai.

Corley dan Tinker (2016) melaporkan kandungan minyak dalam air kondensat berkisar 0,07-0,65% per TBS. Kondisi keadaan buah saat panen dapat mempengaruhi *oil losses* pada air kondensat. Buah yang memar saat panen dan proses pengangkutan, serta buah yang telah lewat matang dapat meningkatkan *oil losses* dalam air kondensat. Lai *et al.* (2015) telah melakukan penelitian penurunan *oil losses* dengan cara meningkatkan tekanan pada stasiun sterilisasi. Pada kondisi operasi suhu 130 °C dan tekanan 30 psi selama 1 jam menyebabkan buah memar dan terlalu matang lebih cepat menguap dan jumlah lemak yang terikut bersama air kondensat lebih banyak. Jika tekanan ditingkatkan hingga 70 psi dengan waktu yang lebih singkat, akan mempercepat pelepasan buah dan mencegah terikutnya minyak bersama air kondensat. Vincent *et al.* (2014) melaporkan kandungan zat besi yang tinggi pada air kondensat disarankan penggunaan kembali sebagai minyak teknis dan tidak dicampurkan langsung dengan CPO karena akan menurunkan stabilitas minyak (Siew, 2011).

Pada penelitian ini hanya akan berfokus pada penanganan kehilangan minyak pada salah satu titik kehilangan, yaitu stasiun perebusan. Air kondensat yang keluar dari stasiun perebusan telah melarutkan sebagian minyak dari tandan buah segar (TBS) sehingga saat air kondensat keluar telah mengandung minyak. Sementara pada proses lanjutan, yaitu di stasiun pengepres memerlukan air sebagai pengencer. Fungsi air pengencer adalah menurunkan viskositas CPO sehingga memudahkan proses pengendapan pada pemisahan kotoran. Irwansyah *et al.* (2019) menyatakan, kandungan air dan minyak pada air kondensat stasiun rebusan dapat diolah kembali serta dapat diaplikasikan sebagai air pengencer pada stasiun pengepres.

Penelitian ini merupakan studi kasus yang dilakukan pada PT. Perkebunan Nusantara I unit PKS Cot Girek Aceh Utara. Hasil analisis kandungan minyak pada air kondensat perusahaan tersebut adalah 0,86% melebihi norma perusahaan yaitu 0,60%. Pemanfaatan air kondensat diharapkan dapat menurunkan *oil losses* keseluruhan selama ini sebesar 0,71%. Berdasarkan uraian diatas maka pada penelitian ini bertujuan menurunkan *oil losses* dengan

memanfaatkan limbah air kondensat dari stasiun perebusan. Air kondensat dapat digunakan kembali sebagai air pengencer pada oil gutter pada stasiun pengepresan. Sebelum dimanfaatkan kembali, air tersebut diendapkan terlebih dulu untuk menghilangkan kotoran (lumpur) yang masih terikut. Penurunan oil losses akan dapat memprediksi keuntungan perusahaan sebelum dan sesudah pemanfaatan Kembali air kondensat.

METODE

Penelitian ini merupakan studi kasus pada PT. Perkebunan Nusantara I, unit PKS Cot Girek Aceh Utara. *Oil losses* difokuskan pada stasiun perebusan khususnya pada air kondensat, yaitu dengan menghitung kandungan minyak dalam kondensat tersebut, sedangkan perhitungan oil losses keseluruhan adalah pada *drab* akhir bak *fat pit*.

Bahan Penelitian

Bahan yang diteliti yaitu kondensat hasil perebusan tandan kelapa sawit dan bahan kimia yang diperlukan untuk analisa kandungan lemak, Heksane pa (99.5%) dari Merck. Material yang dipergunakan untuk merancang bak penampung air kondensat yaitu bak penampung dari *cyclone* bekas *Light tenera dry separating* (LTDS) suatu alat pemisah berbentuk tabung kerucut dengan diameter mulut tabung adalah 1,2 m dan tinggi tabung 2 m, dan biasa digunakan untuk pemisahan inti kelapa sawit dengan cangkang pada stasiun kernel. Perangkat analisis kadar lemak kasar yaitu soxhlet Gerhardt EV 16 (Germany) dan oven Memmert UL40 (Schwabach. FRG, Germany)

Prosedur Penelitian

Perhitungan kandungan minyak

Kehilangan minyak pada air kondensat di stasiun perebusan dan pembuangan akhir menggunakan Soxhlet berdasarkan metode SNI

01-2891-1992 (Nasional, 1992). Persiapan sample masih mengandung minyak, air serta solid untuk diaduk hingga homogen.

Perhitungan oil losses pada stasiun perebusan

Kandungan lemak pada air kondensat dilakukan selama 5 hari untuk mendapatkan rata-rata perhari. Data kandungan lemak pada pembuangan akhir/ *fat pit*, diperoleh dari perusahaan. Penurunan *oil losses* adalah selisih kandungan lemak sebelum dan sesudah pemasangan bak penampung (%).

Persiapan bak penampung

Pembuatan bak penampung air kondensat yang berfungsi untuk memisahkan air kondensat dari zat pengotor. Air kondensat dari stasiun perebusan mengandung zat pengotor, seperti *sludge* dan minyak dan air dari tahapan pengolahan stasiun lainnya. Adapun tahapan pembuatan bak penampung air kondensat ialah sebagai berikut: Disiapkan *cyclone* bekas LTDS yang memiliki bentuk tabung kerucut dengan diameter 120 cm dan tinggi tabung 200 cm (volume \pm 1357 Liter). Selanjutnya tabung LTDS disambungkan dengan pipa *blow down* stasiun rebusan menggunakan pipa galvanis 6 inchi. Pemanfaatan air kondensat sebagai air pengencer dilakukan dengan beberapa tahap sebagai berikut: Pertama, dihitung air kondensat yang dihasilkan selama proses pengolahan. Dihitung kebutuhan air pengencer yang dibutuhkan, selanjutnya dilakukan pemasangan pompa pada bak penampung air kondensat dan dialirkan air kondensat

Perhitungan biaya pembuatan bak penampung

Biaya pembuatan bak penampung dapat dilihat pada Tabel 1. Kebutuhan peralatan utama untuk bak penampung menggunakan *cyclone* bekas LTDS dari stasiun kernel tersebut ke *oil gutter* di stasiun pengepresan.

Tabel 1 Biaya pembuatan bak penampung

Peralatan	Kebutuhan	Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
Kawat Las	10 kg	40.130	401.300
Gas <i>Acetylene</i>	2 tabung	347.130	347.130
Gas Oksigen	1 Tabung	117.000	117.000
Mur 28 mm	4 Buah	12.000	48.000
Pekerja	10 Harian Kerja	68.000	680.000
Modifikasi Pompa	1 Unit	227.000	227.000
Total			1.820.430

Tabel 2 Analisis kandungan minyak pada air kondensat

Tanggal	Kadar air (%)	Kadar lemak (%)
Hari ke 1	95,47	0,95
Hari ke 2	96,08	0,84
Hari ke 3	96,03	0,88
Hari ke 4	95,89	0,80
Hari ke 5	95,70	0,85
Rata-rata	95,83	0,86

Minyak yang dapat diperoleh kembali (*recovery*) merupakan selisih *oil losses* pada draft pit, sebelum dan sesudah pemasangan alat penampung. Keuntungan akibat adanya penurunan *oil losses* dapat dihitung dengan perkalian selisih *oil losses* dengan harga oil perkurun waktu tertentu (dalam kasus ini perbulan).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kehilangan Minyak pada Air Kondensat

Kandungan minyak dan air yang terikut dalam air kondensat selama 5 hari (3-7 Februari 2020) dapat dilihat pada Tabel 2.

Kandungan minyak rata-rata yang terkandung pada air kondensat ialah 0,86%, nilai tersebut melebihi standar norma perusahaan (maks 0,60%). Ada beberapa faktor yang menyebabkan tingginya kandungan minyak pada air kondensat yaitu, faktor manusia dalam hal ini pekerja, peralatan atau mesin yang digunakan. Menurut Devani (2014), faktor-faktor kesalahan selama proses pengolahan CPO dapat menyebabkan peningkatan kehilangan minyak. Faktor kelalaian operator saat pembuangan uap (*spui*) dan kondisi peralatan yang memerlukan perawatan juga dapat menyebabkan tingginya *oil losses*. Faktor lain yang juga harus diperhatikan ialah kondisi bahan baku untuk pengolahan CPO. Kondisi tandan buah segar (TBS) yang tidak sesuai kriteria matang panen yang ditetapkan perusahaan dapat menjadi penyumbang kehilangan minyak (Zulkefli *et al.*, 2017).

Proses pengeluaran air kondensat pada stasiun perebusan berlangsung 3 kali dalam satu siklus. Pada PKS Cot Girek ini, menggunakan sistem perebusan 3 puncak (*triple peak*), Jumlah air kondensat yang dihasilkan oleh PKS Cot Girek adalah 10,34% dari total TBS yang diolah. PKS

Cot Girek mampu mengolah 700 ton TBS per hari (12 jam), menghasilkan air kondensat sebanyak 72.414 kg/12 jam atau (6.035 kg/jam) atau sekitar 10,34 %. Rahardjo (2018) mengemukakan, jika dibandingkan dengan limbah cair secara keseluruhan pabrik, jumlah rata-rata limbah cair yang dihasilkan oleh pabrik kelapa sawit ialah 60 % dari total kapasitasnya. PKS Cot Girek memiliki kapasitas 45 ton TBS/Jam sehingga limbah cair yang dihasilkan dari seluruh tahapan pengolahan adalah 27 ton per jam. Persentasi jumlah air kondensat dari total limbah cair yang dihasilkan adalah 0.02% (=6.035/27.000). Air kondensat ini selanjutnya dapat memenuhi kebutuhan air pengencer pada *oil gutter*, sekaligus *recovery* minyak yang masih terkandung di dalam air kondensat tersebut.

Pemanfaatan Air Kondensat Sebagai Air Pengencer pada *oil gutter*.

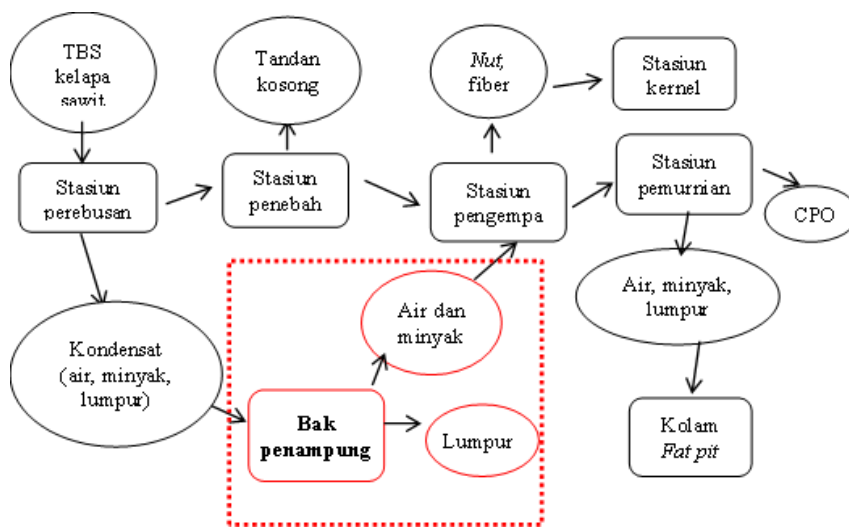
Pengenceran CPO pada *oil gutter* bertujuan untuk memisahkan zat-zat pengotor seperti pasir dan kandungan *non oil solid* (NOS) seperti kandungan Fe, Cu dan serat-serat halus (Yunita, 2015). Menurut (Paranita *et al.*, 2019) kegunaan penambahan air pengencer adalah untuk memudahkan proses pengendapan, memudahkan pemisahan minyak dengan kotoran berdasarkan polaritasnya, serta memecahkan emulsi minyak. Menurut buku panduan Holding PT. Perkebunan Nusantara penambahan air pengencer dilakukan sesuai dengan target rendemen yang diinginkan. Bila air pengencer ditambahkan terlalu banyak maka akan mempersulit proses pemurnian CPO. Namun, apabila air pengencer sedikit akan menyulitkan proses pemisahan minyak pada stasiun klarifikasi sehingga target rendemen tidak tercapai. Kebutuhan air pengencer PKS Cot Girek adalah 10 ton/jam, jumlah ini sesuai dengan kebutuhan berdasarkan kapasitas olah pabrik adalah 45 ton TBS/jam. Selama ini air pengencer

menggunakan air proses dari stasiun persediaan air, namun dengan pemanfaatan kembali air kondensat yang masih mengandung minyak, telah mengurangi pemakaian air proses. Diharapkan minyak yang terikut air kondensat akan meningkatkan rendemen CPO, dimana target rendemen CPO yang diinginkan adalah 23 %.

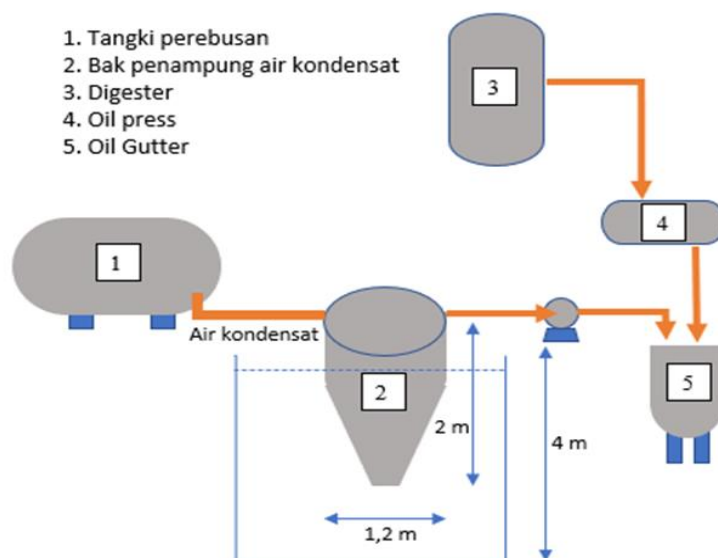
Pembuatan Bak Penampung Air Kondensat

Pembuatan bak penampung air kondensat menggunakan tabung LTDS yang merupakan tabung yang bekas dari stasiun pengolahan kernel (Gambar 2). Dimensi dari tabung bekas cyclone LTDS sebagai berikut: diameter mulut bak penampung 1,2 m, dan tinggi tabung 2 m, bak

penampung akan dihubungkan langsung ke pipa *Blowdown* stasiun perebusan dengan menggunakan pipa galpanis ukuran 6 *inchi* (15,24 cm) sepanjang 6 m sehingga bak penampung air kondensat dapat menampung 1,35 ton air kondensat. Bak penampung air kondensat berfungsi untuk memisahkan air kondensat dengan cairan lainnya seperti *sludge* buangan separator. Air kondensat yang telah terpisahkan, selanjutnya dipompa ke *oil gutter* dan diaplikasikan sebagai air pengencer. Air pengencer tersebut dibutuhkan pada *oil gutter*, untuk menurunkan viskositas dan mempermudah proses pendedapan pada pemurnian CPO.



Gambar 1 Diagram proses pengolahan CPO dengan penambahan bak penampung



Gambar 1 Bak Penampung air kondensat sebelum digunakan sebagai air pengencer pada *oil gutter*.

Realisasi Penggunaan Air Kondensat Sebagai Air Pengencer

Data realisasi *oil losses* pada *drab* akhir pada PKS Cot Girek, sebelum (2-25 Februari 2020) dan sesudah penggunaan air pengencer (26 Februari – 7 Maret 2020) dapat dilihat pada Tabel 3. Rata-rata *oil losses* sebelum penambahan air pengencer sebesar 0,71%, dan setelah pemanfaatan air kondensat sebagai air pengencer dilakukan, terdapat penurunan kehilangan minyak pada data *drab* akhir yaitu sebesar 0,67 %. Hal ini berkaitan erat dengan penggunaan kembali air kondensat sebagai air pengencer pada *oil gutter*. Sebelumnya, air kondensat langsung dialirkan ke *drab* akhir sehingga minyak yang masih terkandung akan terbuang dan meningkatkan nilai *oil losses*. Dengan penambahan bak penampung untuk pemanfaatan kembali air dan minyak pada air kondensat menurunkan *oil losses* pada *drab* akhir. Pada bak penampung terjadi proses

pengendapan kotoran, sehingga air dan minyak pada air kondensat masih dapat dimanfaatkan kembali. Selain menurunkan *oil losses* pada *drab* akhir, pemanfaatan sebagai air pengencer juga mengurangi pemakaian air proses pada *oil gutter*. Hal ini juga dapat mengurangi beban kerja penyediaan air proses.

Penurunan *oil losses* menjadi 0,67 % masih berada di atas norma perusahaan yaitu 0,60%, hal ini menjadi perhatian peneliti untuk perbaikan sistem pengendapan, dan mempertimbangkan titik lainnya yang memiliki kontribusi *oil losses*, diantaranya tandan kosong pada stasiun penebah, fiber pada stasiun pengepres serta minyak yang terikut oleh *sludge* pada stasiun pemurnian (Rusmar *et al.*, 2019). Namun demikian selisih penurunan *oil losses* pada penelitian ini sebesar: 0,04% akan memberikan pemasukan dana yang berarti dan akan diuraikan pada sub 3.5.

Tabel 3 Realisasi *oil losses* pada *drab* akhir sebelum pemasangan bak penampung

Tanggal	Realisasi Losses
3 Februari 2020	0,73%
4 Februari 2020	0,73%
5 Februari 2020	0,71%
6 Februari 2020	0,75%
7 Februari 2020	0,72%
8 Februari 2020	0,72%
10 Februari 2020	0,72%
11 Februari 2020	0,70%
12 Februari 2020	0,72%
13 Februari 2020	0,70%
14 Februari 2020	0,71%
15 Februari 2020	0,71%
17 Februari 2020	0,70%
18 Februari 2020	0,71%
19 Februari 2020	0,72%
20 Februari 2020	0,69%
21 Februari 2020	0,74%
22 Februari 2020	0,70%
24 Februari 2020	0,71%
25 Februari 2020	0,70%
Rata-rata	0,71%

Tabel 4 Realisasi oil Losses pada *drab* akhir setelah pemasangan bak penampung

Tanggal	Realisasi Losses
26 Februari 2020	0,67%
27 Februari 2020	0,67%
28 Februari 2020	0,67%
29 Februari 2020	0,67%
2 Maret 2020	0,67%
3 Maret 2020	0,67%
4 Maret 2020	0,67%
5 Maret 2020	0,67%
6 Maret 2020	0,66%
7 Maret 2020	0,67%
Rata-rata	0,67%

Perhitungan Biaya Pengeluaran dan Pemasukan

Adapun biaya yang dibutuhkan untuk membuat bak penampung air kondensat ialah Rp 1,820,430 (Tabel 1). Perhitungan kontribusi terhadap perusahaan dapat dihitung menggunakan hasil realisasi tingkat kehilangan minyak sebelum dan sesudah pembuatan bak penampung serta pemanfaatan air kondensat sebagai air pengencer.

Perhitungan tingkat penurunan kehilangan minyak

Dari hasil tersebut maka akan didapatkan tambahan minyak sebesar 0,04% dalam proses pengolahan CPO setelah proses recovery minyak dan air pada air kondensat. Untuk mengetahui tambahan finansial yang didapat perusahaan dapat dihitung dengan cara:

$$\text{Sebelum realisasi (\%)} - \text{Sesudah realisasi (\%)} = 0,71\% - 0,67\% = 0,04\%$$

Perhitungan tingkat penambahan finansial perusahaan per ton TBS

Diketahui: Jumlah tambahan minyak setelah realisasi = 0,04 %, dimana harga CPO = Rp. 8000/Kg. Kontribusi penambahan secara finansial per ton TBS adalah:

Berat CPO = Jumlah tambahan minyak setelah realisasi x Ton TBS = 0,04 % x 1.000 kg/Ton TBS = 0,4 Kg/Ton TBS. Jadi, kontribusi penambahan secara finansial adalah: Berat tambahan CPO x Harga CPO = 0,4 Kg/Ton TBS x Rp 8.000/Kg = Rp 3.200 /Ton TBS.

Estimasi keuntungan dalam satu bulan pengolahan

Estimasi tingkat pengolahan TBS bulan Maret 2020 = 16.000.000 Kg atau 16.000 ton Target minyak yang dapat di *recovery* dari air kondensat sebesar 0,04 % sehingga didapatkan kontribusi untuk perusahaan sebesar: Jumlah *recovery* minyak x Jumlah TBS olah per hari = 0,04% x 16.000 ton TBS = Rp. 3.200/ Ton TBS x 16.000 Ton TBS/bulan = Rp. 51.200.000/bulan. Dari data diatas didapatkan bahwa kontribusi bagi perusahaan setelah realisasi proses *recovery* minyak dan air kondensat stasiun rebusan adalah sebesar Rp.51.200.000 estimasi pada bulan Maret.

KESIMPULAN

Kehilangan minyak dari suatu proses pengolahan CPO PT. Perkebunan Nusantara I unit PKS Cot Girek Aceh Utara dapat ditekan dengan memanfaatkan kembali air kondensat dari stasiun perebusan. Air kondensat yang masih mengandung 0.86% minyak dimurnikan dalam bak penampung untuk selanjutnya digunakan sebagai air pengencer pada oil gutter. Penurunan *oil losses* hasil uji selama bulan Maret 2020, terealisasi sebesar 0,04 % atau setara dengan Rp 3.200/ton TBS atau sebesar Rp 51.200,000 dalam kurun waktu 1 bulan.

UCAPAN TERIMA KASIH

kepada Program Magang pada Industri, Kerjasama Universitas Syiah Kuala dan PT. Perkebunan Nusantara I unit PKS Cot Girek Aceh Utara.

DAFTAR PUSTAKA

- Amelia, L., Wahab, D., Hassan, A. 2009. Modelling of palm oil production using fuzzy expert system. *Expert Syst. Appl.* 36, 8735-8749. doi:10.1016/j.eswa.2008.12.012
- Badan Standarisasi Nasional. 1992. SNI 01-2891-1992: Cara Uji Makanan dan Minuman. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Chang, L., Sani, A.R.A., Basran, Z. 2003. An economic perspective of oil extraction rate in the oil palm industry of Malaysia. *Oil Palm Industry Economic Journal.* 3, 25-31.
- Corley, R., Tinker, P. 2016. *The Oil Palm* (Fifth edit). United Kindom: Wiley Blackwell.
- Devani, V. 2014. Analisis Kehilangan Minyak pada Crude Palm Oil (CPO) dengan Menggunakan Metode Statistical Process Control. doi:10.23917/jiti.v13j1.306
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2020. Luas Areal Kelapa Sawit Menurut Provinsi di Indonesia 2016-2020.
- Embrandiri, A., Ibrahim, M.H., Singh, R.P. 2013. Palm oil mill wastes utilization; sustainability in the Malaysian context. *Int. J. Sci. Res.* 24, 63-68.
- Hassan, A., Alias, H., Sabtu, M., Menon, N.R., Muhammad, N.H., Halim, R. M., Ab Rahman, Z. 2012. Improving mill oil extraction rate under the Malaysian National Key Economic Area. *Palm Oil Engineering Bulletin.* 103, 32-47.
- Irwansyah, D., Erliana, C.I., Manurung, W.M. 2019. Analisis Kehilangan Minyak (oil losses) pada Crude Palm Oil dengan Metode Statistical Process Control. Paper presented at the Seminar Nasional Teknik Industri 2019.
- 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. *SAINTEK: Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi Industri.* 2, 15-23.
- Lai, O.-M., Tan, C.-P., Akoh, C.C. 2015. *Palm oil: production, processing, characterization, and uses*: Elsevier.
- Nadzim, U.K.H.M., Yunus, R., Omar, R., Lim, B.Y. 2020. Factors Contributing to Oil Losses in Crude Palm Oil Production Process in Malaysia: A Review. *International Journal of Biomass and Renewables.* 9, 10-24.
- Paranita, D., Tarigan, J., Purba, D.C. S., Rangkuti, M.R. 2019. Perhitungan Neraca Massa Pada Proses Pengambilan Minyak Pada Unit Decanter Di PT. Perusahaan Perkebunan & Dagang Indah Pontjan Perbaungan. *Ready Star.* 2, 16-24.
- Purwanto, H. 2020. quantification of the Horizontal Sterilization Cycle Graphic of Palm Oil and its Relationship to Oil Losses in Empty Bunch and Condensate. *Jurnal Agro Fabrica.* 2, 58-65.
- Rahardjo, P.N. 2018. Teknologi pengelolaan limbah cair yang ideal untuk pabrik kelapa sawit. *Jurnal Air Indonesia.* 2.
- Rusmar, I., Rachmiadji, I., Lestari, S. 2019. Estimasi Potensi Kerugian Berdasarkan Kehilangan Minyak (Losses) Pada Proses Pengolahan Crude Palm Oil (CPO) Di PKS Sumatera Indonesia. *Ready Star.* 2, 194-200.
- Siew, W. 2011. Palm oil: Edible oil processing. Accessed and printed from <http://lipidlibrary.aocs.org/OilsFats/content.cfm>.
- Suandi, A., Supardi, N.I., Puspawan, A. 2016. Analisa Pengolahan Kelapa Sawit dengan Kapasitas Olah 30 ton/jam Di PT. BIO Nusantara Teknologi. *Teknosia.* 2, 12-19.
- Vincent, C. J., Shamsudin, R., Baharuddin, A.S. 2014. Pre-treatment of oil palm fruits: A review. *J.Food Eng.* 143, 123-131. doi:10.1016/j.jfood eng.2014.06.022
- Yunita, F. 2015. Efisiensi produksi cpo (crude palm oil) di pt. Agro masang perkasa plantation unit palm oil mill kabupaten agam. manajemen produksi pertanian. Skripsi Politeknik Payahkumbuh.
- Zulkefli, F., Othman, N., Syahlan, S., Zaini, M.R., Bakar, M.A. 2017. Fresh fruit bunch quality and oil losses in milling processes as factors that affect the extraction rate of palm oil. *Int J Agric Forest Plant.* 5, 99-103.