

Kajian Komparasi Kinerja *Sludge Separator* Dan Dekanter 3 Fasa Pabrik Kelapa Sawit (PKS)

Comparasion Study of Sludge Separator and 3 Phase Decanter Performance in Palm Oil Mill (POM)

Arjanggi Nasution, M. Ansori Nasution, Meta Rivani, Henny Lydiasari, dan Ayu Wulandari

Abstrak Teknologi yang digunakan dalam menurunkan persentase kehilangan minyak pada *sludge* keluaran dari *underflow* pada *Continuous Settling Tank* (CST) adalah dengan menggunakan *sludge separator* atau dekanter 3 fasa. Pada PKS A pengutipan minyak dilakukan secara manual dengan angka kehilangan minyak sebesar 0.36 ton/jam atau 7.83 m³/hari. Angka kehilangan minyak yang dihasilkan menunjukkan bahwa pengutipan minyak menggunakan *sludge separator* atau dekanter 3 fasa diperlukan. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode komparasi data primer dan data sekunder terhadap prinsip kerja, jumlah alat pendukung, kebutuhan daya listrik, operasional, pemeliharaan, biaya investasi dan kualitas limbah. Data primer yang digunakan kandungan minyak, laju alir dan suhu cairan *underflow* CST; kandungan minyak dan laju alir limbah cair dari keluaran drab akhir; jumlah minyak yang dikutip dan dikembalikan ke PKS. Data sekunder berupa laporan performa PKS, laporan produksi limbah serta data spesifikasi *sludge separator* dan dekanter 3 fasa dari produsen. Prinsip kerja *sludge separator* dan dekanter 3 fasa yaitu ukuran partikel, *layout bowl*, arah putaran *bowl*, jenis keluaran, kapasitas *sludge*, kapasitas alat dan losis minyak. Dekanter 3 fasa memiliki jumlah unit alat pendukung pengolahan sebanyak 28 unit yang lebih banyak daripada menggunakan *sludge separator* sebanyak 22 unit. Kebutuhan daya *sludge separator* yaitu 45-60 kWh dengan jumlah 3 unit, dekanter 3 fasa membutuhkan daya listrik sebesar 22-55 kWh dengan

jumlah 1 unit. Secara operasional terdapat faktor penunjang *sludge separator* meliputi suhu, ukuran *nozzle*, dan putaran *bowl*, sementara faktor penunjang dekanter 3 fasa meliputi laju alir dan komposisi umpan, kecepatan sentrifugal dan diferensial, kedalaman zona klarifikasi serta bukaan *weir liquid discharge*. Pemeliharaan pada *sludge separator* dan dekanter 3 fasa dipengaruhi oleh faktor air pengencer, operasional, dan kerusakan. Kisaran biaya investasi dalam pengadaan *sludge separator* sebesar Rp 0,863-1,837 Miliar sedangkan dekanter 3 fasa sebesar Rp 3,804-5,825 Miliar. Kualitas limbah dekanter 3 fasa lebih baik dibandingkan *sludge separator*. Hasil ini menunjukkan alat yang paling efektif dalam pengolahan *sludge* keluaran dari CST adalah dekanter 3 fasa.

Kata kunci: perbandingan, pabrik kelapa sawit, *sludge separator*, dan dekanter 3 fasa

Abstract The technology used to reduce oil loss at output *sludge* from *underflow* *Continuous Settling Tank* (CST) is a *sludge separator* and 3-phase *decanter*. In POM A, oil extraction is done manually with an oil loss rate of 0.36 tons/hour or 7.83 m³/day. The resulting oil loss figures indicate that extracting the oil using a *sludge separator* or 3-phase *decanter* is necessary. The research method used in this study is the comparison of primary data and secondary data on the working principle, the number of supporting equipment, electrical power requirements, operations, maintenance, investment costs, and waste quality. Primary data used oil content, flow rate, and temperature of CST *underflow* liquid; oil content and effluent flow rate from the final drab output; the amount of oil quoted and returned to the POM. Secondary data in the form of POM performance reports, waste production reports, and data on the specifications of the

Penulis yang tidak disertai dengan catatan kaki instansi adalah peneliti pada Pusat Penelitian Kelapa Sawit

Arjanggi Nasution (✉)
Pusat Penelitian Kelapa Sawit
Jl. Brigjen Katamso No. 51 Medan 20158
Email: arjanggi.nst@gmail.com

sludge separator and 3-phase decanter from producers. The working principle of the sludge separator and 3-phase decanter are particle size, bowl layout, bowl rotation direction, output type, sludge capacity, equipment capacity, and oil loss. The 3-phase decanter has 28 units of processing support equipment, more than the 22 units of sludge separator. The power requirement of the sludge separator is 45-60 kWh with a total of 3 units, and a 3-phase decanter requires an electrical power of 22-55 kWh with a capacity of 1 unit. Operationally there are supporting factors for sludge separator, including temperature, nozzle size, and bowl rotation, while supporting aspects for 3-phase decanter include flow rate and feed composition, centrifugal and differential speeds, depth of clarification zone, and weir liquid discharge opening. Maintenance of sludge separator and 3-phase decanter influenced by diluent water, operation, and damage factors. The range of investment costs in the procurement of sludge separators is IDR 0.863-1.837 billion, while the 3-phase decanter is IDR 3.804-5.825 billion. The quality of the 3-phase decanter waste is better than the sludge separator. These results indicate that the most effective tool for processing CST sludge output is a 3-phase decanter. Comparison of the working principle of 3-phase sludge separator and decanter.

Keywords: *comparation, palm oil mill, sludge separator, and 3 phase decanter*

PENDAHULUAN

Tandan Buah Segar (TBS) dalam ekstraksi CPO mengalami pengolahan yang panjang dan menerapkan standar pengolahan (SOP) agar kehilangan minyak (*oil losses*) yang dihasilkan rendah, hal ini berdasarkan pada prinsip pengolahan di PKS yaitu menekan kehilangan minyak seminimal mungkin (M Sabri *et al.*, 2019). Salah satu kegiatan pengolahan TBS untuk mengurangi kehilangan minyak pada stasiun klarifikasi yaitu mengutip minyak pada *sludge* keluaran dari *underflow Continuous Settling Tank* (CST) menggunakan alat pemisah minyak dan *sludge*. Pengutipan minyak dilakukan untuk mengurangi kehilangan minyak (*oil losses*) dalam limbah cair agar efisiensi pengutipan minyak (EPM) meningkat (>95% merupakan standard). *Sludge* yang keluar dari *underflow* CST mengandung 6-8% minyak, 45-55% air dan 40-45% nos (*non oil solid*).

Teknologi pengolahan *sludge* di PKS biasanya menggunakan *sludge* separator dan dekanter (Foong *et al.*, 2019; Nasution *et al.*, 2021), dimana kedua alat tersebut memiliki perbedaan pada konstruksi, dimensi dan prinsip kerja (Nasution *et al.*, 2019).

Pada kondisi real, PKS A melakukan proses pengutipan minyak *sludge underflow* CST tanpa menggunakan alat pemisah, baik *sludge separator* dan dekanter 3 fasa. Proses pengutipan minyak *under flow* CST dengan memanfaatkan waktu tinggal di bejana baik itu kolam limbah dan juga tangki yang tidak digunakan di PKS. *Sludge* masuk ke *buffer tank*, kemudian *by pass* dialirkan ke *fat pit*. Pada *fat pit* minyak bercampur dengan limbah dari stasiun rebusan, stasiun kernel, dan pencucian. Pemisahan minyak pada *fat pit* dilakukan secara konvensional dengan memanfaatkan suhu buangan pengolahan (90-95°C) dan memanfaatkan proses sedimentasi. Minyak lapisan atas dialirkan ke *reclaimed tank* sebelum dikembalikan ke *Crude Oil Tank* (COT) di PKS. Sedangkan, *sludge* keluaran dari *fat pit* menuju *deoiling pond* juga akan dilakukan pengutipan minyak secara maksimal, sebelum *sludge deoiling pond* dibuang sebagai losis minyak drab akhir ke kolam limbah.

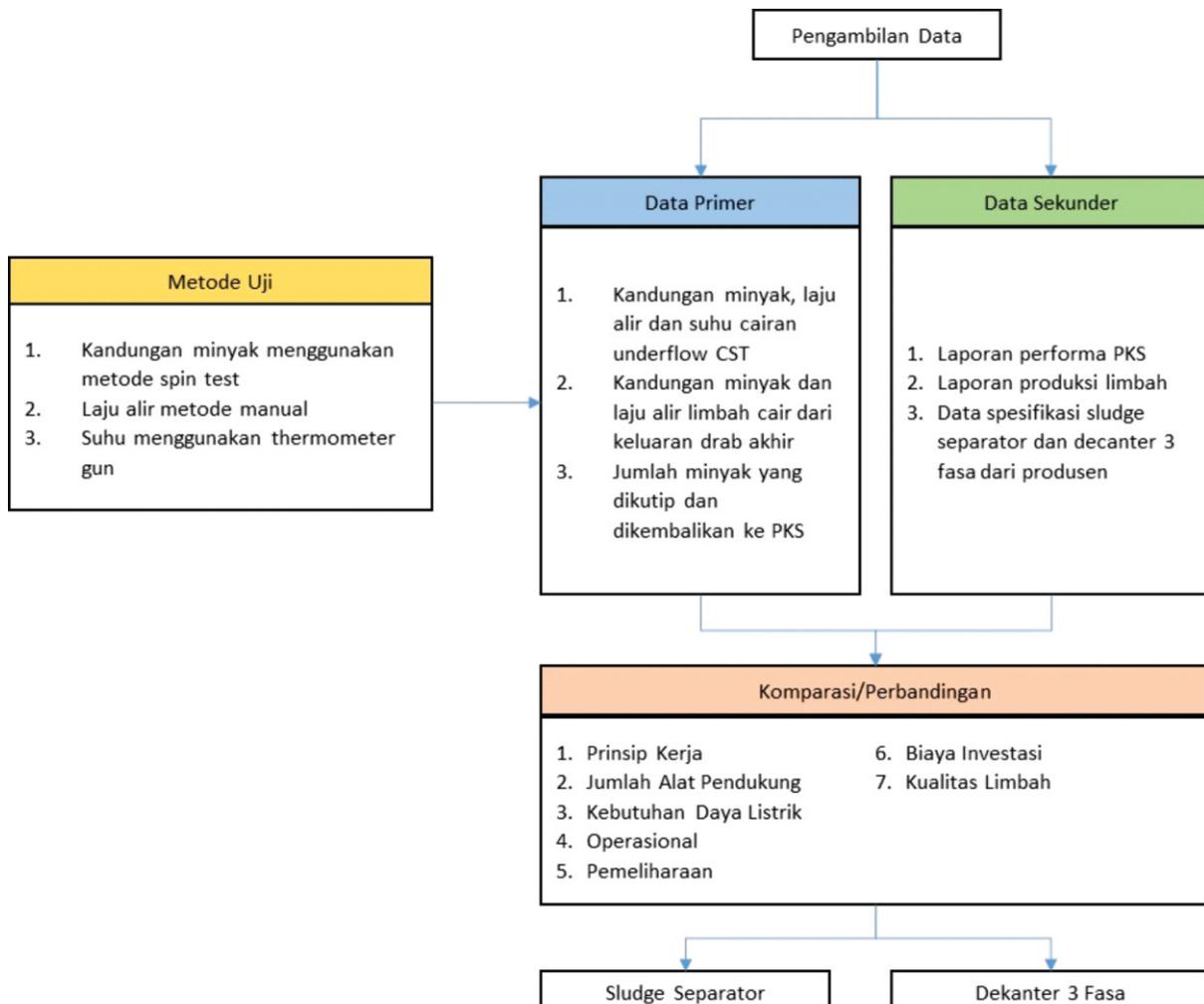
Pemilihan penggunaan *sludge separator* dan dekanter 3 fasa saat ini, pelaku industri kelapa sawit belum dapat menyimpulkan dikarenakan informasi perbandingan keunggulan dan kelemahan kedua alat tersebut tidak didapat secara mudah (bias). Pemilihan dekanter 3 fasa pada salah satu PKS dikarenakan kehilangan minyak (losis) pada *heavy phase* lebih rendah dan tidak mengandung nos serta biaya perawatan yang murah. Pemilihan *sludge separator* pada salah satu PKS dikarenakan kapasitas PKS yang lebih kecil tetapi kelemahannya memiliki biaya perawatan yang mahal.

Tulisan ini membahas tentang perbandingan teknologi untuk pengolahan *underflow* CST menggunakan *sludge separator* atau dekanter 3 fasa. Parameter perbandingan kedua alat tersebut yaitu prinsip kerja, jumlah alat pendukung, kebutuhan daya listrik, operasional, pemeliharaan, biaya investasi dan kualitas limbah. Kajian ini bermanfaat untuk memberi informasi bagi pihak pelaku industri pabrik kelapa sawit dalam penentuan investasi kedua alat tersebut.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada PKS A dengan kapasitas olah efektif 39.55 ton/jam yang berlokasi di Provinsi Riau. Metodologi yang digunakan adalah pengambilan data primer dan sekunder. Data-data primer yang diambil dari PKS A yaitu i) kandungan minyak, laju alir dan suhu cairan *underflow* CST; ii) kandungan minyak dan laju alir limbah cair dari keluaran drab akhir; iii) jumlah minyak yang dikutip dan dikembalikan ke PKS. Data-data sekunder berupa laporan performa PKS, laporan produksi limbah serta data spesifikasi *sludge separator* dan dekanter 3 fasa dari produsen.

Pengujian kandungan minyak menggunakan metode *spin test*. Sebanyak 10 ml sampel disentrifusi pada kecepatan 3,000 rpm selama 10-15 menit. Analisis hasil *spin test* berdasarkan 4 lapisan yaitu minyak, emulsi, air dan nos/padatan. Perhitungan laju alir *underflow* CST dilakukan secara manual pada bak *sludge drain*. Dimensi dari bak *sludge drain* diukur terlebih dahulu sebelum dihitung kecepatan pengisian menggunakan *stopwatch*. Laju aliran dihitung berdasarkan selisih ketinggian level cairan berdasarkan rentang waktu. Pengukuran suhu cairan *underflow* CST menggunakan *thermometer gun*.



Gambar 1. Metodologi penelitian.
Figure 1. Research Method.

Kumpulan data primer dan data sekunder (Tabel 1) digunakan sebagai dasar *komparasi sludge separator* dan dekanter 3 fasa yang mencakup

prinsip kerja, jumlah alat pendukung, kebutuhan listrik, operasional, pemeliharaan, biaya investasi dan kualitas limbah.

Tabel 1. Data untuk perhitungan neraca massa proses pengutipan minyak di PKS A
 Table 1. Data for mass balance calculation of oil recovery process in POMA

No.	Data	Nilai	Metodologi pengambilan data
1.	Kapasitas olah	39.55 ton/jam	Data sekunder
2.	Densitas	<i>Underflow</i> CST = 970 kg/m ³ Minyak <i>fat-pit</i> = 920 kg/m ³	Data primer
3.	<i>Mass balace underflow</i> CST terhadap TBS	42.99%	Data primer
4.	Komposisi minyak <i>underflow</i> CST, terhadap sampel	9.18 %	Data primer
5.	Laju aliran <i>underflow</i> CST	17 ton/jam	Data primer
6.	Minyak dalam outlet <i>deoiling pond</i> menuju kolam limbah, terhadap sampel	1.59 %	Data primer
7.	Total air limbah, terhadap TBS	57.50%	Data sekunder

Sumber : Data Primer dan Sekunder

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Kondisi real PKS

Berdasarkan perhitungan neraca massa produksi pada Tabel 2, jumlah minyak yang dapat dikutip dari *fat pit* dan *deoiling pond* tanpa menggunakan *sludge separator* dan dekanter 3 fasa adalah sebesar 1.24 ton/jam atau 24.8 ton/hari (dengan 20 jam olah/hari) atau 26.96 m³/hari. Jumlah kehilangan minyak adalah 0.91% terhadap TBS, di atas standar kehilangan minyak drab akhir yaitu 0.35-0.45% terhadap TBS atau 0.55-0.70% terhadap sampel. Jika dikalikan dengan kapasitas olah PKS A maka jumlah kehilangan minyak sekitar 0.36 ton/jam atau 7.2 ton/hari (dengan 20 jam olah/hari) atau 7.82 m³/hari.

Hasil perhitungan neraca massa tersebut menunjukkan bahwa meskipun PKS A mampu mengutip minyak dari *fat pit* dan *deoiling pond* dengan menggunakan teknik proses yang

sederhana, namun pengutipan tersebut tidak optimal karena kehilangan minyak drab akhir di atas standar. Resiko lain yang harus dipertimbangkan jika tidak menggunakan *sludge separator* maupun dekanter 3 fasa

- Resiko kehilangan minyak yang tinggi. Jika operator lalai melakukan pengawasan pengutipan minyak di *fat pit* dan *deoiling pond*, minyak akan langsung terbuang ke kolam limbah, sulit untuk dikutip kembali dan memberikan efek pada kualitas buangan limbah cair PKS ke badan sungai maupun *Land Application*.
- Resiko emulsi dan kehilangan minyak akibat kesalahan pada pengaturan ketinggian *level overflow* minyak, suhu kolam ± 90°C yang tidak terjaga, dan bahan baku TBS olah mentah.
- Resiko ALB tinggi. Berdasarkan hasil analisa

sampel menggunakan metode titrasi, ALB minyak yang dikutip dari *fat pit* dan *deoilng pond* sebesar 6.57% dan 6.88%, di atas standar ALB minyak yaitu 5%. ALB minyak yang dikutip dari *fat pit* dan *deoilng pond* dapat meningkat signifikan terhadap waktu (jika pengutipan tidak dilakukan rutin setiap hari), dan terhadap kadar air serta kotoran dalam *sludge* (dimana reaksi hidrolisis minyak menjadi ALB akan meningkat jika kadar air dan suhu tinggi).

Secara SOP di PKS, pengutipan minyak terakhir dilakukan di *fat pit* dengan kuantitas yang kecil (0.4-1% terhadap TBS). Kuantitas minyak yang banyak di *fat pit* menunjukkan pengutipan minyak di proses tidak optimal yang disebabkan alat mesin dan sumber daya manusia. Pengutipan minyak di *deoilng pond* seharusnya tidak dilakukan karena resiko peningkatan ALB yang tinggi.

Tabel 2. Perhitungan neraca massa proses pengutipan minyak di PKS A

Table 2. Mass balance calculation of oil recovery process in POMA

Uraian	Unit	Inlet 3		Inlet 2		Total inlet	Outlet 7 dan 9	
		Outlet CST	Outlet reb	Outlet ker	Outlet cuci		Ke limbah	Ke PKS
Minyak	% sampel	9.18	0.79	0.80	0.00		1.59	
Mass balance flow	% TBS	42.99	10.00	1.50	0.50		57.50	
Mass balance minyak	% TBS	3.95	0.08	0.02	0.00	4.04	0.91	3.12
Mass flow minyak	ton/jam	1.56	0.03	0.01	0.00	1.60	0.36	1.24

Sumber : Data Primer dan Sekunder

b. Prinsip Kerja Sludge Separator Dan Dekanter 3 Fasa

Prinsip kerja sludge separator umumnya memanfaatkan gaya sentrifugal dari pemutaran *bowl* yang terisi padat dengan *sludge*, sementara prinsip kerja dekanter tiga fasa merupakan aliran *sludge* yang terdiri dari cairan (minyak dan air) dan partikel padat yang diumpankan ke posisi tertentu dalam *bowl* melalui pipa pengumpan. Adapun perbandingan prinsip kerja berdasarkan parameter ukuran partikel, *sludge* umpan, layout *bowl*, arah putaran *bowl*, jenis keluaran, kapasitas *sludge* dan losis minyak dari *sludge separator* dan dekanter 3 fasa dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 4, ukuran partikel *sludge separator* pada ukuran 0.1-500 μm dengan kecepatan 15,000 G dan dekanter 3 fasa pada ukuran 1.2-80,000 μm dengan kecepatan 200-4,500 G. Hal ini menunjukkan bahwa ukuran partikel *sludge separator* lebih kecil dan memiliki kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan dekanter 3 fasa. Presentase *sludge* umpan pada *sludge separator* berkisar 0-10%, sementara dekanter 3

fasa memiliki *sludge* umpan berkisar 5-60%. Hal ini juga menunjukkan bahwa *sludge* umpan pada *sludge separator* memiliki nilai presentase yang lebih kecil dibandingkan dekanter 3 fasa. Parameter layout *bowl* dan arah putaran *bowl* kedua teknologi tersebut berbeda. Pada *sludge separator layout bowl* berbentuk vertikal dengan arah putaran berbentuk horizontal dan sebaliknya pada dekanter 3 fasa. Kapasitas alat pada *sludge separator* berkisar 10 ton/jam sementara pada dekanter 3 fasa bervariasi antara lain 12-15 ton/jam, 15-25 ton/jam dan 20-30 ton/jam, variasi ini berdasarkan pada kapasitas pabrik dan merek dari produsen pembuat dekanter tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa kapasitas alat pada *sludge separator* lebih kecil dibandingkan dekanter 3 fasa. Losis minyak pada *sludge separator* berkisar 0.6-0.9%, sementara pada dekanter 3 fasa berkisar 0.4-0.6% terhadap TBS. Hal ini menunjukkan bahwa nilai losis minyak pada dekanter 3 fasa lebih kecil daripada *sludge separator*. Kondisi losis tersebut dapat dicapai dengan pengaturan operasional dan pemeliharaan yang baik.

Tabel 3. Komparasi prinsip kerja sludge separator dan dekanter 3 fasa
 Table 3. Comparison of the working principle of sludge separator and 3 phase decanter

No.	Parameter	Sludge separator	Dekanter 3 fasa	Sumber
1.	Ukuran partikel	0.1-500 μm pada kecepatan 15,000 G	1.2-80,000 μm pada kecepatan 200-4,500 G	Beveridge (2007)
2.	Sludge umpan	0-10%	5-60%	
3.	Layout bowl	Vertikal	Horizontal	Data Sekunder
4.	Arah putaran bowl	Horizontal	Vertikal	Data Sekunder
5.	Jenis keluaran	2 fasa	3 fasa	Data Sekunder
6.	Kapasitas sludge	Volume sludge terbatas (hingga 15%).	Volume sludge lebih lebar (hingga 60%).	Data Sekunder
7.	Kapasitas alat	10 ton/jam	12-15 ton/jam, 15-25 ton/jam, 20-30 ton/jam	Laval, Flottweg, Hiller, IHI (2022)
8.	Losis minyak	Bisa rendah (0.6-0.9% terhadap TBS) jika dioperasikan benar dan pemeliharaan baik	Umumnya rendah (0.4-0.6% terhadap TBS), tergantung pengaturan operasional	Laval, Flottweg, Hiller, IHI (2022)

c. Kebutuhan Alat Pendukung

Kebutuhan alat pendukung berkaitan dengan jumlah unit alat yang dibutuhkan pada mekanikal dan elektrikal. Jumlah unit alat ini berkaitan dengan layout ataupun luasan areal yang dibutuhkan dalam penerapan sludge separator dan dekanter 3 fasa. Setiap PKS akan memiliki perbedaan pada nama, dimensi/kapasitas dan jumlah alat tergantung pada desain teknologi kontraktor pembangun. Perbandingan jumlah alat pendukung dapat dilihat pada Tabel 4. Dekanter 3 fasa memiliki jumlah unit alat pendukung pengolahan sebanyak 28 unit yang lebih banyak daripada menggunakan sludge separator sebanyak 22 unit. Hal ini juga menunjukkan luasan areal menggunakan dekanter 3 fasa juga lebih besar dibandingkan sludge separator.

d. Kebutuhan daya listrik

Perbedaan kebutuhan daya terletak pada besarnya daya listrik yang digunakan pada stasiun pemurnian minyak dalam menggunakan sludge separator dan dekanter 3 fasa. Tabel 5 menunjukkan bahwa perbedaan kebutuhan daya sludge separator yaitu 45-60

kWh dimana jumlah sludge separator pada PKS berjumlah 3 unit dengan kebutuhan daya per unit sebesar 15-20 kWh. Namun, dekanter 3 fasa membutuhkan daya listrik sebesar 22-55 kWh dengan jumlah 1 unit. Perbedaan lainnya pada sludge separator adanya kebutuhan daya tambahan sebesar 11 kWh untuk memompakan minyak pengutipan dari fat pit menuju crude oil tank sedangkan dekanter 3 fasa membutuhkan motor conveyor solid dengan besar daya 15 kWh. Adanya rentang kebutuhan daya pada kedua alat dipengaruhi oleh desain teknologi produsen (merek) dan kontraktor pembangun.

e. Operasional

Operasional sludge separator dan dekanter 3 fasa memiliki beberapa faktor penunjang. Faktor penunjang sludge separator meliputi suhu, ukuran nozzle, dan putaran bowl, sementara faktor penunjang dekanter 3 fasa meliputi laju alir dan komposisi umpan, kecepatan sentrifugal dan diferensial, kedalaman zona klarifikasi serta bukaan weir liquid discharge yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 4. Jumlah alat pendukung sludge separator dan dekanter 3 fasa
 Table 4. Number of supporting devices of sludge separator and 3 phase decanter

No.	Nama Alat	Dimensi/Kapasitas	Jumlah (Unit)	
			Sludge Separator	Dekanter 3 Fasa
Mekanikal:				
1	Crude Oil Tank (COT)	30 ton	1	1
	Pompa Crude Oil Tank			
2	(COT)	45 m ³ /jam	2	2
3	Vibro Screen	-	3	3
4	Continous Settling Tank	90 m ³ /jam	2	2
5	Sludge Tank	9 ton	1	1
6	Oil Tank	9 ton	2	2
7	Hot Water Pump	45 m ³ /jam	1	1
8	Sludge Drain Tank	4 ton	1	1
9	Fit Pump	30 m ³ /jam	1	1
10	Sludge Fit Pump	300 m ³ /jam	1	1
11	Oil Recycling Pump	30 m ³ /jam	1	1
12	Dest Pack Oil Pump	50 m ³ /jam	2	2
13	Sand Cyclone/Desander	30 m ³	1	1
14	Dekanter Feeding Tank	5 m ³	0	1
15	Dekanter	20-30 m ³ /jam	0	1
16	Sludge Separator	15 m ³ /jam	3	0
17	Heavy Phase Tank	3.5 m ³	0	1
18	Solid Phase Tank	28 m ³	0	1
19	Conveyor Solid	-	0	1
20	Motor Conveyor Solid	-	0	1
21	Pompa Transfer	15 ton/jam	0	1
Elektrikal:				
1	Panel Listrik	-	0	1
2	MBC Panel Dekanter	-	0	1
Total			22	28

Sumber : Data Sekunder

Tabel 5. Perbandingan daya listrik
 Table 5. Comparison of electrical power

No.	Nama Alat	Daya (kWh)	
		Sludge Separator	Dekanter 3 Fasa
Mekanikal:			
1	Crude Oil Tank (COT)	-	-
2	Pompa Crude Oil Tank (COT)	-	-
3	Vibro Screen	5.5	5.5
4	Continous Settling Tank	5	5
5	Sludge Tank	11	11
6	Oil Tank	11	11
7	Hot Water Pump	11	11
8	Sludge Drain Tank	-	-
9	Fit Pump	15	15
10	Sludge Fit Pump	15	15
11	Oil Recycling Pump	7.5	7.5
12	Dest Pack Oil Pump	15	15
13	Sand Cyclone/Desander	-	-
14	Decanter Feeding Tank	-	-
15	Decanter	-	22-55
16	Sludge Separator	45 – 60	-
17	Heavy Phase Tank	-	-
18	Solid Phase Tank	-	-
19	Conveyor Solid	-	-
20	Motor Conveyor Solid	-	15
21	Pompa Transfer	11	-
Elektrikal:			
1	Panel Listrik	-	-
2	MBC Panel Decanter	-	-
Total		152 – 167	133-166

Sumber : Data Sekunder

Tabel 6. Operasional Sludge Separator dan Dekanter 3 Fasa
 Table 6. Operational of sludge separator and 3 phase decanter

No	Item Operasional	Deskripsi	Sumber
<i>Sludge separator</i>			
1.	Suhu	Suhu proses dipertahankan $>90^{\circ}\text{C}$.	Satya (2018)
2.	Ukuran <i>nozzle</i>	Rekomendasi 1.7-1.9 mm	
3.	Putaran <i>bowl</i>	Putaran 1,450-1,500 rpm	
<i>Dekanter 3 fasa</i>			
1.	Lajur alir dan komposisi umpan	Retention time yang lama akan efektif Semakin rendah	Letki (2007)
2.	Kecepatan sentrifugal dan diferensial	sentrifugal maka losis rendah	
3.	Kedalaman zona klarifikasi	Semakin dalam zona klarifikasi semakin baik.	
4.	Bukaan <i>weir liquid discharge</i>	Mengatur ketinggian weir untuk menjaga keseimbangan	

Berdasarkan Tabel 6 menunjukkan bahwa faktor penunjang pertama dalam keberhasilan operasional *sludge separator* dipengaruhi oleh suhu operasional yang harus dipertahankan $>90^{\circ}\text{C}$. Hal ini dikarenakan suhu operasional $< 90^{\circ}\text{C}$ akan menyebabkan penggumpalan minyak sehingga pemisahan berat jenis (BJ) antara *light fase* (<1) dan *heavy fase* (>1) tidak sempurna. Faktor penunjang kedua adalah ukuran *nozzle*, ukuran ini direkomendasikan berkisar 1.7-1.9 mm. Hal ini dikarenakan ukuran *nozzle* yang lebih kecil dari rekomendasi akan menyebabkan *nozzle* cepat mengalami penyumbatan dan ukuran *nozzle* yang lebih besar menyebabkan semakin besarnya minyak terikut pada *heavy fase*. Faktor penunjang ketiga adalah putaran *bowl* dengan nilai putaran berkisar 1,450-1,500 rpm. Hal ini dikarenakan apabila kecepatan rpm lebih tinggi mengakibatkan *sludge* masih tercampur dalam *light fase*.

Faktor penunjang pertama dekanter 3 fasa adalah laju alir dan komposisi umpan terhadap *retention time*. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama *retention time* pemisahan akan semakin efektif. Namun untuk sistem kontinu (per jam), *retention time* harus disesuaikan dengan volume *sludge* umpan. *Retention time* dapat dihitung dengan rumus $RT = 3600 \cdot V_s / Q$ (Schwarz, 2008). Dimana RT adalah *retention time* (jam), V_s adalah volume *sludge* (m^3), dan Q adalah laju alir umpan (m^3/jam). Faktor penunjang kedua adalah hubungan kecepatan sentrifugal dan differensial terhadap pemisahan *solid/liquid*. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan sentrifugal maka pemisahan *solid/liquid* semakin cepat dan losis tinggi, namun semakin rendah kecepatan sentrifugal maka pemisahan *solid/liquid* semakin lambat dan losis rendah. Faktor penunjang ketiga adalah hubungan kedalaman zona klarifikasi terhadap pemisahan

solid/liquid dan *heavy/light phase*. Hal ini menunjukkan bahwa zona klarifikasi yang dalam akan meningkatkan efisiensi pemisahan *solid* dari *sludge* karena level pemisahan *solid* semakin besar. Faktor lainnya adalah hubungan bukaan *weir liquid discharge* terhadap pemisahan *heavy* dan *light phase*. Hal ini menunjukkan bahwa pengaturan *weir* berfungsi untuk mengurangi losis minyak pada *heavy phase*. Volume setiap fasa dipengaruhi oleh komposisi umpan. Ketinggian *weir* diatur untuk menjaga level keseimbangan dua cairan.

f. Pemeliharaan

Pemeliharaan atau perawatan pada *sludge separator* dan dekanter 3 fasa dipengaruhi oleh faktor air pengencer, operasional, dan kerusakan pada kedua teknologi tersebut. Faktor air pengencer *sludge separator* membutuhkan sebanyak 20% dari TBS olah. Hal ini dikarenakan apabila air pengencer tidak sesuai pada *sludge separator*, maka ini dapat mempengaruhi jumlah minimal losis minyak yang dapat ditekan berkisar 0.6-0.9% dari TBS olah, sementara air pengencer pada dekanter 3 fasa hanya dibutuhkan saat pembersihan alat di awal proses. Dengan kata lain, dekanter 3 fasa tidak terlalu membutuhkan air pengencer dan tidak mempengaruhi upaya menekan losis minyak. Faktor operasional dalam pemeliharaan *sludge separator* membutuhkan pembersihan rutin setiap 3 jam, sementara dekanter 3 fasa pemeliharaan operasional dilakukan saat start dan stop mesin selama 10 menit. Faktor lain pemeliharaan ditinjau dari kerusakan kedua teknologi tersebut. Komponen kerusakan *sludge separator* terjadi pada *nozzle*. Hal ini dikarenakan *nozzle* mengalami aus atau mampat akibat masuknya pasir atau kotoran dari umpan, sementara pada dekanter 3 fasa komponen kerusakan sering terjadi hanya pada *bow* yang tidak seimbang. Hal ini dikarenakan karet penahan *bow* juga mengalami aus.

g. Biaya investasi

Biaya investasi merupakan biaya tetap yang besarnya tidak dipengaruhi oleh jumlah produk yang dihasilkan (Kusuma dan Mayasti, 2014). Biaya investasi pada *sludge separator* dan dekanter 3 fasa terdiri dari biaya pekerjaan mekanis, harga alat, pekerjaan elektrik, *test* dan *commisioning*, biaya *overhead* dan PPN dapat dilihat pada Tabel 7.

Berdasarkan Tabel 7 bahwa analisis investasi ini

menggunakan nilai investasi terendah dan tertinggi pada kedua alat tersebut. Kisaran biaya investasi dalam pengadaan *sludge separator* sebesar Rp 0,863-1,837 Miliar sedangkan dekanter 3 fasa sebesar Rp 3,804-5,825 Miliar. Biaya investasi untuk kedua alat tersebut digunakan untuk estimasi pengadaan baru *sludge separator* dan dekanter 3 fasa. Akan tetapi, apabila PKS akan menggunakan dekanter maka jumlah alat pendukung dapat dihilangkan berdasarkan beberapa posisi dan kapasitas rekomendasi produsen. Alat pendukung yang dapat dihilangkan pada penggunaan dekanter 3 fasa lebih sedikit dibandingkan dengan penggunaan *sludge separator*. Adapun alat pendukung yang dapat dihilangkan dari penggunaan dekanter dapat dilihat pada Tabel 8.

Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi nilai biaya penggunaan dekanter jika ditinjau dari alat pendukung lebih rendah dibandingkan penggunaan *sludge separator*, walaupun nilai biaya investasi untuk pengadaan baru dekanter 3 fasa lebih tinggi dibandingkan *sludge separator*.

h. Kualitas limbah

Kualitas limbah *sludge separator* dan dekanter 3 fasa terdiri dari 5 komponen antara lain *heavy phase*, *solid*, volume limbah cair, sumber limbah cair dan kualitas limbah cair yang dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9 menunjukkan bahwa *sludge separator* dan dekanter 3 fasa memiliki komponen *heavy phase*. *Heavy phase* pada dekanter 3 fasa memiliki kadar NOS yang rendah dibandingkan *sludge separator*. Kedua *heavy phase* pada teknologi tersebut juga dialirkan ke kolam limbah. *Sludge separator* tidak memiliki *solid*, sementara dekanter 3 fasa memiliki *solid* yang sebagian besar berasal dari NOS pada proses pengolahan *sludge*. *Solid* keluaran dekanter dikumpulkan dan disebar ke kebun sebagai pupuk organik. Komponen volume limbah cair *sludge separator* dan dekanter 3 fasa memiliki volume yang sama berkisar 460-550 m³/hari dengan kapasitas pabrik yang sama. Komponen sumber limbah cair pada *sludge separator* dan dekanter 3 fasa juga sama bersal dari air pengencer, stasiun rebusan, stasiun kernel dan pencucian. Komponen lain adalah kualitas limbah, kualitas limbah dekanter 3 fasa lebih baik dibandingkan *sludge separator*. Hal ini ditandai dengan nilai BOD keluaran dari dekanter 3 fasa < 25.000 ppm dengan nilai kadar NOS rendah dibandingkan dengan *sludge separator*.

Tabel 7. Perbandingan pada biaya investasi
 Table 7. Comparison of investment costs

No.	Jenis Biaya Investasi	Sludge Separator		Dekanter 3 Fasa	
		Investasi Nilai Terendah (Rp)	Investasi Nilai Tertinggi (Rp)	Investasi Nilai Terendah (Rp)	Investasi Nilai Tertinggi (Rp)
1	Pekerjaan Mekanis	45.358.000	68.400.810	148.250.000	227.000.000
2	Harga Alat	612.550.000	1.419.973.000	2.965.000.000	4.540.000.000
3	Pekerjaan Elektrikal	-	-	118.600.000	181.600.000
4	Test dan Commisioning	-	-	59.300.000	90.800.000
A	Total Biaya	657.908.000	1.488.373.810	3.291.150.000	5.039.400.000
B	Biaya Overhead Pajak	126.840.000	182.360.400	167.523.000	256.510.000
C	Pertambahan Nilai (PPN): 10% x (A+B)	78.474.800	167.073.421	345.867.300	529.591.000
Total Biaya Pekerjaan: (A + B + C)		863.222.800	1.837.807.631	3.804.540.300	5.825.501.000

Sumber : Data Sekunder

Tabel 8. Perbandingan alat pendukung yang digunakan
 Table 8. Comparison of supporting tools used

No.	Alat	Sludge separator	Dekanter
1.	Continous Settling Tank (CST)	Ada	Ada
2.	Oil Tank	Ada	Ada
3.	Sludge Tank	Ada	Tidak Ada
4.	Oil Purifire	Ada	Tidak Ada
5.	Hydrocyclone Sand Separator	Ada	Ada
6.	Brush Strainer	Ada	Tidak Ada
7.	Vacuum Dryer	Ada	Ada

Sumber : Data Sekunder

Tabel 9. Jenis dan kualitas limbah pada sludge separator dan dekanter 3 fasa
 Table 9. Type and quality of waste in sludge separator and 3 phase decanter

No	Komponen	Sludge Separator	Dekanter 3 Fasa
1.	Heavy Phase	<ul style="list-style-type: none"> Ada dan dialirkan ke kolam limbah Kadar NOS tinggi 	<ul style="list-style-type: none"> Ada dan dialirkan ke kolam limbah Kadar NOS rendah
2.	Solid	Tidak ada	Sebagian besar NOS dari proses pengolahan berada dalam solid decanter
3.	Volume Limbah Cair	460-550 m ³ /hari	460-550 m ³ /hari
4.	Sumber Limbah Cair	<ul style="list-style-type: none"> Air pengencer stasiun klarifikasi Stasiun rebusan Stasiun kernel Pencucian 	<ul style="list-style-type: none"> Heavy Phase stasiun klarifikasi Stasiun rebusan Stasiun kernel Pencucian
5.	Kualitas Limbah Cair	<ul style="list-style-type: none"> Kadar NOS limbah lebih tinggi Nilai BOD limbah tinggi (>25.000 ppm) 	<ul style="list-style-type: none"> Kadar NOS limbah rendah maka sludge di kolam anaerobik berkurang Nilai BOD limbah rendah (< 25.000 ppm)

Sumber : Data Sekunder

KESIMPULAN

Kondisi real PKS A pengutipan minyak yang dilakukan secara manual, angka kehilangan minyak sebesar 0.36 ton/jam atau 7.83 m³/hari. Angka kehilangan minyak yang dihasilkan menunjukkan bahwa pengutipan minyak menggunakan *sludge separator* atau dekanter 3 fasa diperlukan. Prinsip kerja *sludge separator* dan dekanter 3 fasa memiliki parameter penting dalam proses pengoperasian yaitu ukuran partikel, *layout bowl*, arah putaran *bowl*, jenis keluaran, kapasitas *sludge*, kapasitas alat dan losis minyak. Ukuran partikel *sludge separator* 0.1-500 µm dan dekanter 3 fasa 1.2-80,000 µm, *layout bowl* dan arah putaran *sludge separator* berbentuk vertikal dengan arah putaran berbentuk horizontal dan sebaliknya pada dekanter 3 fasa. Kapasitas alat pada *sludge separator* berkisar 10 ton/jam, sementara pada dekanter 3 fasa bervariasi antara lain 12-15 ton/jam,

15-25 ton/jam dan 20-30 ton/jam, losis minyak pada *sludge separator* berkisar 0.6-0.9%, sementara pada dekanter 3 fasa berkisar 0.4-0.6% terhadap TBS. Kebutuhan alat pendukung berkaitan dengan jumlah unit alat yang dibutuhkan pada mekanikal dan elektrik. Dekanter 3 fasa memiliki jumlah unit alat pendukung pengolahan sebanyak 28 unit yang lebih banyak daripada menggunakan *sludge separator* sebanyak 22 unit. Kebutuhan daya *sludge separator* yaitu 45-60 kWh dengan jumlah 3 unit, dekanter 3 fasa membutuhkan daya listrik sebesar 22-55 kWh dengan jumlah 1 unit.

Secara operasional terdapat faktor penunjang *sludge separator* meliputi suhu, ukuran *nozzle*, dan putaran *bowl*, sementara faktor penunjang dekanter 3 fasa meliputi laju alir dan komposisi umpan, kecepatan sentrifugal dan diferensial, kedalaman zona klarifikasi serta bukaan *weir liquid discharge*. Pemeliharaan atau

perawatan pada *sludge separator* dan dekanter 3 fasa dipengaruhi oleh faktor air pengencer, operasional, dan kerusakan pada kedua teknologi tersebut. Faktor air pengencer *sludge separator* membutuhkan sebanyak 20% dari TBS olah. Air pengencer pada dekanter 3 fasa hanya dibutuhkan saat pembersihan alat di awal proses. Kisaran biaya investasi dalam pengadaan *sludge separator* sebesar Rp 0,863-1,837 Miliar sedangkan dekanter 3 fasa sebesar Rp 3,804-5,825 Miliar. Kualitas limbah dekanter 3 fasa lebih baik dibandingkan *sludge separator*. Hal ini ditandai dengan nilai BOD keluaran dari dekanter 3 fasa < 25.000 ppm dengan nilai kadar NOS rendah dibandingkan dengan *sludge separator*. Berdasarkan hasil komparasi dapat disimpulkan bahwa penggunaan dekanter 3 fasa lebih baik dibandingkan *sludge separator*.

DAFTAR PUSTAKA

- Beveridge, T. 2007. Large-Scale Centrifugation. Handbook of Methods and Instrumentation in Separation Science. Vol 1. Academic Press, London. Pp 320-329.
- Flottweg. 2020. Product Brochure. <https://www.flottweg.com/product-lines/decanter/>. Diakses pada tanggal 25 Januari 2022.
- Foong, S. Z. Y., V. Andiappan, D. C. Y. Foo dan D. K. S. Ng. 2019. Flowsheet Synthesis and Optimisation of Palm Oil Milling Processes With Maximum Oil Recovery. Green Energy and Technology. Springer.
- Hiller. 2020. Product Brochure. <https://hillerzentr.de/downloads-en.html>. Diakses pada tanggal 25 Januari 2022.
- IHI. 2020. Product Brochure. <https://www.ihico.jp/separator/en/products/scroll/index.html>. Diakses pada tanggal 25 Januari 2022.
- Kusuma, P. T. W. W dan N. K. I. Mayasti. 2014. Analisa Kelayakan Finansial Pengembangan Usaha Produksi Komoditas Lokal : Mie Berbasis Jagung. Agritech. Vol 34. No. 2. Pp 194-202.
- Laval, A. 2020. Product Brochure. <https://www.alfalaval.com/products/separation/centrifugal-separators/decanter/>. Diakses pada tanggal 25 Januari 2022.
- Laval, A. 2020. Product Brochure. <https://www.alfalaval.com/products/separation/centrifugal-separators/separators/>. Diakses pada tanggal 25 Januari 2022.
- Letki, A.G. 2007. Decanters. Handbook of Methods and Instrumentation in Separation Science. Vol 1. Academic Press, London.
- Sabri, M., Ramadhan, B., Satya, L. A., Isranuri, I., Sabri, F. A. M. 2019. Analysis of Sludge Separator Using Failure Mode Effect Analysis (FMEA) and Reliability Block Diagram (RBD). IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 505 (2019) 012061.
- Nasution, M. A., Rivani, M., Nasution, A., Wulandari, A. 2019. Dokumen Kajian Studi Kelayakan Dekanter di PKS Tandun PT Perkebunan Nusantara V. Bantuan Teknis: BT.020-006.
- Nasution, M. A., Rivani, M., Nasution, A., Amalia, R., Wulandari, A., Fitrah, R., Akbar, Y. 2021. Studi Preferensi Pemilihan Merek Dekanter 3 Fasa Pada Pabrik Kelapa Sawit Menggunakan Analytic Hierarcy Process. Jurnal Penelitian Kelapa Sawit. 29(3): 147-158.
- Satya, L. A. 2018. Analisa Kegagalan Pada Sludge Separator Menggunakan Metode Fault Tree Analysis dan Root Cause Analysis. Skripsi: Universitas Sumatera Utara.
- Schwarz, N. 2008. Selecting the right centrifuge - The jargon demystified. Schwarz consulting. (<http://www.sgconsulting.co.za/images/Selecting%20the%20right%20centrifuge.pdf>)

