

## **Pengaruh Efektifitas Daya Hisap di LTDS 1 dan LTDS 2 terhadap Lossis Kernel Menggunakan Metode Gravimetri**

**Dion Saputra H \* , Rensus A. Pardede, Dea A. Persada Sinaga,  
Jusra Tampubolon, Jufri Antoni**

Teknik Industri, Universitas Prima Indonesia, Jl. Sampul No.3, Sei Putih Bar., Kec. Medan Petisah, Kota Medan, Sumatera Utara, Indonesia 20118

\*Penulis Korespondensi: [dionhutahaen968@gmail.com](mailto:dionhutahaen968@gmail.com)

**Abstract.** This study was conducted to analyze the effect of suction power effectiveness on cyclones in Light Tenera Dust Separator (LTDS) 1 and 2 units on the level of palm kernel losses at PTPN IV Regional II Plantation Unit and Adolina Palm Oil Mill (POM). Palm kernel loss is a significant factor that can reduce production efficiency, as palm kernel has high economic value and is the main product in the palm oil industry. Kernel losses not only reduce production efficiency but also create significant economic disadvantages for the palm oil mill. The research method used was a gravimetric method with a field experiment approach. The research process included sampling from LTDS waste, separating kernels from shells, and measuring suction speed using an anemometer to determine cyclone performance. The gravimetric method was applied to quantify the proportion of kernel mixed with shell waste, providing measurable data on suction efficiency. The results showed that low suction power effectiveness was directly proportional to the increasing number of kernels that were thrown away with the shells. In other words, poor suction performance directly correlates with higher kernel losses. The main contributing factors include leaks in the cyclone, suboptimal blower settings, and inadequate operator skills. Operational skills and equipment maintenance were identified as crucial determinants of system performance. Based on these findings, improvements to the suction system are recommended through routine maintenance, leak checks, and blower setting calibration. Furthermore, operator training is required to precisely adjust suction power. By maintaining suction effectiveness and optimizing blower settings, kernel losses can be reduced below the standard threshold of 2.0%. Thus, mills can improve operational efficiency while minimizing economic losses due to palm kernel loss.

**Keywords:** Gravometric Method; Kernel Losses; LTDS; Production Efficiency; Suction Power.

**Abstrak.** Penelitian ini dilaksanakan untuk menganalisis pengaruh efektivitas daya hisap pada cyclone di unit Light Tenera Dust Separator (LTDS) 1 dan 2 terhadap tingkat kehilangan inti sawit (losses kernel) di PTPN IV Regional II Unit Kebun dan PKS Adolina. Kehilangan inti sawit merupakan salah satu faktor penting yang dapat menurunkan efisiensi produksi, karena inti sawit memiliki nilai ekonomi yang tinggi dan menjadi produk utama dalam industri kelapa sawit. *Kernel losses not only reduce production efficiency but also create significant economic disadvantages for the palm oil mill.* Metode penelitian yang digunakan adalah metode gravimetri dengan pendekatan eksperimen lapangan. Proses penelitian meliputi pengambilan sampel dari buangan LTDS, pemisahan antara inti dan cangkang, serta pengukuran kecepatan hisap menggunakan anemometer untuk mengetahui kinerja cyclone. *The gravimetric method was applied to quantify the proportion of kernel mixed with shell waste, providing measurable data on suction efficiency.* Hasil penelitian menunjukkan bahwa rendahnya efektivitas daya hisap berbanding lurus dengan meningkatnya jumlah kernel yang ikut terbuang bersama cangkang. *In other words, poor suction performance directly correlates with higher kernel losses.* Faktor penyebab utama meliputi adanya kebocoran pada cyclone, pengaturan blower yang tidak optimal, serta keterampilan operator yang masih kurang memadai dalam mengoperasikan alat. *Operational skill and equipment maintenance were identified as crucial determinants of system performance.* Berdasarkan temuan tersebut, direkomendasikan adanya perbaikan sistem hisap melalui pemeliharaan rutin, pemeriksaan kebocoran, dan kalibrasi pengaturan blower. Selain itu, pelatihan bagi operator juga diperlukan agar mampu menyesuaikan daya hisap secara presisi. *By maintaining suction effectiveness and optimizing blower settings, kernel losses can be reduced below the standard threshold of 2.0%.* Dengan demikian, pabrik dapat meningkatkan efisiensi operasional sekaligus meminimalkan kerugian ekonomi akibat kehilangan inti sawit.

**Kata kunci:** Daya Hisap; Efisiensi Produksi; Losses Kernel; LTDS; Metode Gravimetri.

### **1. LATAR BELAKANG**

Industri kelapa sawit merupakan salah satu sektor strategis dalam perekonomian Indonesia, berkontribusi besar terhadap ekspor dan penyediaan lapangan kerja, terutama di

daerah perkebunan. Produk utama yang dihasilkan, seperti *Crude Palm Oil* (CPO) dan *Palm Kernel* (PK), memiliki nilai ekonomi tinggi. Namun, tantangan besar yang dihadapi pabrik kelapa sawit adalah tingginya tingkat kehilangan inti sawit (*kernel losses*) selama proses pengolahan, yang berdampak langsung pada efisiensi produksi dan keuntungan perusahaan (Gultom et al., 2023; Purba et al., 2021).

Salah satu unit penting dalam proses pemisahan kernel dari cangkang adalah *Light Tenera Dust Separator* (LTDS), yang bekerja dengan memanfaatkan daya hisap cyclone untuk memisahkan material berdasarkan massa jenis dan ukuran partikel. Efektivitas daya hisap sangat memengaruhi keberhasilan pemisahan; pengaturan yang kurang optimal dapat meningkatkan *kernel losses* hingga melebihi standar toleransi (Lubis & Lubis, 2018; Siregar et al., 2022).

Penurunan performa LTDS umumnya disebabkan oleh kebocoran cyclone, ketidaksesuaian pengaturan blower, penyumbatan saluran udara, atau kurangnya pemeliharaan berkala (Heryanto & Simanjuntak, 2020). Faktor manusia juga memegang peran penting, termasuk keterampilan operator dan penerapan prosedur operasi standar (SOP) yang tepat (Ramadhani et al., 2023).

Permasalahan utama yang dihadapi selama pelaksanaan magang di PT Perkebunan Nusantara IV Regional II Unit PKS Adolina adalah tingginya tingkat losses kernel (kehilangan inti sawit) yang terjadi pada proses pemisahan di unit Light Tenera Dust Separator (LTDS) 1 dan 2. Losses kernel ini menjadi perhatian penting karena secara langsung berdampak pada efisiensi produksi dan kerugian ekonomi, mengingat kernel merupakan salah satu hasil utama dalam proses pengolahan kelapa sawit.

Berdasarkan observasi awal, losses kernel diduga disebabkan oleh tidak efektifnya daya hisap cyclone, yang seharusnya berfungsi untuk memisahkan antara kernel dan cangkang dengan optimal. Beberapa faktor yang memengaruhi rendahnya daya hisap tersebut antara lain: pengaturan blower yang tidak sesuai, kerusakan atau kebocoran pada cyclone, serta minimnya pelatihan operator dalam mengelola sistem hisap. Akibat dari kondisi tersebut, banyak kernel yang ikut terbuang bersama cangkang ke dalam sistem pembakaran atau buangan lainnya, sehingga menyebabkan kerugian produksi.

Permasalahan ini menjadi fokus utama dalam proyek magang yang dilakukan oleh mahasiswa, dengan tujuan untuk mengidentifikasi penyebab utama, mengukur tingkat losses kernel, dan merumuskan solusi teknis yang dapat diterapkan untuk meningkatkan efektivitas pemisahan dan mengurangi tingkat losses di PKS Adolina (Mustakim & Saragih, 2022).

Metode gravimetri telah digunakan secara luas dalam analisis *kernel losses* karena dapat memberikan hasil akurat melalui penimbangan langsung massa kernel dan cangkang yang terpisah. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi hubungan antara variasi daya hisap dan persentase kehilangan kernel, sehingga dapat menjadi dasar perbaikan teknis dalam pengaturan alat (Nasution et al., 2020; Prasetyo et al., 2022).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh efektivitas daya hisap cyclone pada LTDS 1 dan LTDS 2 terhadap tingkat *kernel losses* di PTPN IV Regional II Unit Kebun dan PKS Adolina. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan rekomendasi teknis untuk menekan *losses* di bawah standar 2,0% dan meningkatkan efisiensi operasional pabrik kelapa sawit.

## 2. KAJIAN TEORITIS

### A. Daya Hisap

Daya hisap adalah kemampuan suatu alat atau sistem untuk menarik, mengalirkan, atau memindahkan udara beserta partikel-partikel yang terbawa di dalamnya melalui perbedaan tekanan, seperti pada LTDS yang memisahkan kernel dan cangkang dalam industri kelapa sawit.

### B. Losses Kernel

Losses kernel mengacu pada jumlah inti sawit yang hilang atau ikut terbawa ke limbah cangkang akibat proses pemisahan yang tidak optimal, yang dapat memengaruhi efisiensi produksi dan keuntungan perusahaan.

### C. Metode Gravimetri

Metode gravimetri merupakan teknik analisis kuantitatif yang dilakukan dengan menimbang massa zat setelah dipisahkan atau dikeringkan hingga mencapai massa konstan, dan sering digunakan untuk mengukur persentase kehilangan kernel secara akurat dalam evaluasi kinerja alat pemisah.

## 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode gravimetri yang dikombinasikan dengan pendekatan eksperimen untuk mengukur kehilangan kernel pada unit Light Tenera Dust Separator (LTDS) 1 dan 2 di industri kelapa sawit. Prosesnya meliputi pengambilan sampel harian, pengeringan hingga kadar air minimal, penimbangan massa kernel dan cangkang menggunakan neraca analitik, serta perhitungan persentase kehilangan berdasarkan perbandingan massa sebelum dan sesudah pemisahan. Metode gravimetri dipilih karena akurasinya tinggi dan sensitif

terhadap perubahan massa kecil, meskipun membutuhkan waktu lebih lama dan kondisi lingkungan yang terkontrol.

Penelitian diawali dengan observasi lapangan di stasiun kernel PKS Adolina, khususnya pada unit LTDS 1 dan 2, untuk memahami proses pemisahan kernel dan cangkang, mengidentifikasi potensi permasalahan teknis, serta mengumpulkan informasi awal terkait tingginya kernel losses. Observasi mencakup pemantauan alur material, kondisi fisik cyclone dan blower, pola aliran udara hisap, serta wawancara dengan operator dan teknisi pabrik. Temuan awal menunjukkan adanya perbedaan intensitas daya hisap antar unit, indikasi penurunan efisiensi pemisahan, serta pengoperasian blower yang kurang konsisten. Selanjutnya, pengumpulan data dilakukan pada 21 Juli – 1 Agustus 2025 dengan mengambil sampel berdasarkan faktor-faktor penyebab kehilangan inti, seperti umpan Ripple mill, pengaturan blower damper, dan pengaruh sinar matahari. Standar kehilangan inti yang digunakan sebagai acuan adalah 2,0%.

#### **4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

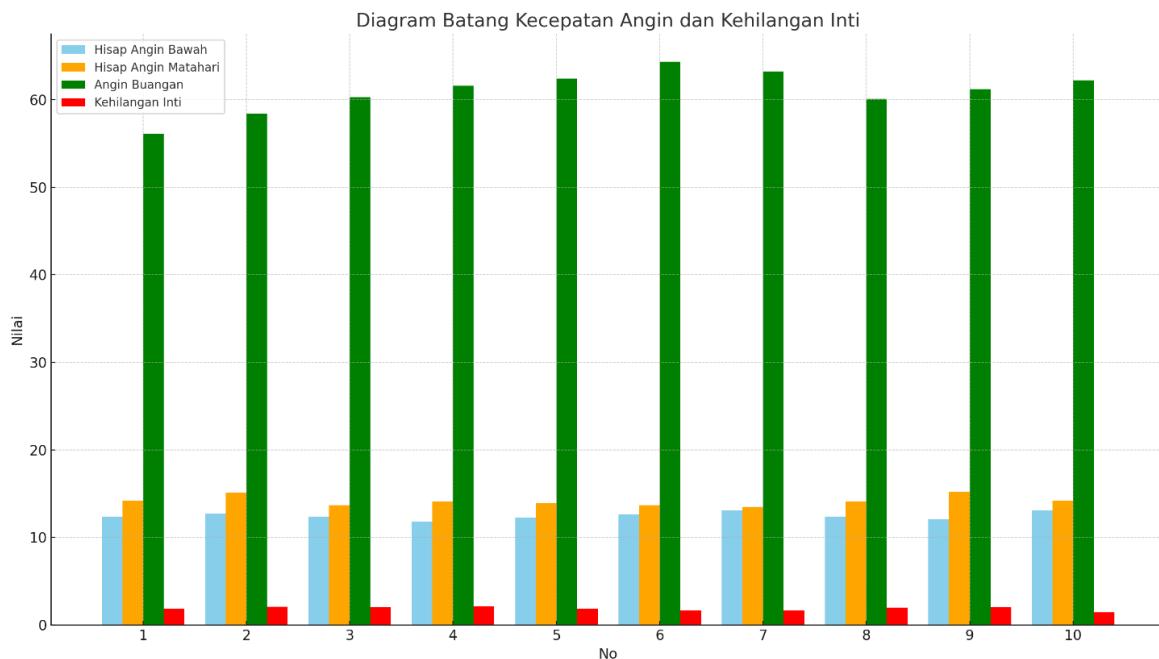
Salah satu sistem manajemen yang diterapkan untuk mendapatkan jumlah rendemen yang optimal adalah menekan terjadinya kehilangan kernel selama proses produksi. Kernel losses ini sangat dipengaruhi oleh proses pengolahan dari Ripple Mill. Dalam proses pengolahan Kernel pasti terjadi oil losses. Pemisahan antara Cangkang dan inti sering terjadi kehilangan inti pada prosesnya. Proses ini yang sangat berpengaruh pada kehilangan inti di PKS ADOLINA. Standar kehilangan inti pada LTDS di PT.Perkebunan Nusantara IV Regional II Unit Kebun dan PKS ADOLINA yaitu 2,0%

##### **A. Analisis Hasil LTDS 1**

**Tabel 1.** Analisis Hasil LTDS 1.

NO	Kecepatan Hisap Angin Bawah (m/s)	Kecepatan Hisap Angin Matahari	Kecepatan angin Buangan (m/s)	Kehilangan Inti (%)
1	12,4	14,2	56,1	1,86%
2	12,7	15,1	58,4	2,09%
3	12,4	13,7	60,3	2,04%
4	11,8	14,1	61,6	2,14%
5	12,3	13,9	62,4	1,86%
6	12,6	13,7	64,3	1,65%
7	13,1	13,5	63,2	1,63%
8	12,4	14,1	60,1	1,97%
9	12,1	15,2	61,2	2,02%
10	13,1	14,2	62,2	1,45%

Untuk analisa kehilangan inti pada LTDS 1, dilakukan proses pemisahan antara cangkang, inti pecah, inti utuh, biji pecah dan inti utuh. Pemisahan di lakukan di dalam talam. Inti pecah, inti utuh, biji pecah, dan biji utuh yang telah dipisahkan kemudian di timbang. Kadar kehilangan inti pada sampel diperoleh dengan membagikan berat sampel yang terpisah dengan berat sampel. Adapun diagram data analisa kehilangan inti pada LTDS 1 sebagai berikut.



**Gambar 1.** Diagram Data Analisa Kehilangan Inti Pada LTDS 1.

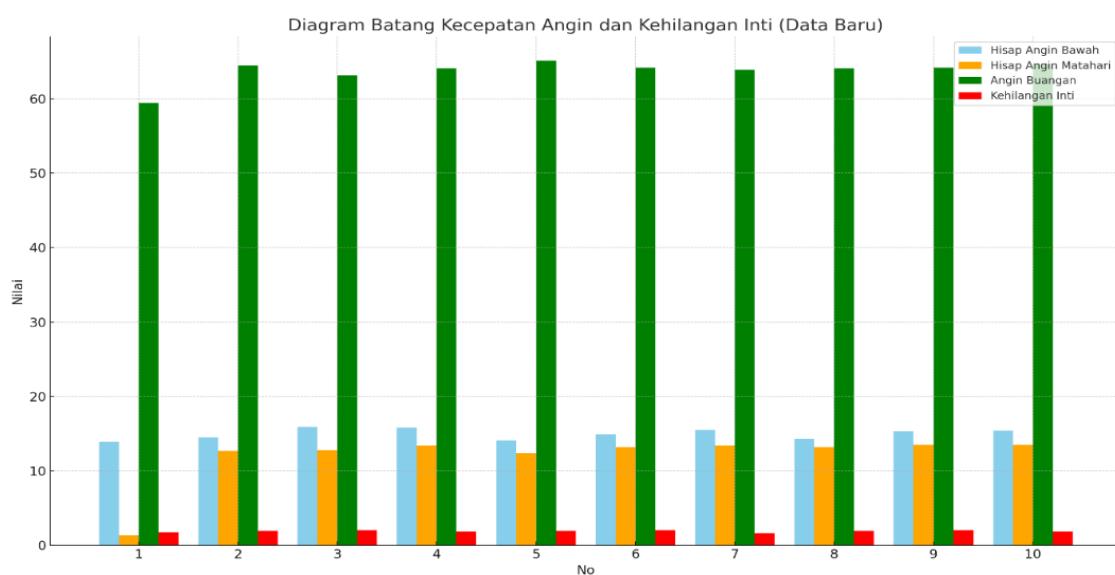
Berdasarkan data percobaan yang diberikan, dapat dilakukan pengolahan untuk memahami karakteristik kecepatan angin dan kehilangan inti pada masing-masing percobaan. Kecepatan hisap angin bawah berkisar antara 11,8 hingga 13,1 m/s dengan rata-rata sekitar 12,49 m/s, menunjukkan variasi yang relatif kecil antar percobaan. Kecepatan hisap angin matahari memiliki nilai sedikit lebih tinggi, yaitu antara 13,5 hingga 15,2 m/s dengan rata-rata 14,17 m/s, menunjukkan adanya perbedaan kecepatan akibat mekanisme hisap tambahan. Sementara itu, kecepatan angin buangan lebih besar, berkisar dari 56,1 hingga 64,3 m/s dengan rata-rata 60,98 m/s, menandakan bahwa proses pembentukan aliran angin buangan jauh lebih cepat dibandingkan kecepatan hisap. Persentase kehilangan inti menunjukkan variasi yang cukup kecil, antara 1,45% hingga 2,14% dengan rata-rata 1,87%, yang mengindikasikan tingkat kehilangan inti relatif rendah dalam semua percobaan. Dari pengolahan data ini, terlihat tren bahwa meskipun kecepatan angin buangan meningkat, kehilangan inti cenderung tetap rendah, sehingga kondisi operasi dapat dianggap efisien dalam menjaga inti tetap utuh. Analisis ini dapat menjadi dasar untuk evaluasi lebih lanjut, seperti mencari korelasi antara kecepatan angin dan kehilangan inti atau menentukan parameter optimal untuk meminimalkan kerugian.

## B. Analisis Hasil LTDS 2

**Tabel 2.** Analisis Hasil LTDS 2.

NO	Kecepatan Hisap Angin Bawah (m/s)	Kecepatan Hisap Angin Matahari	Kecepatan angin Buangan (m/s)	Kehilangan Inti (%)
1	13,9	1,32	59,4	1,74%
2	14,5	12,7	64,5	1,93%
3	15,9	12,8	63,1	2,00%
4	15,8	13,4	64,1	1,85%
5	14,1	12,4	65,1	1,94%
6	14,9	13,2	64,2	2,00%
7	15,5	13,4	63,9	1,62%
8	14,3	13,2	64,1	1,90%
9	15,3	13,5	64,2	1,99%
10	15,4	13,5	64,7	1,87%

Untuk analisa kehilangan inti pada LTDS 2, dilakukan proses pemisahan tara cangkang, inti pecah, inti utuh, biji pecah dan inti utuh. Pemisahan di lakukan di dalam talam. Inti pecah, inti utuh, biji pecah, dan biji utuh yang telah dipisahkan kemudian di timbang. Kadar kehilangan inti pada sampel diperoleh dengan membagikan berat sampel yang terpisah dengan berat sampel. Adapun diagram data analisa kehilangan inti pada LTDS 2 sebagai berikut.



**Gambar 1.** Diagram Data Analisa Kehilangan Inti Pada LTDS 2.

Berdasarkan data yang diberikan, dapat dianalisis karakteristik kecepatan angin dan kehilangan inti pada sepuluh percobaan. Kecepatan hisap angin bawah berkisar antara 13,9 hingga 15,9 m/s, menunjukkan nilai yang relatif tinggi dibandingkan percobaan sebelumnya, dengan variasi yang cukup kecil antar percobaan. Kecepatan hisap angin matahari terlihat

bervariasi, antara 1,32 hingga 13,5 m/s; meskipun terdapat data anomali pada percobaan pertama (1,32 m/s), sebagian besar nilai berada di kisaran 12,4–13,5 m/s, menunjukkan konsistensi relatif. Kecepatan angin buangan lebih tinggi, berkisar dari 59,4 hingga 65,1 m/s, menandakan aliran buangan

tetap cepat dan stabil pada setiap percobaan. Persentase kehilangan inti menunjukkan nilai yang relatif rendah, antara 1,62% hingga 2,00%, dengan rata-rata sekitar 1,88%, menandakan tingkat kehilangan inti yang kecil dan konsisten meskipun kecepatan angin mengalami variasi. Dari pengolahan data ini terlihat bahwa meskipun kecepatan angin buangan cukup tinggi, kehilangan inti tetap rendah, sehingga kondisi operasi dapat dikatakan efisien dan relatif aman dalam menjaga inti tetap utuh selama proses.

### **C. Analisis Pemecahan Masalah**

Berdasarkan hasil observasi dan pengumpulan data yang dilakukan di PT Perkebunan Nusantara IV Regional II Unit Kebun dan PKS Adolina, ditemukan bahwa tingkat losses kernel yang terjadi pada stasiun kernel, khususnya di LTDS (Light Tenera Dust Separator) 1 dan 2, masih tergolong tinggi. Hal ini diduga kuat berkaitan dengan efektivitas daya hisap cyclone yang tidak optimal.

Masalah ini dianalisis dengan menggunakan pendekatan metode gravimetri serta data kuantitatif yang diperoleh dari pengukuran langsung di lapangan. Pengambilan sampel losses kernel dari buangan LTDS dilakukan secara sistematis, kemudian dilakukan pemisahan dan penimbangan terhadap komponen-komponennya seperti inti utuh, inti pecah, biji utuh, dan biji pecah. Selain itu, dilakukan pula pengukuran kecepatan hisapan cyclone menggunakan alat anemometer untuk mengetahui sejauh mana daya hisap memengaruhi tingkat losses (Zahrina, 2017)

Dari hasil analisis diperoleh bahwa semakin rendah daya hisap cyclone, maka semakin besar jumlah kernel yang terbuang bersama cangkang ke boiler atau ke buangan. Hal ini menunjukkan bahwa efektivitas daya hisap cyclone sangat berpengaruh terhadap efisiensi pemisahan kernel. Ketidaksesuaian kecepatan hisap dari blower, kebocoran pada saluran hisap, serta pengaturan cyclone yang tidak optimal menjadi faktor utama penyebab meningkatnya losses.

Selain itu, ketidakterampilan operator dalam mengatur daya hisap dan minimnya pemeliharaan berkala terhadap unit cyclone dan blower juga turut memperburuk kondisi tersebut. Faktor-faktor ini diperkuat oleh analisis fishbone yang dilakukan sebelumnya, yang menunjukkan bahwa variabel machine, method, material, dan man saling berkontribusi terhadap permasalahan losses kernel.

Untuk mengatasi permasalahan ini, perlu dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

- a) Melakukan perbaikan dan penggantian cyclone pada unit LTDS 1 dan 2 yang mengalami kebocoran atau keausan.
- b) Melakukan pengaturan dan kalibrasi blower secara berkala guna menjaga kestabilan daya hisap sesuai kebutuhan proses.
- c) Meningkatkan pelatihan operator dalam pengoperasian alat LTDS serta pemahaman tentang pengaruh daya hisap terhadap losses kernel.
- d) Melaksanakan inspeksi dan pemeliharaan preventif secara rutin untuk mencegah kerusakan sistem hisap.
- e) Mengoptimalkan desain sistem hisap agar sesuai dengan kapasitas dan karakteristik bahan yang diproses.

Dengan penerapan tindakan-tindakan tersebut, diharapkan efektivitas daya hisap cyclone dapat ditingkatkan dan tingkat losses kernel dapat ditekan seminimal mungkin, sehingga berkontribusi terhadap peningkatan rendemen dan efisiensi proses produksi di PKS Adolina (Gultom et al., 2023).

## **5. KESIMPULAN DAN SARAN**

Berdasarkan hasil observasi, pengumpulan, dan pengolahan data selama pelaksanaan kerja praktik di PT Perkebunan Nusantara IV Regional II Unit Kebun dan PKS Adolina, diketahui bahwa efektivitas daya hisap pada cyclone di LTDS 1 dan 2 memiliki pengaruh yang signifikan terhadap tingkat losses kernel. Ketidakseimbangan atau kelemahan daya hisap menyebabkan kernel tidak terpisah sempurna dari cangkang sehingga banyak yang terbuang. Tingkat losses kernel cenderung meningkat saat daya hisap cyclone tidak optimal, baik akibat faktor teknis seperti kebocoran dan aus, maupun karena kesalahan dalam pengaturan blower. Kehilangan kernel ini berdampak langsung pada efisiensi produksi dan menimbulkan potensi kerugian perusahaan, mengingat inti sawit merupakan salah satu produk bernilai tinggi. Selain itu, faktor manusia dan metode kerja juga berperan, terutama terkait pemeliharaan alat dan keterampilan operator dalam mengatur sistem hisap secara efektif. Oleh karena itu, disarankan agar dilakukan inspeksi dan pemeliharaan rutin pada sistem LTDS, khususnya pada cyclone dan blower, untuk mencegah kebocoran atau penurunan kinerja. Prosedur pengaturan daya hisap juga perlu diterapkan secara presisi dan konsisten sehingga proses pemisahan kernel berjalan optimal dan terstandar. Di samping itu, kompetensi operator harus ditingkatkan melalui pelatihan berkala yang menekankan pentingnya daya hisap cyclone serta teknik optimalisasi proses pemisahan kernel.

## DAFTAR REFERENSI

- Gultom, K., et al. (2023). Penerapan teknologi pemisahan kernel di pabrik kelapa sawit. *Jurnal Teknologi Agroindustri*, 6(1), 112–120.
- Gultom, K., Ramadhani, S., Herdinda, S., & Hasibuan, A. (2023). Analisis sistem pengolahan kelapa sawit dan pemanfaatan limbah kelapa sawit di PT Perkebunan Nusantara IV Unit Dolok Ilir. *Cross-Border*, 6(2), 1167–1174.
- Heryanto, E., & Simanjuntak, R. (2020). Analisis efisiensi cyclone separator pada pabrik kelapa sawit. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 15(1), 45–54. <https://doi.org/10.31602/zmip.v45i1.2535>
- Khopkar, S. M. (1990). *Konsep dasar kimia analitik*. Jakarta: UI Press.
- Lubis, R., & Lubis, E. (2018). Efektivitas cyclone separator pada proses pemisahan kernel dan cangkang di pabrik kelapa sawit. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 13(2), 90–98.
- Mahrani Arfah, W., Novarika, W., & Sulawati, S. (2023). Calculation management of palm kernel losses on fiber cyclone at PT. Huta Bayu Marsada. *Jurnal Ekonomi*, 12(1), 1740–1744.
- Mustakim, & Saragih, B. D. B. (2022). Pengaruh bukaan blower damper pada LTDS (Light Tenera Dry Separator) untuk pemisahan. *Journal of Engineering*, 3(2), 1–6.
- Nasution, M. A., Ginting, A. M., & Simbolon, R. (2020). Analisis gravimetri untuk pengukuran kehilangan kernel di pabrik kelapa sawit. *Jurnal Rekayasa Proses*, 14(2), 77–84.
- Prasetyo, D., Rahman, A., & Fadli, M. (2022). Optimasi parameter blower untuk mengurangi kernel losses pada LTDS. *Jurnal Teknik Industri Agro*, 12(3), 233–241.
- Purba, F. D., Simanjuntak, P., & Silitonga, T. (2021). Analisis kehilangan kernel pada stasiun LTDS di pabrik kelapa sawit. *Jurnal Teknologi Pertanian Terapan*, 3(1), 45–53.
- Ramadhani, S., et al. (2023). Analisis efektivitas operator dalam pengendalian losses kernel di pabrik kelapa sawit. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 9(2), 88–95.
- Ramadhani, S., Putri, A. Y., & Hasibuan, A. (2023). Peran kompetensi operator dalam efisiensi pemisahan kernel di industri kelapa sawit. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 9(1), 55–63.
- Siregar, R., et al. (2022). Analisis kinerja blower dan cyclone terhadap mutu kernel. *Jurnal Agroindustri Indonesia*, 10(3), 150–158.
- Siregar, R., Hutapea, R., & Manalu, H. (2022). Evaluasi kinerja cyclone separator terhadap efisiensi pemisahan kernel di pabrik kelapa sawit. *Jurnal Agroindustri Indonesia*, 10(2), 101–110.
- Yaqin, R. I., et al. (2020). Pendekatan FMEA dalam analisa risiko perawatan sistem bahan bakar mesin induk: Studi kasus di KM. Sidomulyo. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 9(3), 189–200. <https://doi.org/10.26593/jrsi.v9i3.4075.189-200>
- Zahrina, I., et al. (2017). Efisiensi pemisahan kernel dan cangkang pada stasiun LTDS pabrik kelapa sawit. *Jurnal Teknik Pertanian*, 8(1), 25–32.