

Analisis Perbandingan Jumlah Rotor terhadap Efisiensi *Ripple Mill*

Fransiskus Kempuribu Pelawi^{*)}, Nuraeni Dwi Dharmawati, Hermantoro

Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian,
INSTIPER Yogyakarta

^{*)}Email Korespondensi: fransiskus123pelawi@gmail.com

ABSTRAK

Ripple mill merupakan salah satu mesin produksi yang berfungsi sebagai pemecah nut sawit yang dilakukan untuk memisahkan cangkang dengan kernel. Penelitian ini lebih difokuskan pada variasi jumlah rotor pada mesin *Ripple Mill* 3,5-4,5 ton/jam yaitu *ripple mill* yang berkapasitas 3,5-4,5 ton/jam. Jumlah rotor pada *ripple mill* adalah bagian dari efisiensi mesin *ripple mill*, efisiensi ini harus tinggi, sehingga produksi kernel yang dihasilkan memiliki kualitas yang optimal. Peneliti melakukan percobaan dan analisa mengenai pengaruh variasi jumlah rotor pada *ripple mill*, untuk mengoptimalkan hasil pemecahan nut atau kualitas pemecahan nut pada *ripple mill* misalnya dari kualitas produksinya akan mendapat kernel yang optimal. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dan observasi untuk mengumpulkan data mengenai persentase hasil pemecahan nut pada *Ripple Mill*, termasuk kernel pecah, nut utuh, dan nut pecah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 1) nilai persentase rata-rata nut utuh pada jumlah rotor 35 yaitu 2,41% sedangkan rotor 36 lebih rendah yaitu 1,79%; 2) nilai persentase *broken kernel* pada variasi jumlah rotor 35 yaitu 4,63% sedangkan rotor 36 lebih rendah yaitu 7,57%; 3) nilai persentase rata-rata efisiensi *Ripple Mill* pada variasi rotor 35 yaitu 97,59% sedangkan rotor 36 lebih besar yaitu 98,2%. Variasi jumlah rotor merupakan salah satu faktor keberhasilan efisiensi *Ripple Mill*.

Kata kunci: Variasi Jumlah Rotor, *Ripple Mill*, Efisiensi

PENDAHULUAN

Proses pengolahan minyak kelapa sawit memiliki peran yang krusial dalam kesuksesan operasional pabrik kelapa sawit. Karena kelapa sawit merupakan salah satu komoditas utama yang memberikan kontribusi besar terhadap perekonomian negara-negara produsen. Untuk mendapatkan kualitas produksi yang sesuai standar perusahaan, perlu memperhatikan operasional dan bahan baku (Rantawi, 2018). Oleh karena itu, pabrik harus memberikan perhatian khusus pada tahapan pengolahan agar produk akhirnya memiliki kualitas yang optimal. Proses pengolahan minyak kelapa sawit terdiri dari dua tahap, yakni pengolahan minyak sawit dan pengolahan kernel (Pahan et al., 2008).

Proses penghancuran kernel di pabrik kelapa sawit memiliki dampak yang signifikan terhadap efisiensi pengolahan kernel. Alat penghancur nut yang umum digunakan di pabrik kelapa sawit adalah *Ripple Mill*. Metode penghancuran kernel menggunakan rotor bar merupakan salah satu teknik yang sering digunakan dalam proses ini (Harianto et al., 2024). Keberhasilan pemecahan nut dapat diukur dari sejauh mana hasilnya sesuai dengan spesifikasi alat yang telah direncanakan. Oleh karena itu, diperlukan peningkatan sistem kerja agar dapat mencapai tingkat produksi yang optimal.

Efisiensi dari Ripple Mill merujuk pada persentase kemampuan mesin tersebut dalam memisahkan antara cangkang dan inti dari nut kelapa sawit. Standar efisiensi yang diharapkan dari Ripple Mill adalah sebesar 95%. Setelah proses pemecahan nut, hasilnya akan terbagi menjadi nut utuh, nut pecah, inti utuh, broken kernel, dan cangkang (bin Sulaiman, 2015). Efisiensi pemecahan nut yaitu hasil pemecahan nut yang terdiri dari nut utuh, nut pecah, kernel utuh, kernel pecah, dan cangkang, yang mana nut utuh dan nut pecah harus seminimal mungkin sedangkan kernel utuh dan kernel pecah harus semaksimal mungkin, tetapi kernel utuh harus lebih banyak dari kernel pecah baru bisa dikatakan efisien (Naibaho, 1998). Tujuan utama adalah untuk memastikan sebanyak mungkin nut dapat pecah menjadi inti utuh, broken kernel, dan cangkang. Untuk mencapai efisiensi pemecahan yang optimal untuk berbagai ukuran nut kelapa sawit, jumlah rotor pada Ripple Mill akan disesuaikan dengan ukuran nut yang dimasukkan (Hamdy & Azizi, 2017).

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 15 Mei sampai dengan 15 Juni 2024 di PT XYZ.

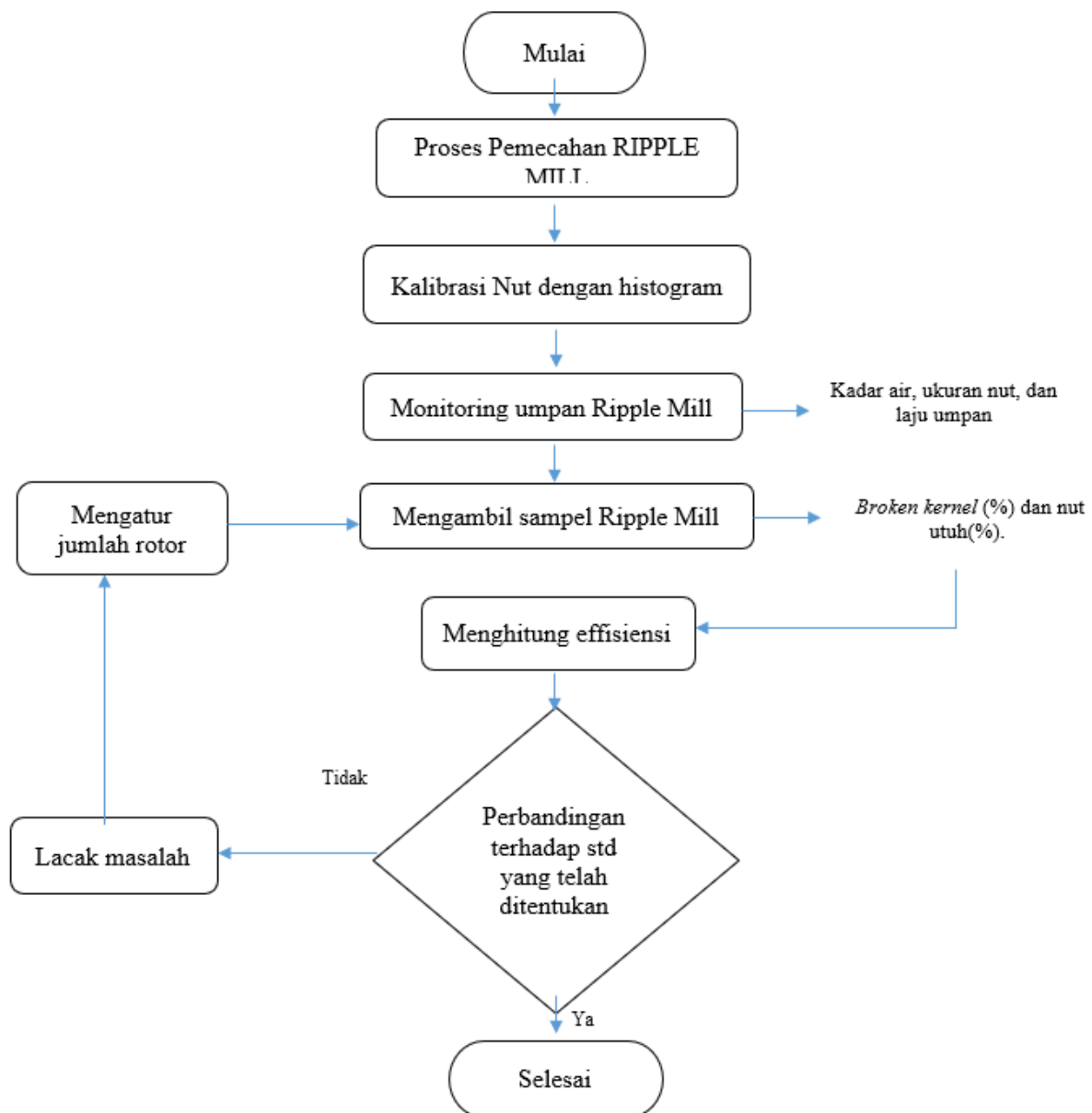
Alat dan Bahan

- 1) *Ripple Mill*
- 2) Timbangan digital
- 3) Plastik ukuran 1 kg
- 4) Ember
- 5) Histogram
- 6) Nut

Parameter yang diamati

- 1) Kalibrasi nut
- 2) Distribusi nut dan hasil keluaran *Ripple Mill*
- 3) Laju umpan pada *Ripple Mill*
- 4) Hasil pemecahan *Ripple Mill*, yaitu: *broken kernel*, kernel utuh, dan nut utuh.
- 5) Maintenance *Ripple Mill*

Tahapan Pelaksanaan



Penjelasan mengenai diagram diatas:

1. Identifikasi peralatan, pada tahap ini peneliti melakukan monitoring mengenai kegunaan alat, spesifikasi dan fungsi alat.
2. Kalibrasi nut, titik pengambilan sampel berada pada polishing drum. Waktu pengambilan sampel adalah 1 menit dengan 3 kali pengulangan. Setelah sampel diambil, peneliti melakukan pengukuran nut dengan menggunakan histogram untuk mengetahui potensi nut dan kernel.
3. Monitoring umpan, pada tahap ini peneliti menghitung laju umpan yang didistribusikan dari nut hopper menuju *Ripple Mill*.
4. *Ripple Mill*, pada tahap ini peneliti melakukan pengambilan sampel hasil pemecahan *Ripple Mill* pada *Cracked Mixture Conveyor*. Sampel yang diambil sebanyak 1000 gr.
5. Menghitung efisiensi, Pada tahap ini peneliti menimbang berat nut utuh, *broken kernel*, nut pecah dan cangkang. Kemudian peneliti menghitung *broken kernel* dan efisiensi *Ripple Mill*.

6. Perbandingan dengan standar yang telah ditentukan oleh Perusahaan, setelah menghitung efisiensi *Ripple Mill*, peneliti membandingkan hasil perhitungan dengan standar yang telah ditentukan oleh Perusahaan. Jika efisiensi dibawah standar, maka peneliti melakukan observasi terhadap pe *Ripple Mill* masalah.
7. Teknik pengambilan sampel *Ripple Mill*, sampel diambil pada cracked mixture conveyor sebanyak 1000 gr. Titik pengambilan sampel pada *Ripple Mill* no 1 dan 5.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Pengolahan Nut dan Kernel Pabrik Kelapa Sawit

Pada penelitian mengenai pengaruh jumlah rotor terhadap efisiensi *Ripple Mill* dilakukan di PT XYZ dengan rentang waktu 15 Mei-15 Juni 2024. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif eksperimen yang berpusat pada hasil output dari pengolahan mesin *Ripple Mill*. PKS ini memiliki 5 mesin *Ripple Mill* berkapasitas 3,5-4,5 ton/jam dengan efisiensi *Ripple Mill* sebesar 97%-100%. Raw material pada penelitian ini adalah nut kelapa sawit yang mayoritas berjenis dura. PT XYZ merupakan pabrik kelapa sawit yang menjalankan system kemitraan dalam pengolahan TBS. TBS yang diolah pada PT XYZ 75% berasal dari perkebunan masyarakat.

Dalam proses pengolahan kelapa sawit, terdapat suatu tahapan yang disebut stasiun nut and kernel. Stasiun nut and kernel merupakan bagian dari proses di mana campuran ampas dan biji yang keluar dari screw press diolah untuk menghasilkan cangkang (shell) dan serat sebagai bahan bakar boiler, serta inti sawit (kernel) sebagai produk jadi yang dapat dipasarkan atau diolah menjadi minyak inti dari sawit (PKO) (Lesmana, 2021). Nut hasil dari pengolahan stasiun kempa didistribusikan menuju polishing drum menggunakan cake braker conveyor. Pada polishing drum terdapat lubang-lubangn dengan variasi ukuran (mm) yang digunakan untuk menyortir nut. Setelah itu, nut akan didistribusikan menuju nut hopper menggunakan blower fan. Kapasitas nut hopper pada PT XYZ adalah 40 ton. Nut hopper berfungsi untuk menampung nut sementara sebelum didistribusikan menuju *Ripple Mill*. Tujuannya adalah untuk mengatur jumlah umpan yang akan diolah pada mesin *Ripple Mill*. Sehingga hasil dari pemecahan nut pada *Ripple Mill* optimal (Hanang et al., 2017).

Kualitas kernel pada PT XYZ:

1. *Broken kernel* : 15%
2. *Dirt* : 6%
3. *Moist* : 6%
4. *KER* : 17%

Proses Pemecahan *Ripple Mill*

Hasil kinerja mesin *Ripple Mill* dan efisiensi pemecahan nut dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

1. Umpan yang masuk ke *Ripple Mill*, dalam pengisian tidak boleh terlalu banyak, hal ini dapat menyebabkan banyak nut yang tidak pecah.
2. Rpm atau putaran mesin, Jika putaran di bawah 900-1000 rpm, proses pemecahan tidak akan optimal dan kinerja mesin tidak akan maksimal.
3. Jumlah rotor, apabila jumlah rotor kurang dari 34, makan pemecahan nut pada *Ripple Mill* tidak akan sempurna. Sebab, rotor bar berfungsi sebagai alat pemutar nut yang akan dipecah pada body liner. Semakin rendah jumlah rotor, maka akan semakin renggang jarak antara rotor bar ke body liner yang akan menyebabkan jumlah nut yang tidak terpecah semakin banyak.

Kerusakan yang sering terjadi pada rotor bar disebabkan oleh beberapa faktor yang membuat rotor bar rusak, seperti jenis buah kelapa sawit dengan kulit tebal atau varietas sawit dura, serta pemberian nut yang melebihi kapasitas ruang pemecahan dan mesin yang menyebabkan rotor bar aus dan bengkok. Penempatan nut atau biji sawit di dalam ruang pemecahan memiliki dampak terhadap performa rotor bar sebagai perangkat pemecah biji sawit. Pengisian nut kurang dari 4 ton per jam dapat mengakibatkan hasil yang tidak optimal karena kapasitas ripple mill ini adalah 4 ton per jam, sedangkan pengisian nut yang terlalu banyak dapat menyebabkan kerusakan pada rotor bar dengan mudah (Fahlai et al., 2023). Penyebab downtime pada *Ripple Mill*:

- 1) Rotor bar patah
- 2) Vanbel aus
- 3) Bearing Ripple Mill pecah
- 4) Kerusakan pada motor listrik
- 5) Airlock Ripple Mill tidak jalan.

Hasil Kalibrasi Nut

Kalibrasi nut bertujuan untuk mengetahui ukuran rata-rata nut yang akan diolah pada stasiun kernel. Kalibrasi nut dilakukan pada polishing drum. Peneliti melakukan kalibrasi 2 kali dalam satu minggu. Sampel yang diambil sebanyak 1000 gr dengan 3 kali pengulangan. Manfaat kalibrasi bagi perusahaan, yaitu :

1. Memastikan kualitas umpan yang akan didistribusikan.
2. Meningkatkan konsistensi penggunaan alat pengolahan pabrik kelapa sawit untuk memastikan hasil akhir pengolahan maksimal.
3. Meminimalisir terjadinya kerusakan.
4. Memberi jejak audit untuk setiap perubahan, modifikasi, atau penambahan peralatan pada masa mendatang

Berdasarkan kalibrasi nut yang telah dilakukan di PT XYZ diperoleh data disajikan Tabel 1.

Tabel 1 Kalibrasi Nut

Ukuran nut	hari 1	hari 2	hari 3	hari 4	Rata-rata (%)
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	3,01	0	2,00	0	0,13%
11	1,32	1,00	3,42	3,00	0,22%
12	21,87	40,94	31,22	28,76	3,07%
13	25,15	20,94	22,56	17,18	2,15%
14	88,13	94,70	80,86	88,56	8,81%
15	130,85	198,10	195,66	188,10	17,82%
16	97,79	73,26	65,87	76,45	7,83%
17	119,60	149,16	145,32	152,62	14,17%
18	32,74	30,80	35,55	45,92	3,63%
19	92,26	67,59	67,43	73,46	7,52%
20	387,28	322,33	350,11	325,95	34,64%

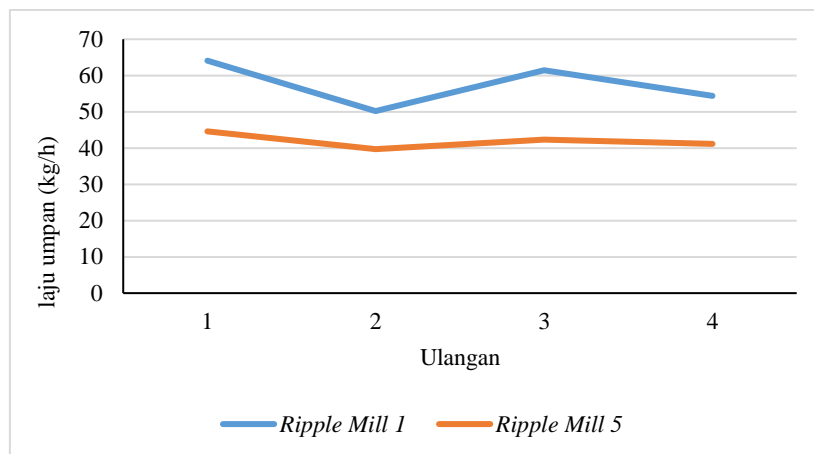
Pada Tabel 4.1.1 menunjukkan hasil nut terbanyak pada ukuran 20 mm dengan jumlah rata-rata sebesar 34,64% dan ukuran yang terkecil pada ukuran 10 mm dengan jumlah rata-rata sebesar 0,13%. Nut yang diolah memiliki ukuran tebal cangkang 5-8 mm. Hal ini selaras dengan TBS olah PT XYZ yang mayoritas berjenis dura.

Monitoring Laju Umpan Dan Kadar Air Nut Umpan *Ripple Mill*

Berdasarkan pengukuran laju umpan yang telah dilakukan di PT XYZ diperoleh data disajikan Tabel 2

Tabel 2. Laju Umpan

Ulangan	Laju umpan (kg/h)	
	<i>Ripple Mill 1</i>	<i>Ripple Mill 5</i>
1	64,1	44,6
2	50,2	39,7
3	61,4	42,3
4	54,4	41,2
Rata-rata	57,53	41,95



Gambar 1 Laju umpan *Ripple Mill*

Dari pengukuran laju umpan didapatkan hasil laju umpan pada *Ripple Mill 1* yaitu sebesar 57,5 kg/h dan pada *Ripple Mill* yaitu sebesar 42,0kg/h. Pada pengukuran laju umpan pada *Ripple Mill 1* dan *Ripple Mill 5* didapatkan hasil yang berbeda. Hal ini disebabkan oleh pengisian nut hopper pada *Ripple Mill* tidak merata. Pada distribusi nut hopper, *Ripple Mill 1* terlebih dahulu terisi kemudian nut hopper *Ripple Mill 5* terisi. Nut yang terdorong oleh conveyor distribusi akan memenuhi nut hopper *Ripple Mill 1*, 2, 3, 4 dan yang terakhir didistribusikan adalah nut hopper *Ripple Mill 5*. Laju pengumpanan memiliki pengaruh terhadap hasil pemecahan nut, yaitu semakin tinggi pengumpanan maka semakin tinggi persentasi kernel pecah dan efisiensi *Ripple Mill* (Putra, 2020). Titik pengambilan sampel untuk mengukur laju umpan berada pada chute distribusi *Ripple Mill*. Untuk menghitung laju umpan menggunakan persamaan:

$$\text{laju umpan} = \frac{\text{berat sampel (gr)}}{\text{waktu (m)}}$$

Ketidakstabilan efisiensi pemecahan nut juga dapat disebabkan oleh ketidakstabilan kadar air di dalam nut (Naibaho, 1998). Meskipun seharusnya terdapat nut silo yang berfungsi sebagai penahan nut untuk proses pemanasan, namun di PT XYZ tidak dilakukan penahanan (retention time) sehingga nut langsung masuk ke tahap pengolahan berikutnya. Oleh karena itu, penting untuk mengendalikan efisiensi pemecahan nut dengan melakukan studi mengenai pengaruh kadar air di dalam nut terhadap efisiensi pemecahan nut.

Pada PT XYZ tidak memiliki nut silo yang mengakibatkan kadar air relatif tinggi. Standar kadar air pada nut adalah 15%. Nut silo berfungsi untuk mengurangi kadar air nut dengan sistem pemanasan menggunakan *steam*.

Berdasarkan pengukuran kadar air nut yang telah dilakukan di PT XYZ diperoleh data disajikan Tabel 4.4.2.

Tabel 3. Kadar air nut

Ulangan	Kadar air nut
1	13,32
2	11,79
3	15,09
4	13,22
5	14,38
6	12,39
7	13,33
8	12,40
9	15,06
10	14,17
11	15,98
12	15,21
13	14,34
14	15,27
Rata-rata	
14,00	

Titik pengambilan sampel berada pada nut hopper. Teknis pengukuran kadar air pada nut adalah:

1. Sampel yang diambil sebanyak 1000gr dengan 2 kali pengulangan
2. Timbang sampel menggunakan timbangan digital untuk mengetahui berat awal sebelum di oven.
3. Oven sampel selama 15 menit
4. Kemudian timbang berat nut setelah dioven.
5. Untuk mendapatkan nilai kadar air menggunakan persamaan:

$$\text{kadar air} = (\text{berat awal} - \text{berat akhir}) \times 100\%$$

Analisis Pengaruh Jumlah Rotor Terhadap Komposisi

A. Analisis pengaruh jumlah rotor terhadap nut utuh

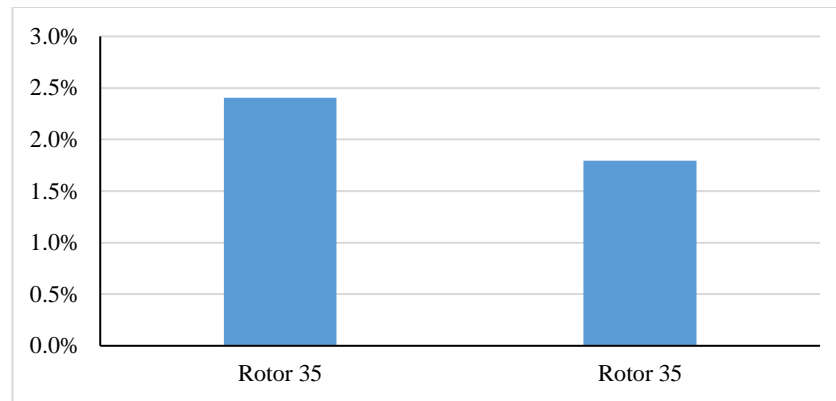
Perhitungan nut utuh dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$\text{nut utuh} = \frac{\text{nut utuh} + \text{cangkang pecah}}{\text{jumlah sampel}} \times 100\%$$

Berdasarkan pengolahan sampel *Ripple Mill* yang telah dilakukan di PT XYZ diperoleh data nut utuh disajikan Tabel 4.5.1.

Tabel 4. Nut Utuh

Hari	Rotor 35	Rotor 36
1	2,47%	1,92%
2	2,58%	1,58%
3	2,49%	1,91%
4	2,31%	2,15%
5	2,31%	1,51%
6	2,37%	1,51%
7	2,31%	1,60%
8	2,31%	1,44%
9	2,43%	1,85%
10	2,31%	1,94%
11	2,42%	2,15%
12	2,56%	1,80%
13	2,43%	1,85%
14	2,39%	1,93%
Rata-rata		1,79%



Gambar 2 Rata-rata nut utuh

Berdasarkan Gambar 2 didapatkan bahwa pada jumlah rotor 34 diperoleh rata-rata nut utuh adalah sebesar 2,41% dan pada rotor 36 diperoleh rata-rata nut utuh adalah sebesar 1,79%. Hasil nilai persentase rata-rata nut utuh pada variasi jumlah rotor 35 lebih besar dibandingkan dengan variasi jumlah rotor 36. Hal ini dikarenakan pada jumlah rotor 35 jarak antara rotor terhadap dinding pemecah lebih renggang dibandingkan dengan variasi jumlah rotor 36. Sehingga menyebabkan nut yang berukuran kecil tidak terpecah sempurna. Standar nut utuh pada *Ripple Mill* adalah sebesar 3%. Nilai persentase rata-rata nut utuh pada rotor 35 dan 36 memenuhi standard perusahaan.

B. Analisa Pengaruh Jumlah Rotor Terhadap *Broken kernel*

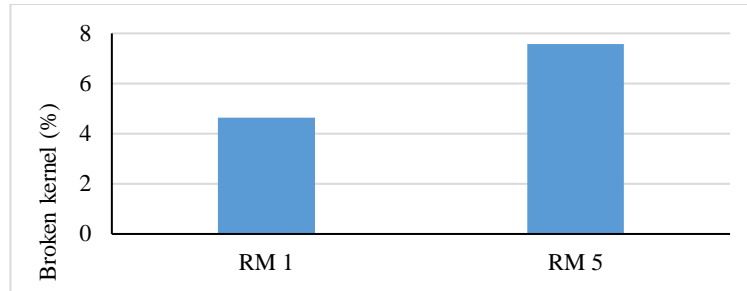
Perhitungan *broken kernel* dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$\text{broken kernel} = \frac{\text{inti pecah}}{\text{jumlah sampel}} \times 100$$

Berdasarkan pengolahan sampel *RIPPLE MILL* yang telah dilakukan di PT XYZ diperoleh data *broken kernel* disajikan Tabel 4.5.2.

Tabel 5. *broken kernel*

<i>Broken kernel (%)</i>	
<i>Ripple Mill 1</i>	<i>Ripple Mill 5</i>
5,65	7,30
4,03	7,30
3,48	7,12
3,48	8,25
4,21	7,84
4,03	8,27
4,73	8,45
4,99	8,12
4,66	8,14
4,41	7,86
5,29	7,09
5,41	6,92
5,14	6,40
5,37	6,91
Rata-rata	
4,63	7,57



Gambar 3 Persentase Broken Kernel

Berdasarkan Gambar 3 didapatkan bahwa pada jumlah rotor 34 diperoleh persentase rata-rata *broken kernel* adalah sebesar 4,63% dan pada rotor 36 diperoleh persentase rata-rata *broken kernel* adalah sebesar 7,57%. Hasil nilai persentase rata-rata *broken kernel* pada variasi jumlah rotor 36 lebih besar dibandingkan variasi jumlah rotor 35. Hal ini dikarenakan pada jumlah rotor 35 jarak antara rotor terhadap dinding pemecah lebih renggang dibandingkan dengan variasi jumlah rotor 36. Oleh karena itu, nut yang dipecah pada variasi jumlah rotor 36 lebih sempurna. Namun, hasil pemecahan nut yang berukuran kecil menjadi halus atau *broken kernel* meningkat. Standar *broken kernel* pada *Ripple Mill* adalah sebesar <12%. Nilai persentase rata-rata *broken kernel* pada rotor 35 dan 36 memenuhi standar perusahaan.

Analisa Pengaruh Jumlah Rotor Terhadap Efisiensi

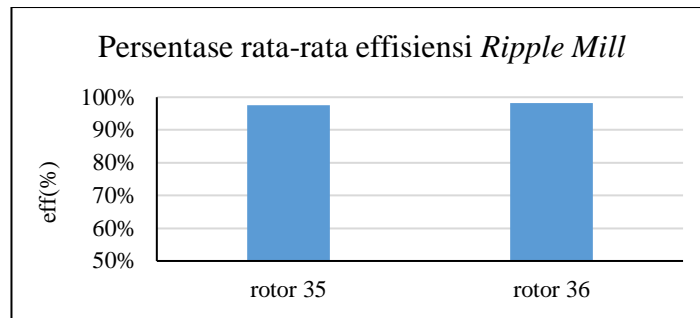
Untuk menghitung efisiensi dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi Ripple Mill} = \frac{\text{Biji lolos}}{\text{jumlah sampel}} \times 100\%$$

Berdasarkan pengolahan sampel *Ripple Mill* yang telah dilakukan di PT XYZ diperoleh data efisiensi *Ripple Mill* disajikan Tabel 6.

Tabel 6. efisiensi *Ripple Mill*

Efisiensi <i>Ripple Mill</i> (%)	
Rotor 35	Rotor 36
97,5	98,1
97,4	98,4
97,5	98,1
97,7	97,9
97,7	98,5
97,6	98,5
97,7	98,4
97,7	98,6
97,6	98,2
97,7	98,1
97,6	97,9
97,4	98,2
97,6	98,2
97,5	98,1



Gambar 4. Persentase rata-rata *Ripple Mill*

Berdasarkan Gambar 4 didapatkan bahwa pada jumlah rotor 34 diperoleh persentase rata-rata efisiensi *Ripple Mill* adalah sebesar 97,6% dan pada variasi jumlah rotor 36 diperoleh persentase rata-rata efisiensi *Ripple Mill* adalah sebesar 98,2%. Hasil nilai persentase rata-rata efisiensi *Ripple Mill* pada variasi jumlah rotor 36 lebih besar dibandingkan variasi jumlah rotor 35. Hal ini dapat dilihat dari hasil persentase nut utuh pada Gambar 4.6.1 yang menunjukkan bahwa hasil persentase rata-rata nut utuh terendah ada pada variasi jumlah rotor 36. Standar efisiensi pada *Ripple Mill* di PT XYZ adalah sebesar 97%-100%. Nilai persentase rata-rata efisiensi *Ripple Mill* pada variasi jumlah rotor 35 dan 36 memenuhi standar perusahaan.

KESIMPULAN

1. Distribusi ukuran nut antara 10 mm sampai 20 mm dengan persentase terbesar pada ukuran 20 mm sebesar 34,64%.
2. Hasil nilai rata-rata *broken kernel* pada variasi rotor 35 dan 36 memenuhi standar perusahaan. Nilai rata-rata *broken kernel* pada rotor 35 lebih kecil dibandingkan dengan rotor 36. Oleh karena itu, penggunaan variasi rotor 35 pada *Ripple Mill* lebih maksimal.
3. Hasil nilai persentase rata-rata efisiensi *Ripple Mill* pada variasi rotor 35 dan 36 memenuhi standar perusahaan. Nilai persentase rata-rata efisiensi *Ripple Mill* pada variasi rotor 36 sebesar 97,6% dan rotor 35 sebesar 98,2%.

DAFTAR PUSTAKA

- bin Sulaiman, M. S. (2015). *NUT CRACKING EFFICIENCY IN RIPPLE MILL*. Universiti Sains Malaysia.
- Fahlai, S., Supardi, J., Veranita, V., & Muzakir, M. (2023). ANALISA KERUSAKAN ROTOR BAR PADA MESIN RIPPLE MILL DENGAN METODE PERHITUNGAN BIJI SAWIT UTUH/LOLOS PADA PROSES PEMECAHAN BIJI KELAPA SAWIT (STUDI KASUS: PT BEURATA SUBUR PERSADA). *Fahlai, S., Supardi, J., Veranita, V., & Muzakir, M. (2023). ANALISA KERUSAKAN ROTOR BAR PADA MESIN RIPPLE MILL DENGAN METODE PERHITUNGAN BIJI SAWIT UTUH/LOLOS PADA PROSES PEMECAHAN BIJI KELAPA SAWIT (STUDI KASUS: PT BEURATA SUBUR PERSADA). Jurnal Mahasis, 2(1), 26–32.*
- Hamdy, M. I., & Azizi, A. (2017). Analisis nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) pada mesin ripple mill. *Jurnal Teknik Industri, 3(1)*.
- Hanang, P. A., Tamrin, T., & Oktafri, O. (2017). Uji Kinerja Alat Pemecah Benih Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal Of Agricultural Engineering), 6(2)*.
- Hariato, A., Aspiyansyah, A., & Faot, E. Y. (2024). JARAK ROTOR YANG OPTIMAL TERHADAP RIPPLE PLATE PADA MESIN RIPPLE MILL UNTUK EFISIENSI HASIL PEMECAH BIJI KELAPA SAWIT CB MODIPALM KAPASITAS 8 TON/JAM. *Jurnal Rekayasa Mesin, 15(1), 507–513*.
- Lesmana, A. (2021). *Analisis Hasil Kinerja Mesin Ripple Mili di Stasiun Pengolahan Biji Pabrik Kelapa Sawit*. Universitas Medan Area.

- Naibaho, P. (1998). Teknologi Pengolahan Kelapa Sawit, Pusat Penelitian Kelapa Sawit. *Universitas Medan, Medan*.
- Pahan, I., Saragih, B., & Bangun, D. (2008). Panduan lengkap kelapa sawit: manajemen agribisnis dari hulu hingga hilir. *(No Title)*.
- Putra, F. R. S. (2020). *KAJIAN PENGARUH LAJU UMPAN TERHADAP HASIL PEMECAHAN NUT PADA RIPPLE MILL*. Institut Teknologi Sains Bandung.
- Rantawi, A. B. (2018). Pengaruh Kadar Air (Moisture) di Nut terhadap Efisiensi Pemecahan Nut (Studi Kasus di PT XYZ). *Jurnal Citra Widya Edukasi*, 10(1), 1–6.