Teknika 19 (2): 511-517

JURNAL TEKNIKA
ISSN: 0854-3143
e-ISSN: 2622-3481
Journal homepage: http://jurnal.polsri.ac.id/index.php/teknika
Journal Email: teknika@polsri.ac.id

Analisa Kegagalan *Rotor Bar* pada Mesin *Ripple Mill* di Pabrik Kelapa Sawit PT. Hindoli Mill Sungai Lilin

Akhmad Fatih Nabil Tahsin[1], Taufikurahman*[2], Ella Sundari[3], Syafei[4]

[1,*2,3,4]Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, Indonesia
*Email Penulis Korespondensi: taufikurrahman@polsri.ac.id

Abstrak

Sesuatu yang berputar seringkali mengalami kerusakan, hal ini dikarenakan kedua benda saling bertabrakan atau terjadi gesekan, ini juga menjadi salah satu penyebab sering terjadinya kerusakan dan masih menjadi masalah bagi industri untuk mengurangi kerusakan akibat hal tersebut. Mesin ripple mill sangat penting dalam proses pengolahan kelapa sawit untuk memecahkan biji dan memperoleh inti sawit. Namun, kegagalan rotor bar pada mesin ini sering terjadi, menyebabkan penurunan efisiensi dan peningkatan biaya perawatan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab kegagalan rotor bar dan mengevaluasi material AISI 1070 dan AISI 4140 sebagai alternatif bahan. Metode penelitian meliputi pengamatan lapangan, pengujian material, analisis ANOVA dan studi literatur. Data kegagalan rotor bar dikumpulkan dari pabrik PT. Hindoli dan dianalisis. Eksperimen laboratorium dilakukan untuk menguji sifat mekanik dan ketahanan terhadap kelelahan dari material AISI 1070 dan AISI 4140. Hasil dari penelitian dan pengujian didapatkan bahwa material AISI 4140 menjadi material yang lebih direkomendasikan karena material AISI 4140, merupakan baja struktural dengan kekuatan tarik yang baik, menunjukkan ketahanan yang lebih baik terhadap beban dinamis dan kelelahan material. Penelitian merekomendasikan penggunaan material AISI 4140 untuk rotor bar dan perbaikan desain serta parameter operasional untuk mengurangi kegagalan. Implementasi rekomendasi ini diharapkan dapat meningkatkan umur rotor bar dan efisiensi operasional mesin ripple mill.

Kata kunci*— Sifat mekanis, AISI 4140, AISI 1070, ANOVA*

Abstract

Something that rotates is often damaged, this is because two objects collide with each other or friction occurs, this is one of the reasons behindof frequent damage and is still a problem for the industry to reduce the damage caused by this. The ripple mill machine is very important in the palm oil processing approach to crack the seeds and obtain the palm kernel. However, rotor bar failures on these machines occur frequently, leading to reduced efficiency and increased maintenance costs. This study intends to analyze the cause of rotor bar failure and evaluate AISI 1070 and AISI 4140 materials as alternative materials. Research methods include field observations, material testing, ANOVA analysis and literature studies. Rotor bar failure data was collected from the PT factory. Hindoli and analyzed. Laboratory experiments were carried out to test the mechanical properties and resistance to fatigue of AISI 1070 and AISI 4140 materials.

Received: August 27, 2024; Online Available: March 1, 2025

The results of the research and testing showed that AISI 4140 material was the more recommended material because AISI 4140 material, a structural steel with good tensile strength, showed durability. better resistance to dynamic loads and material fatigue. The study recommends using AISI 4140 material for rotor bars and improving design and operational parameters to reduce failures. Implementation of these recommendations is expected to increase rotor bar life and operational efficiency of ripple mill machines.

Keywords— *Mechanical Properties, AISI 4140, AISI 1070, ANOVA*

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan pesat industri minyak sawit di Indonesia telah menarik perhatian global, terutama dari produsen utama minyak nabati di seluruh dunia. Sejak 2006, Indonesia telah menduduki posisi teratas dalam produksi minyak sawit global, mengalahkan Malaysia pada 2016. Pada tahun tersebut, Indonesia menghasilkan 53,4% dari total produksi CPO (Crude Palm Oil) dunia, sedangkan Malaysia berkontribusi sebesar 32%. Sejak tahun 2004, minyak sawit telah melampaui minyak kedelai di pasar minyak nabati global, dengan produksi CPO mencapai 33,6 juta ton, dibandingkan dengan 32,4 juta ton untuk minyak kedelai. Pada tahun 2016, produksi CPO menyumbang 40% dari total minyak nabati utama di dunia, sementara minyak kedelai memiliki pangsa pasar sebesar 33,18% [1].

Ripple mill adalah alat yang digunakan untuk menghancurkan biji sawit. Alat ini memiliki rotor yang berputar dan berseberangan dengan *ripple plate* yang tetap, sehingga biji sawit yang dimasukkan ke dalam ruang antara rotor dan *ripple plate* mengalami benturan yang memecahkan cangkang biji. Oleh karena itu, sangat penting untuk menganalisis, memilih, dan menggunakan peralatan yang efisien agar biaya pengolahan dapat dioptimalkan dengan performa yang baik. Efektivitas peralatan dapat dilihat dari segi perawatan, biaya operasional, dan kemudahan penggunaannya [2].

Mekanisme pemecahan biji pada *ripple mill* berbeda dari *nut cracker*, karena menggunakan penekanan biji oleh rotor terhadap dinding bergerigi untuk memecah biji. Kernel sawit yang dimasukkan dari bagian atas ripple mill mengalami benturan berulang kali antara *ripple plate* dan rotor yang berotasi, mempercepat pemisahan inti dari biji sawit [3].

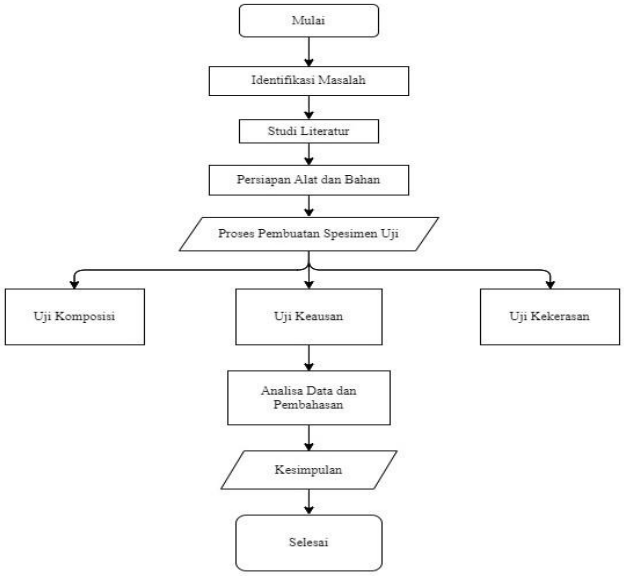
Masalah yang sering terjadi pada mesin *ripple mill* biasanya terkait dengan rotor bar, yaitu komponen berbentuk poros padat yang mengelilingi rotor dan berfungsi menampung biji sawit yang diumpankan ke mesin. Rotor bar memutar biji bersama dengan rotor untuk proses pemecahan [4]. Setiap bulan, rotor bar biasanya perlu diganti 3-4 kali. Hal ini menyebabkan penghentian proses produksi ripple mill dan mengakibatkan kerugian waktu proses bagi pabrikPenelitian ini bertujuan untuk mengatasi masalah kegagalan pada *rotor bar* dengan cara menguranginya.

Banyaknya frekuensi kejadian *downtime* pada mesin ripple mill berdasarkan data perusahaan pada tahun 2021 adalah sebanyak 32 kali. Risiko lain yang terjadi pada mesin *ripple mill* adalah kejadian *fall down* benda baik itu besi maupun peralatan. Hal tersebut mengakibatkan mesin *ripple mill* tidak berfungsi secara efektif dan efisien [5].

Berdasarkan hasil indentifikasi yang dilakukan pada mesin ri*pple mill* terdapat 8 resiko kerusakan pada mesin *ripple mill.*Antara lain yaitu: jatuhnya besi kedalam ripple mill,Rotor Bar patah,keausan *Fan Bel*,*Rotor Bar* terkikis,masuknya serat fiber kedalam *Ripple Mill*,Kerusakan Motor listrik,masuknya jangkos dalam mesin *Ripple Mill*,komponen Bearing mesin ripple mill pecah [6].

2. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini ada beberapa tahapan kegiatan yang harus dilaksanakan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini berfokus pada objek *rotor bar* yang terdapat pada mesin *ripple mill*, *rotor bar* yang dilakukan penelitian kali ini menggunakan material *AISI* 4140 dan *AISI* 1070 yang mana akan dilakukan tiga pengujian yaitu uji keausan, uji komposisi, uji kekerasan. Tujuan dari pengujian tersebut agar dapat mengetahui faktor apa saja yang menjadi penyebab kegagalan di *rotor bar* tersebut. Pengujian ini penting dilakukan agar menjadi panduan serta pembanding untuk industri apabila ingin menggunakan material baru rotor bar.

Pada pengujian komposisi digunakan alat yang disebut *XRF-Portable*. Semacam alat analisa bahan yang prinsipnya menggunakan radiasi sinar x, fungsinya sendiri untuk megetahui unsur yang ada pada objek. Tidak ada rumus atau formula yang digunakan karena nilai unsur yang diuji langsung muncuk pada *portable-gun* yang diarahkan pada material.

Pengujian keausan dilakukan untuk mengetahui tingkat degradasi material yang terkikis akibat putaran rotasi atau gesekan terhadap objek lain. Pengujian ini dilakukan dengan metode keausan *ogoshi wear universal*. Rumus yang digunakan untuk pengujiannya seperti dapat dilihat pada Formula (1).

$$W = \frac{V}{N\ x\ d} \quad (1)$$

Proses kekerasan dilakukan untuk mengetahui tingkat kekerasan material, dengan pengujian vickers yang menggunakan beban 294N atau setara 30 kg menggunakan Formula (2).

$$HV = \frac{1.8544\ x\ F}{d^2} \quad (2)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 *Hasil Uji Komposisi*

Tabel 1 Hasil Uji Komposisi *Carbon Steel AISI* 4140

Rotor bar : *Carbon Steel AISI* 4140				
NO	Unsur	Keterangan	Nilai (%)	No Unsur
1	Fe	*Ferrum*	97,14	26

2	Cr	*Chromium*	1.09	24
3	Mn	*Mangan*	0.790	25
4	LEC	*Loses en el Calcinado*	0.405	-
5	C	*Carbon*	0.400	6
6	Mo	*Molibdenum*	0.176	42

Tabel 2 Hasil Uji Komposisi *AISI* 1070

Rotor bar : AISI-1070				
NO	Unsur	Keterangan	Nilai (%)	No Unsur
1	Fe	*Ferrum*	97,86	26
2	Ni	*Nickel*	0,094	28
3	Cr	*Chromium*	0,363	24
4	Mn	*Mangan*	0,651	25
5	C	*Carbon*	0,669	6
6	Mo	*Molybdenum*	0,004	42
7	Si	*Silicon*	0,223	14
8	S	*Sulfur*	0,041	16
9	Ce	*Cerium*	0,862	58

Pada Tabel 1 bisa dilihat bahwa kandungan unsur karbon yang terkandung pada *rotor bar* AISI 4140 hanya sebanyak 0,4% dan kandungan terbesar didalamnya adalah kandungan besi (*Ferrum*) 97,14% serta terdapat juga unsur-unsur lainnya yang rendah. Pada kasus seperti ini bisa dikatakan bahwa material jenis ini dikelompokkan menjadi baja karbon sedang. dikarenakan jumlah karbon yang >0,35% dan <0,55%. Sedangkan pada Tabel 2 material AISI-1070 memiliki kandungan karbon 0,669%, kandungan besi 97,86%, dan unsur-unsur yang rendah. Oleh karena itu, dengan kadar karbon tinggi >0,5%, material ini dikategorikan sebagai baja karbon tinggi. karena jumlah unsur karbon yang rendah dan nilai kekerasan yang lebih rendah. Menurut data dari hasil pengujian komposisi diatas kedua material tidak memiliki perbedaan yang begitu jauh, sehingga parameter uji lain masih dibutuhkan untuk menentukan material mana yang lebih direkomendasikan untuk menjadi bahan dasar *rotor bar*.

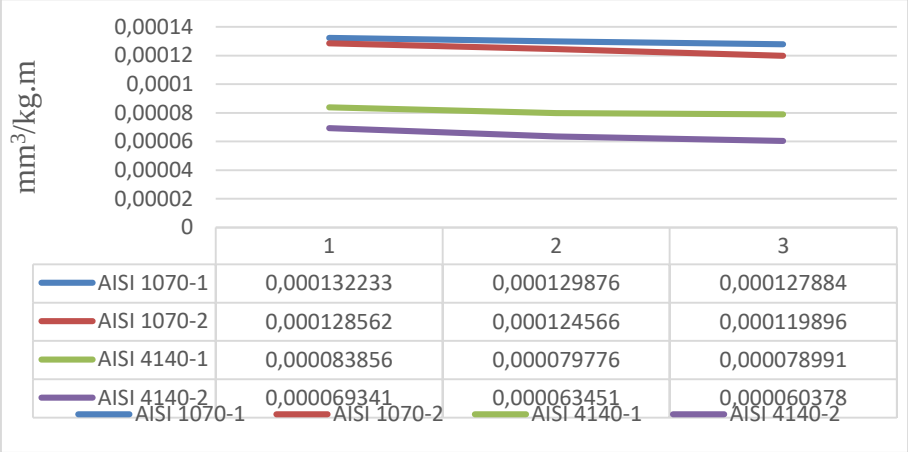
3.2 *Hasil Uji Keausan*

Berdasarkan Tabel 3 didapatkan nilai dari hasil uji keausan yang diimplementasikan ke gambar 2 dalam bentuk grafik. Menunjukkan perbandingan bahwa material stock dari rotor bar yaitu AISI 4140 yang dilakukan uji keausan dengan 3 titik memiliki tingkat keausan spesifik jauh lebih rendah dibandingkan dengan material AISI 1070 yang keausan spesifiknya hampir 2 kali lipat dari baja AISI 4140. Hal itu dikarenakan unsur pembentuk dari baja AISI 4140 terdiri dari Fe sebesar 97,14%, Cr 1,09%, Mo 0,176% ketiga unsur ini adalah unsur logam yang memiliki ketahanan aus yang tinggi yang mampu menahan gesekan atau abrasi tanpa mengalami deformasi atau kerusakan yang signifikan.

Tabel 3 Hasil Uji Keausan Spesimen

NO	**Kode Spesimen**	**Nilai b0**	**B**	**r**	**P0**	**lo**	**Keausan Spesifik**

1	AISI 1070-1	1,2438	3	13	6,36	66	0,000132233
2	AISI 1070	1,2236	3	13	6,36	66	0,000128562
2	AISI 4140-1	1,0686	3	13	6,36	66	0,000083856
3	AISI 4140-2	1,0030	3	13	6,36	66	0,000069341



Gambar 1 Grafik Uji Keausan

3.3 *Hasil Uji Kekerasan*

Melihat dari data uji pada Tabel 4 dilakukan terhadap 5 spesimen, menunjukkan bahwa tingkat kekerasan pada 3 spesimen AISI 4140 memiliki tingkat kekerasan rata-rata diatas 300, sedangkan spesimen AISI 1070 memiliki tingkat kekerasan rata-rata dibawah 300. Yang berarti material berjenis AISI 4140 memiliki tingkat kekerasan yang lebih baik daripada AISI 1070 dan lebih cocok untuk menjadi material rotor bar.

Tabel 4 Hasil Uji Kekerasan Spesimen

PENGUJIAN VICKERS PISAU							
Beban: 294N(30KG)							
Kode Spesimen		**d1**	**d2**	**d**	**d**	**VHN**	**Rata-rata**
AISI 1070-1	1	529,83	534,63	532,23	0,5322	196,35	211,99
	2	534,1	530,94	532,52	0,5325	196,14	
	3	515,84	490,98	503,41	0,5034	219,48	
	4	482,3	496,52	489,41	0,4894	232,21	
	5	504,41	511,04	507,725	0,5077	215,76	
AISI 1070-2	1	528,55	544,34	536,44	0,5364	193,28	209,18
	2	527,66	531,44	529,55	0,5296	198,34	
	3	543,21	497,55	520,38	0,5204	205,39	

	4	482,45	500,83	491,64	0,4916	230,11	
	5	498,44	510,01	504,22	0,5042	218,77	
AISI 4140-1	1	426,06	421,25	423,655	0,4237	309,89	321,71
	2	429,49	402,92	416,205	0,4162	321,08	
	3	407,76	410,15	408,955	0,4090	332,57	
	4	419,76	401,45	410,605	0,4106	329,90	
	5	413,61	426,68	420,145	0,4201	315,09	
AISI 4140-2	1	405,58	418,91	412,245	0,4122	327,28	327,27
	2	407,85	416,53	412,19	0,4122	327,37	
	3	415,06	415,08	415,07	0,4151	322,84	
	4	410,16	413,31	411,735	0,4117	328,09	
	5	396,17	423,95	410,06	0,4101	330,78	
AISI 4140-3	1	418,92	434,33	426,625	0,4266	305,59	328,34
	2	418,94	412,6	415,77	0,4158	321,75	
	3	406,18	416,53	411,355	0,4114	328,70	
	4	406,49	396,85	401,67	0,4017	344,74	
	5	409,47	398,35	403,91	0,4039	340,93	

4. KESIMPULAN

Dengan merujuk data yang diperoleh pada penelitian ini setelah dilakukan tiga jenis pengujian mendapati kedua material memiliki tingkat komposisi yang tidak jauh berbeda, material AISI 4140 memiliki memiliki unsur carbon sebesar 0,4% yang berarti bahwa *AISI* 4140 dikelompokkan menjadi baja karbon sedang (*Medium Carbon Steel*), sedangkan material *AISI* 1070 memiliki kadar karbon 0,669% yang berarti dikelompokkan menjadi (*High Carbon Steel*). Pada uji keausan nilai keausan spesifik *AISI* 1070 sebesar 0,000132233 dan 0,000083856 untuk AISI 4140, sehingga AISI 4140 memiliki tingkat keausan yang lebih rendah. Material baja AISI 4140 yang memiliki tingkat keausan yang rendah, tingkat kekerasan material yang lebih tinggi dan dikelompokkan sebagai (*Medium Carbon Steel*) lebih cocok dibandingkan material AISI 1070.

5. SARAN

Melihat dari hasil pengujian yang dilakukan maka disarankan material berjenis *AISI* 4140 lebih cocok menjadi material rotor bar karena memiliki tingkat kekerasan dan keausan yang lebih baik. Namun apabila parameter tersebut masih belum cukup disarankan untuk melakukan uji komposisi yang lebih spesifik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan banyak terimakasih terlebih kepada PT. Hindoli Cargill yang telah banyak memfasilitasi dan juga membantu selama proses penelitian, kepada pembimbing yang telah memberi masukan dan saran, dan Jurnal Teknika yang telah menyediakan ruang bagi penulis untuk artikel ini dirilis.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Analisa Kekerasan dan Keausan Cylinder Sleeve dari Besi Cor Kelabu FC250 Hasil Sand Mold Casting (1)* Sumpena, (2) Hb. Sukarjo, (3) Wardoyo, (4) Saksono Singgih Pramana.

(n.d.).

[2] Ananda, R., Hernawati, T., & Rahma Sibuea, S. (2022). Analisa Efektivitas Produksi Pada Stasiun Kernel Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness Di Pt. Varem Sawit Cemerlang. In *Cetak) Buletin Utama Teknik* (Vol. 17, Issue 2). Online.

[3] Annas Pratama, M. (2019). Studi Eksperimen Ketahanan Korosi, Keausan, dan Kekerasan pada Material Baja Paduan SS 316 Sebagai Bahan Sterntube Seal Liners pada Kapal. In *KAPAL* (Vol. 16, Issue 1). http://ejournal.undip.ac.id/index.php/kapal

[4] Fahlai, S., & Supardi, J. (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). In *Jurnal Mahasiswa Mesin UTU (JMMUTU* (Vol. 2, Issue 1).

[5] Hikmawan, O., Naufa, M., & Indriani, B. M. (n.d.). Pengaruh Jarak Rotor Terhadap Efisiensi Pemecahan Biji Pada Stasiun Ripple Mill Di Pabrik Kelapa Sawit *The Effect Of Rotor Distance On Seed Cracking Efficiency At Ripple Mill Station In Palm Oil Factory*.

[6] Harianto, A., Aspiyansyah., & 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 Rekayas Mesin (Vol. 15, No 1).

[7] Hamdy, M. I. (2017). Analisis Nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) pada Mesin Ripple Mill. Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian dan Karya Ilmiah dalam Bidang Teknik Industri (Vol. 3, No 1).

[8] Irfan, M., Ali, S., & Ansar, K. (2022). Analisa Kinerja Mesin Ripple Mill Dengan Beban 30 Ton/Jam. Study Kasus Di Pt. Und. *Jurnal Mahasiswa Mesin UTU (JMMUTU)*, *1*(1).

[9] Penanggung Jawab Pimpinan Redaksi Sekretaris Redaksi Dewan Redaksi, P., Marihot Sianipar, E., Yanti, A., TarnpubolorU SPd, S., Barus, Y., Pardede, M., Sebayang, E. S., Adminishasi dan Distribusi, Ms., Siahaan Julius Silitong, S. S., Alamat Redaksi Jumal Politeknik MBp, Am., Jamin Ginting, J., Ilmiah Politeknik MBp, M., Malem Tarigan, T., Mardaus Purba, A. S., TamburU, R. S., Simamor, A. P., Dra Sempa Perangin-angin, S., & Mery Hutagaol, Mh. T. (n.d.). *Mala0aA TAnrlaA Prcstasl PohttaQetQ IULBP*. http://www.prestasi.ac.id.

[10] Qistan, M. I. M., Satriana, & Juanda. (2023). Efisiensi Kerja Mesin *Ripple Mill* pada Stasiun Kernal di PT X Jambi. (Vol. VIII, No 3).

[11] Seng, A., Kunci : ", K., Dinamis, P., & Fatique, K. (n.d.). *Analisis Sifat Mekanis Baja Karbon Akibat Pembebanan Dinamis - Ahmad Seng (hal 1-8)*.

[12] Sinaga, R., Christy, J., Dahang, D., Sembiring, R., Sembiring, S., Br Karo, S., Gea, D., & Buulolo, R. (2022). Pengaruh Modifikasi Jumlah Alur Dan Kecepatan Putar Rotor Bar Terhadap Produktivitas Dan Hasil Mesin Pemecah Kemiri Sistem *Ripple Mill. Jurnal Agroteknosains/Vol. 6/No.1*.

[13] Sutarno, S., Prabowo, N. R., & Mastur, M. (2021). Analisa Laju Permukaan Keausan Pada Model Uji Mekanis Bushing Kuningan. *Accurate: Journal of Mechanical Engineering and Science*, *2*(1), 32–36. https://doi.org/10.35970/accurate.v2i1.584

[14] Utomo, F. F., & Ilman, M. N. (2022). Analisis Kegagalan Pelat Roller Coal Crusher Pada Circulating Fluidized Bed Boiler di PLTU Batu Bara. *Journal of Mechanical Design and Testing*, *4*(2), 106. https://doi.org/10.22146/jmdt.72323

[15] Zulfahmi, & Saputra, A. (2022). Analisis Risiko Kerusakan Mesin (Downtime) *Ripple Mill* Stasiun Kernel (Studi Kasus PT. Ujong Neubok Dalam). Jurnal Sains, Teknologi dan Industri (Vol. 19, No 2).