Terbit *online* pada laman web jurnal : http://inomet.ft.unand.ac.id

INoMeT: Jurnal Inovasi Rekayasa Mekanikal dan Termal

| ISSN (Online) 3025-2598 |

Artikel penelitian

Preventive Maintenance dan Analisis Kegagalan Innert Part Gearbox Raw Mill 4R1M02G1

Hendri Yanda [a,*], *Prihara Darussalam* [b]

[a b] *Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Kampus Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia*

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:
Diterima Redaksi: 20 Juni 2024
Revisi Akhir: 28 Juni 2024
Diterbitkan *Online*: 30 Juni 2024

KATA KUNCI

Analisis Kegagalan

Preventive Maintenance

Innert Part

Gearbox

Bearing

KORESPONDENSI

[*]E-mail: hendriyanda@eng.unand.ac.id

A B S T R A C T

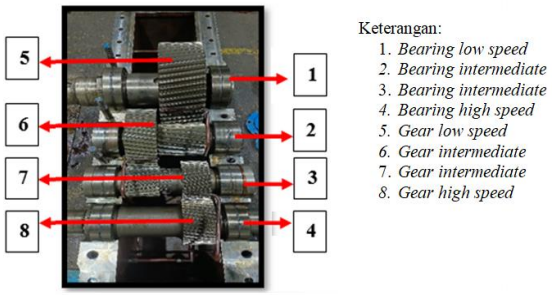
In order to analyze failures, periodically during preventive maintenance it is necessary to collect data, such as thermal checks with a thermal imager, vibration checks using Vibxpert. One of the factory component tools that is checked is the raw mill gearbox, which is a box containing various gears that can be selected and used to regulate how fast or how hard the machine moves. In the inner part of the gearbox there are several engine components, one of which is the bearing. Bearings are machine elements that function to support a shaft so that the shaft can rotate without experiencing excessive friction. If the engine does not use bearings, it will cause friction between the shaft and the shaft seat, which will cause the engine to heat up quickly. When using bearings, you need to pay attention to several things so that later they don't cause failure which can be caused by unbalance, misalignment, bent shaft, looseness and so on. This failure can cause high vibration in the bearing, while high vibration is not expected because it will damage the bearing and shaft, so it is necessary to carry out an analysis regarding the occurrence of high vibration in the bearing which causes failure of the inner parts of the gearbox. High vibration in the pinion gear which has an impact on clutch gear wear. This research aims to determine the cause of failure in the inner part of the 4R1M02G1 Raw Mill Gearbox. Checking and data collection was carried out using a thermal imager measuring tool for collecting thermal data, Vibxpert for collecting vibration data, Feeler Gauge for measuring gaps, CSi Lubricant testing for testing lubricant samples, and Teodolite for measuring shaft alignment with the gearbox. Based on the analysis carried out, misalignment occurs due to wear of the clutch gear which makes the work of the clutch gear to accommodate several degrees of misalignment disappear and the shaft shifts when the engine is operating. The working load of the bearing increases to position the shaft on the correct axis, as a result the bearing wears out, defects and pitting form, until the outer bearing rotates. Defects and pitting in bearings cause wear in lubrication with ferrous (metal) content reaching alarm levels.

1. PENDAHULUAN

Preventive maintenance adalah salah satu metode dari struktur perawatan dalam rangka kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan-kerusakan yang tidak terduga. Melalui kegiatan ini diharapkan dapat ditemukan kondisi (keadaan) yang dapat merusak komponen jauh sebelum kerusakan tersebut terjadi. *Preventive maintenance* dilakukan terhadap seluruh alat pada Pabrik Indarung IV secara berkala, dengan melakukan pengecekan secara *thermal* menggunakan *Thermal Imager* dan vibrasi dengan menggunakan *Vibxpert*. Salah satu peralatan pabrik yang dilakukan pengecekan adalah *Gearbox Raw Mill 4R1M02G1*, yang merupakan kotak yang berisikan berbagai roda gigi. *Innert part gearbox* ini mempunyai beberapa komponen

https://doi.org/10.25077/inomet.1.1.49-54.2024
Attribution-NonCommercial 4.0 International. Some rights reserved

mesin seperti dapat dilihat pada Gambar 1. Setiap komponen *inner part* pada *gear box* ini sudah dirancang dengan sangat presisi untuk memastikan efisiensi dan keandalan operasional *gearbox* secara keseluruhan.



Gambar 1. *Inner Part Gearbox Raw Mill 4R1M02G1* [1]

Bearing (bantalan) adalah elemen mesin yang menumpu poros yang mempunyai beban, sehingga putaran atau gerakan bolak-baliknya dapat berlangsung secara halus, aman, dan mempunyai umur yang panjang. *Bearing* harus cukup kokoh untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik. Jika *bearing* tidak berfungsi dengan baik maka prestasi seluruh sistem tidak dapat bekerja dengan semestinya. *Gear* (roda gigi) merupakan perangkat mekanis yang digunakan untuk mentransmisikan gerakan berputar dari satu bagian mesin ke bagian lainnya. *Gearbox* yang terdiri dari beberapa *gear* yang disusun rapat saling bersinggungan dalam sebuah *metal housing*, berfungsi untuk mentransmisikan putaran poros mesin menuju poros bagian mesin lainnya, baik untuk memperlambat putaran ataupun sebaliknya mempercepat putaran poros mesin.

3. METODOLOGI

3.1 *Metode Pengumpulan Data dan Peralatan*

a. *Pengamatan Secara Visual*

Pengamatan untuk menangani masalah pada Gearbox Raw Mill 4R1M02G1 dimulai dengan pemeriksaan visual eksternal. Ini melibatkan penilaian menyeluruh terhadap kondisi fisik *gearbox*, termasuk mencari retakan, deformasi, atau tanda-tanda kebocoran pada *casing* atau sambungan.

b. *Alat Ukur Getaran (VibXpert)*

VibXpert adalah alat ukur vibrasi yang dengan kinerja tinggi, berfitur lengkap dengan pengumpul data *Fast Fourier Transform (FFT)* dan signal analyzer untuk mengumpulkan data di lapangan seperti getaran, kondisi bearing, inspeksi dan mengolah data tersebut, menyatu dengan informasi perawatan.

c. *Alat Ukur Selah (Feeler Gauge)*

Dengan menggunakan alat ukur celah *(feeler gauge)* dapat diukur celah yang sempit dengan tingkat akurasi yang tinggi.

d. *Alat Ukur Suhu (Thermogun)*

Thermogun (termometer inframerah) merupakan alat yang vital dalam berbagai industri karena kemampuannya untuk mengukur suhu permukaan objek tanpa perlu kontak fisik.

e. *Alat Pengujian Sampel Pelumas (CSI 5200)*
CSI 5200 dan OilView 52DV merupakan salah satu alat uji untuk melakukan oil analisis. Melalui *CSI 5200* dapat diketahui sifat kimia oli, penghitungan jumlah partikel, peralatan CSI 5200 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. *CSi Lubricant Testing* [1]

f. *Alat Ukur Alignment Shaft dengan Gearbox (Teodolite)*

Teodolite adalah alat ukur presisi yang penting dalam industri untuk mengecek *alignment shaft* dengan *gearbox*. Dalam prosesnya, teodolit dipasang secara stabil dan dikalibrasi untuk mengukur sudut horizontal dan vertikal dengan tepat. Penggunaannya melibatkan pengarahan teleskop ke titik referensi pada *gearbox* untuk mengukur arah dan sudut sumbu shaft secara akurat. Teodolite dapat dilihat pada Gambar 3.

 https://doi.org/10.25077/inomet.1.1.49-54.2024



Gambar 3. Teodolite [1]

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

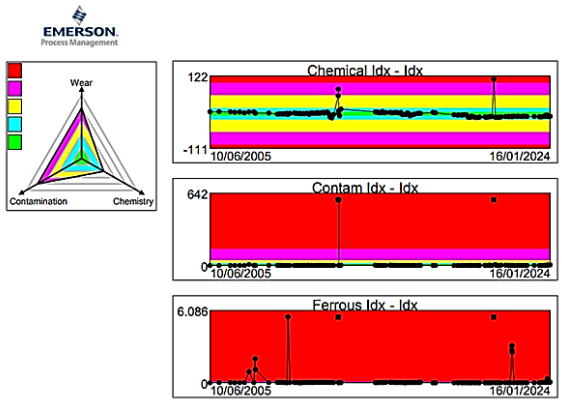
4.1 Hasil Pengujian Vibrasi

Pengujian vibrasi dilakukan dengan menggunakan VibXpert yang selanjutnya hasil data yang didapatkan diolah melalui katalog, sehingga didapatkanlah data vibrasi *bearing* pada motor dan *gearbox* sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Data Vibrasi Bearing Motor dan Bearing Gearbox

Tgl 10 Januari 2024	Bearing Motor		Bearing Gearbox	
	NDE	DE	HS	LS
Vertikal (mm/s)	6.09	5.45	4.97	3.75
Horizontal (mm/s)	1.78	4.55	4.32	5.33
Aksial (mm/s)	5.03	5.81	5.11	4.82
ISO10816-3				
Normal	< 2.3mm/s			
Prewarning	2.3 mm/s - 4.5mm/s			
Warning	4.5mm/s - 7.1 mm/s			
Alarm	> 7.1mm/s			

Pengujian pelumasan dapat dilakukan sebanyak sebulan sekali menggunakan alat *CSI Lubricant Testing*. Adapun yang diukur adalah viskositas, keausan (*wear*), *chemistry* dan *contamination*. Pengukuran ini berguna untuk memastikan *gearbox* dalam kondisi yang aman. Adapun hasil pengujian pelumas dalam beberapa bulan kebelakang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 1 Hasil Pengujian Sampel Pelumas Gearbox Raw Mill 4R1M02G1

Diagram menggambarkan tingkatan level distribusi kimiawi LDX-LDX, Contam-LDX, dan Ferrous LDX-LDX dalam sampel oli. Berdasarkan hasil pengujian sampel pelumas *Gearbox Raw Mill 4R1M02G1*, terdapat standar yang sudah disesuaikan oleh tim inspeksi pemeliharaan untuk kejadian di lapangan. Warna hijau menunjukkan normal, warna biru dan kuning menunjukkan - *prewarning*, pink menunjukkan *warning,* dan merah menunjukkan sampel oli dalam kondisi *alarm.* Data pelumasan ini bisa menjadi acuan dalam menganalisis kegagalan pada *Inner Part Gearbox Raw Mill 4R1M02G1*.

4.2. Hasil Pengujian Termal

Pengujian termal penting untuk mengetahui bagaimana kondisi *bearing*, jika temperatur besar kemungkinan *bearing* mengalami gesekan yang kuat. Pada Tabel 2 ditunjukkan hasil pengukuran temperatur pada *bearing* motor dan *gearbox*. Tabel ini merupakan data temperatur terbaru *bearing* motor listrik dan *gearbox* sebelum mengalami pemberhentian operasi mesin, *Non Drive End* (NDE) dan *Drive End* (DE), yang merupakan posisi belakang dan depan dari motor listrik, yang kondisi temperaturnya normal yang menandakan tidak ada masalah pada motor listrik. Pada *bearing high speed*, level temperatur berada pada *prewarning* dan *bearing low speed* juga memiliki temperatur normal.

Tabel 2 Pengukuran Termal Bearing Motor dan Gearbox

Bearing	Temperatur (Celcius)
NDE	35,8
DE	43,4
HS	62,9
LS	58,1
Standar Temperatur	
Normal	<60◦C
Prewarning	61 - 80 ◦C
Warning	81 - 100 ◦C
Alarm	>100 ◦C

4.3 Hasil Pengamatan Visual Inner Part Gearbox 4R1M02G1

Setelah pengujian vibrasi, pelumasan dan termal dilakukan, perlu pengamatan secara visual dilapangan untuk melihat kondisi gearbox secara langsung. *Defect* pada *outer bearing low speed* ditemukan seperti pada Gambar 5.

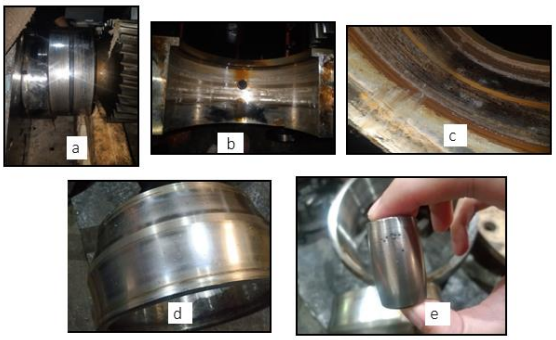


Gambar 5. Defect pada Outer Bearing Low Speed

Selanjutnya *Gearbox Raw Mill 4R1M02G1* dibawa ke bengkel mesin untuk dilakukan pengecekan lebih lanjut terhadap komponen-komponennya dengan hasil sebagai berikut:

a. Bearing High Speed

Outer bearing high speed pada *gearbox* mengalami perputaran seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6(a). *Outer bearing* yang seharusnya tidak berputar mengalami perputaran, ini bisa terjadi karena gesekan yang terjadi antara *outer bearing* dengan *shaft.* Perputaran pada *outer bearing high speed* mengakibatkan terjadinya goresan pada *housing bawah* dan *housing atas bearing high speed* seperti yang ditunjuk kan pada Gambar 6(b) dan Gambar 6(c).

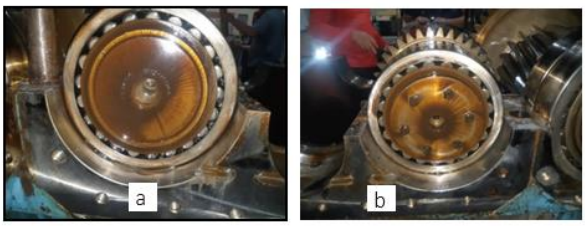


Gambar 6. Beberapa Defect pada Bearing High Speed (a) Outer Ikut Berputar (b). Goresan pada Housing Bawah (c). Goresan pada Housing Atas; (d). Pitting pada Inner Race; (e). Pitting Pada Rolling.

Outer bearing high speed yang terindikasi berputar mengakibatkan keausan dan mengelupasnya lapisan krom pada *housing* dan *outer bearing* seperti pada Gambar 6(d). Pengelupasan juga terjadi pada *rolling element bearing high speed* karena pergesekan *rolling element* dengan *outer bearing high speed* seperti pada Gambar 6(e).

b. Bearing Intermediate 1 dan 2

Bearing intermediate 1 dan 2 secara visual masih bagus, walaupun terjadi perubahan warna yang disebabkan oleh pelumasan, namun bearing ini masih bekerja dengan baik untuk meneruskan putaran dari *bearing high speed* ke *bearing low speed.* Kondisi visual bearing intermediate 1 dan 2 ditunjukkan pada Gambar 7(a) dan Gambar 7(b).



Gambar 7. Defect pada Bearing Intermediate (a) Bearing Intermidiate 1 (b). Bearing Intermediate 2

 https://doi.org/10.25077/inomet.1.1.49-54.2024

c. Bearing Low Speed

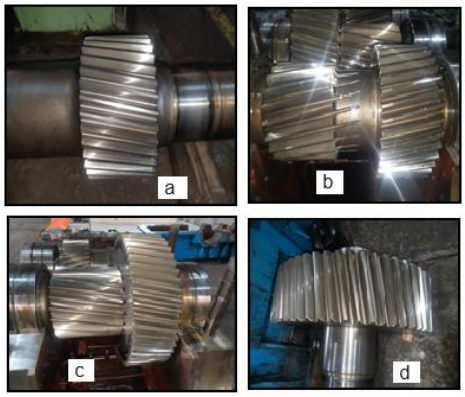
Kondisi *bearing low speed* mengalami *defect* saat dilakukan pengecekan di bengkel mesin. *Inner race low speed* mengalami *defect* akibat *rolling element* pada *bearing* yang tidak bergerak dengan kondisi normal karena posisi *shaft* yang tidak sejajar. Kondisi *inner race bearing low speed* ditunjukkan pada Gambar 8(a). *Inner race bearing* memiliki hubungan erat dengan *rolling element* pada *bearing*, apabila terjadi *defect* pada *inner race* maka akan berdampak juga ke *rolling element.* Gambar 8(b) menunjukkan terjadinya *pitting* pada *rolling element*. Kerusakan yang terjadi pada rolling elemen bisa diakibatkan oleh karena gesekan yang kuat sehingga menyebabkan terjadinya perputaran pada *outer bearing low speed* dan berefek kepada goresan pada *housing bearing low speed* seperti pada Gambar 8(c).



Gambar 8. Defect pada Bearing Low Speed (a) Inner Race Low Speed; (b) Kerusakan pada Rolling Element Bearing Low Speed; (c) Goresan pada Housing Bawah Bearing Low Speed

d. Gear High speed, Gear Intermediate1 dan 2

Pada *gearbox* terdapat *gear* yang berfungsi untuk mentransmisikan putaran. Pengecekan dilakukan pada setiap *gear* pada *gearbox* di bengkel mesin. *Gear high speed* yang mentransmisikan putaran langsung dari motor listrik secara visual terlihat masih bagus seperti pada Gambar (9a). *Gear intermediate* 1 dan 2 yang menerima putaran dari *gear high speed* secara visual juga terlihat masih bagus seperti pada Gambar (9b) dan Gambar (9c). *Gear low speed* yang menerima putaran dari *gear intermediate* juga sama kondisinya masih bagus seperti pada Gambar (9d).



Gambar 9. Beberapa Gear Secara Visual Masih Bagus. (a) Gear high speed, (b) Gear Intermediate 1, (c) Gear Intermediate 2 (d) Gear Low Speed

e. Pengukuran *Clearence Bearing*

Pengukuran *clearance* penting dilakukan untuk mengetahui kondisi *bearing* agar bisa bekerja secara optimal. Hasil pengukuran *clearance bearing* yang dilakukan dibengkel mesin ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Tabel Hasil Pengukuran Clearance

No	**No *Bearing***	**Standar *Clearance* di katalog *bearing***	**Aktual *Clearance***
B1	FAG 24036 E1 CC/W33	0,12 - 0,18	0,11
B2	FAG 24036 E1 CC/W33	0,12 - 0,18	0,11
B3	SKF 24134 CC/W33	0,12 - 0,18	0,06
B4	SKF 24134 CC/W33	0,12 - 0,18	0,09
B5	SKF 24140 CC/W33	0,13 - 0,20	0,12
B6	SKF 24140 CC/W33	0,13 - 0,20	0,13
B7	SKF 23160 CC/W33	0,19 - 0,28	0,19
B8	SKF 23160 CC/W33	0,19 - 0,28	0,95

Pada Tabel 3 terlihat bahwa hasil pengukuran *clearance*, B8 (*bearing low speed*) sudah melewati standar yang diizinkan.

4.4. Analisis dan Pembahasan

Dari data hasil vibrasi, pelumasan, termal dan informasi secara visual dilakukan analisis agar dapat diketahui penyebab kegagalan *inner part Gearbox Raw Mill 4R1M02G1*.

4.5.1 Pengaruh Vibrasi terhadap Kegagalan Gearbox *Raw Mill 4R1M02G1*

Vibrasi (getaran) merupakan sebuah peringatan bahwa suatu mesin tidak bekerja dengan baik. Hasil pengukuran vibrasi sebelumnya menunjukkan kondisi vibrasi *bearing gearbox* dan motor listrik sudah memasuki level *warning* (berdasarkan ISO10816-3). Berdasarkan data yang diperoleh, vibrasi tertinggi berada pada *bearing high speed* aksial dan *bearing low speed* horizontal.

4.5.2 Pengaruh Pelumasan Terhadap Kegagalan Gearbox Raw Mill 4R1M02G1

Pelumasan merupakan hal penting yang memberikan lapisan pelindungan terhadap *bearing*. Berdasarkan data pelumasan yang didapat, terlihat bahwa *chemistry* (kandungan kimia) pada pelumas mencakup sifat-sifat kimia dan komposisi kimia dari pelumas tersebut. Kondisi *chemistry* pelumas dalam kondisi *prewarning* artinya masih dalam kategori aman. Keausan (*wear*) pada pelumas menunjukkan level *alarm* (*red color*) pada pengujian, berdasarkan data ini terdapat kandungan *ferrous* (logam) yang bisa disebabkan oleh serpihan logam ketika terjadi *pitting* pada *bearing*. Proses *wear* pada pelumas melibatkan gesekan antara permukaan logam, yang dapat menghasilkan partikel kecil atau goresan terhadap permukaan tersebut. *Wear* ini terjadi pada berbagai bagian mesin, seperti bantalan, roda gigi, dan permukaan gesekan lainnya, namun pada kasus *Gearbox Raw Mill 4R1M02G1* ini terjadinya pada *bearing*. Faktor-faktor seperti tekanan tinggi, kecepatan gerak, suhu tinggi, dan keberadaan partikel kontaminan dapat mempercepat proses *wear* pada pelumas. *Contamination* pada pengujian sampel pelumas *Gearbox Raw Mill 4R1M02G1* berdasarkan tren pengujian yang dilakukan berada pada level *warning*. *Contamination* ini bisa diakibatkan faktor ekternal dan internal yang juga akan berdampak pada peningkatan viskositas karena penambahan kandungan kontaminan lainnya. Pada *Gearbox Raw Mill 4R1M02G1* yang memiliki *air breather* merupakan salah satu langkah pencegahan terhadap semakin parahnya kontaminasi pada pelumas, dimana *air breather* ini membuat panas dari oli dapat keluar dari *gearbox* dan mencegah terbentuknya uap air. Kondisi lingkungan *gearbox* yang berdebu menjadi salah satu penyebab level warningnya kontaminasi pada pelumas.

4.5.3 Pengaruh Thermal Terhadap Kegagalan Inner part Gearbox Raw Mill 4R1M02G1

Berdasarkan data pengukuran *thermal, bearing high speed* berada pada *level prewarning* yang bisa diakibatkan oleh keausan yang terjadi di *bearing high speed* yang menyebabkan kenaikan dari temperatur.

4.5.4 Pengaruh Kondisi Inner Part Gearbox Raw Mill 4R1M02G1

Kondisi yang didapat saat *visual inspection* dianalisis untuk mengetahui penyebab kegagalan pada *Inner Part Gearbox Raw Mill 4R1M02G1*.

a. Kegagalan pada Bearing High speed

Pada *bearing high speed Gearbox Raw Mill 4R1M02G1* terdapat *damage* yang terjadi pada *bearing*. Ini terjadi pada *outer* dari *bearing high speed* yang terindikasi berputar yang bisa saja disebabkan oleh keausan yang terjadi antara *outer bearing* dan *rolling element* yang menyebabkan *outer bearing* ikut berputar karena gesekan yang sudah sangat kuat, atau bisa juga disebabkan oleh karena pelumasan yang sudah kurang berfungsi (sesuai data *wear* pelumasan yang sudah memasuki *alarm*) pada *bearing*. G*ear coupling* yang sudah aus menyebabkan terjadinya *misalignment* yang menyebabkan *bearing* mengalami kerusakan sehingga *bearing* sudah tidak dapat mengurangi gesekan, dan menyebabkan keausan yang berefek terhadap berputarnya *outer bearing high speed* tersebut. *Pitting* yang terjadi pada *rolling element* dan *Inner bearing* mengindikasikan perputaran dari *bearing*

 https://doi.org/10.25077/inomet.1.1.49-54.2024

tidak bagus. Ditinjau dari pelumasan yang sebelumnya telah dilakukan pengujian, didapatkan bahwa pelumas mengalami *contamination* namun yang tidak bersifat korosif, karena itulah penyebab dari *pitting* ini kecil kemungkinan dari sistem pelumasan. Faktor penyebab terbesarnya bisa disebabkan *missaligment* yang terjadi yang menyebabkan kerja dari *bearing* semakin berat dan menyebabkan kegagalan pada *inner* dan *rolling element* pada *bearing high speed*.

b. Kegagalan pada bearing low speed

Pada *bearing low speed Gearbox Raw Mill 4R1M02G1*, terjadi kondisi yang parah pada *outer bearing low speed* yang terindikasi berputar, pada *inner part bearing* yang mengalami *pitting* dan *defect* yang sangat parah. Kegagalan tersebut bisa saja diakibatkan oleh *misalignment* antara *gearbox* dan *gear* pinion, *misalignment* ini terjadi karena keausan yang terjadi pada *gear coupling* karena keausan yang terjadi pada *pinion gear* yang menyebabkan vibrasi yang tinggi. Akibatnya *gear coupling* tidak dapat mempertahankan kinerjanya untuk mengakomodasi *alignment* yang terjadi, yang berakibat semakin beratnya kerja *bearing low speed* untuk mempertahankan posisi *shaft* agar lurus (sejajar).

c. Kondisi Bearing Intermediate 1 dan 2

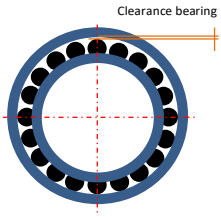
Kondisi *bearing* intermediate pada saat pengecekan dibengkel terlihat masih dalam kondisi yang bagus atau masih bekerja sesuai fungsinya. Namun terlihat beberapa kontaminasi yang tidak terlalu berefek terhadap kinerja *bearing intermediate* seperti terjadinya perubahan warna pada beberapa bagian *bearing*. Perubahan warna tersebut ini bisa terjadi karena kotoran atau debu yang masuk melalui seal *bearing*.

d. Kondisi Gear High Speed, Gear Low Speed, dan Gear Intermediate

Ketiga *gear* yang berada dalam *gearbox* ini masih dalam kondisi bagus dan berfungsi dengan baik.

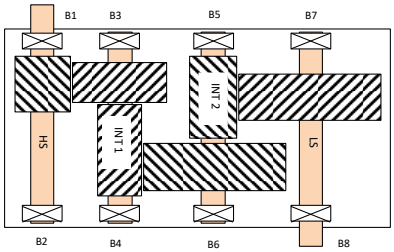
4.5.5 Hasil Pengukuran Clearance

Pengukuran *clearance* pada *bearing* merupakan salah satu cara untuk memastikan bahwa *bearing* beroperasi dengan baik dan efisien. *Clearance* pada bearing mengacu pada ruang atau celah yang ada antara bagian dalam (*inner race*) dan bagian luar (*outer race*) *bearing*, dimana bola (*roller)* berputar. Posisi *clearance* pada *bearing* ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Clearance Bearing

Pada data hasil pengujian *clearance* dari delapan *bearing gearbox*, kejanggalan (*out of clearance)* terindikasi pada *bearing* no 8 *lowspeed*. Nilai *clearance* yang melebihi standar maksimum pada *bearing low speed* no 8 ini bisa diakibatkan oleh vibrasi yang sangat besar dari *missalignment* yang terjadi pada *shaft* menuju *mill*. Gambar 11 menunjukkan *layout* dari *Gearbox Raw Mill 4R1M02G1*.



Gambar 11. Layout Gearbox 4R1M02G1

4.6 Solusi Penyelesaian Kegagalan Inner part Gearbox

4.6.1 Penggantian Bearing

Analisis yang telah dilakukan didapatkan beberapa solusi penyelesaian dari kegagalan *inner part gearbox* agar bisa kembali beroperasi seperti semula. Berdasarkan hasil analisis dari *damage* yang terjadi, maka solusi untuk *bearing*, dimana *clearance* yang melebihi standar pada *bearing low speed* dan juga terdapat *pitting* yang berpengaruh terhadap kinerja *bearing* adalah dengan cara penggantian *bearing* baik *bearing high speed* maupun *low speed*.

4.6.2 Pemberian Shim pada Bearing

Keausan atau goresan yang terjadi pada *housing bearing* dapat dilakukan pembersihan alur menggunakan amplas hingga halus. Setelah dilakukan pengamplasan seluruh permukaan *housing bearing* secara merata, selanjutnya dilakukan penambahan *shim* (plat tipis) yang bertujuan untuk mengompensasi keausan yang terjadi dan untuk penyelarasan (*alignment*) antara komponen mesin, terutama jika terdapat perbedaan tinggi (posisi) yang memerlukan penyesuaian. Gambar 12 menunjukkan pemberian *shim* pada *bearing* setelah dilakukan pengamplasan.



Gambar 12. Pemberian *Shim* pada Bearing

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari analisis kegagalan *Inner Part Gearbox Raw Mill 4R1M02G1* adalah:

a. Vibrasi tinggi pada *pinion gear* yang berdampak terhadap keausan gear kopling.
b. Terjadi *misalignment* akibat keausan *gear* kopling yang membuat kerja dari *gear kopling* untuk mengakomodasi beberapa derajat ketidaksejajaran hilang dan pergeseran *shaft* saat mesin beroperasi.
c. Beban kerja dari *bearing* menjadi meningkat untuk memposisikan *shaft* berada pada sumbu yang benar, akibatnya bearing menjadi aus, terbentuk *defect* dan *pitting*, hingga *outer bearing* berputar.
d. *Defect* dan *pitting* pada bearing menyebabkan wear/keausan pada pelumasan dengan kandungan *ferrous*/logam mencapai level *alarm.*

5.2 Saran

Adapun saran yang didapatkan dari kegiatan kerja praktek ini yaitu:

a. Penggantian gear kopling baru
b. Melakukan proses *alignment pinion gear* dengan *gearbox* oleh *surveyor* menggunakan teodolit, setelah *gearbox* diperbaiki.
c. Melakukan penggantian *bearing* baru dan mengamplas bagian *housing gearbox* untuk pembersihan alur, lalu penambahan shim pada *outer bearing*.
d. Penggantian pelumasan yang baru.

ACKNOWLEDGEMENT

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ketua Departemen Teknik Mesin dan Dekan Fakultas Teknik Universitas Andalas beserta jajarannya.

DAFTAR PUSTAKA

[1] P. Darussalam, “Laporan Lapangan: Dokumentasi Proses Produksi di PT Semen Padang.,” Padang, 2024.
[2] A. R. Agung Ramadhan and Eko Aprianto Nugroho, “Proses Pembuatan Housing Bearing Gearbox 3Z2M21 Dengan Material Fcd 400,” *J. Ilm. Tek.*, vol. 2, no. 1, pp. 20–28, 2023, doi: 10.56127/juit.v2i1.474.
[3] SKF, “SKF corrosion resistant ball bearings for the food and beverage industry,” 2023.
[4] H. Hadi, “Single Plane Unbalance Pada Vibration Analysis,” Jakarta Timur.
[5] J. Mais and S. Brady, *Introduction Guide To Vibration Monitoring*. San Diego: SKF Reliability Systems, 2002.
[6] A. Fernandez, “Vibration Analysis Learning.”
[7] F. A. Munir, “Evaluasi Kondisi Peralatan [Pengantar, Teori, ISO 10816-3].”
[8] PRÜFTECHNIK, “VibXpert II FTT Data Collector & Signal Analyzer,” Ismaning, 2017.
[9] B. Firdaus, “Instruksi Kerja PT. Nusantara Food,” 2024.