
ANALISA KEGAGALAN SWING DRIVE WHEEL EXAVATOR M 322 C

Andika Syofyan, D.N.Adnyana,
Program Studi Magister Teknik Mesin- Fakultas Teknik- Institut Sains Dan Teknologi Nasional
Email : andikasyofyan@gmail.com

Abstract

There has been a breakdown and failure of Swing Drive Wheel Exavator M 322 C is not yet known the exact cause, it is necessary to study scientific and laboratory testing for the event can be clearly known cause, by identifying, inventegasi include systems and procedures for the operation, maintenance, testing laboratory on style and material (macrostruktur, mikrostruktur), based on data analysis of the causes of damage and failure can be revealed.

Visually test shows that the defective object is pinion gear suffered damage types: surface damage (wear / wear and deformation). Furthermore, through testing fraktografi, metallographic, hardness, chemical composition and SEM, then we can determine the factors causing damage to the pinion gear, whether because of metallurgy (material and / or manufacturing), or because of assembly / installation, the factors of operation, or because maintenance factor. The results obtained from these tests can provide recommendations and suggestions were appropriate and safe in the use of materials as well as efforts to prevent damage to the more fatal the following steps - steps appropriate care to anticipate failure event at the Pinion Gear Swing Drive Wheel Exavator M 322 C in particular ,

Keywords: *Swing drive, pinion gear, surface damage, failure, maintenance*

I. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang.

Pabrik PT. X Cabang Pekanbaru mempunyai standar prosedur operasional dalam mencegah terjadinya kerusakan dan kegagalan komponen-komponen mesin berpedoman pada jam operasional. Kerusakan dan Kegagalan pada Swing Drive wheel exavator perlu dianalisa penyebab terjadinya dari segi perawatan yang terabaikan dengan didukung data material dan pengujian pada komponen Swing Drive tersebut. Dengan adanya studi analisis pada kejadian di atas yang dapat menjawab peristiwa kerusakan dan kegagalan sehingga tidak ada pihak tertentu yang dirugikan baik dari segi biaya perawatan penggantian suku cadang, waktu perbaikan dan nama baik merek dagang produk tertentu yang biasa digunakan. Analisa kerusakan dilakukan untuk mencari penyebab kerusakan tersebut agar dapat ditentukan langkah – langkah penanggulangan untuk mencegah terjadinya kerusakan yang sejenis.

1.2 Tujuan Penelitian

1. Untuk memperoleh informasi yang dapat dipertanggung jawabkan secara ilmiah khususnya penyebab kerusakan dan kegagalan pinion gear swing drive wheel exavator M 322 C.
2. Untuk mengetahui jenis – jenis kerusakan pada pinion gear swing drive wheel excavator berdasarkan sistem perawatan yang dilakukan.

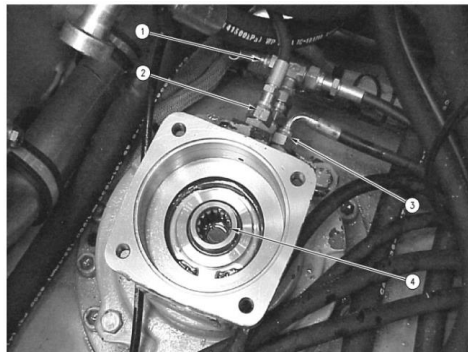
1.3 Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini mempunyai kontribusi dalam melakukan analisis tentang penyelidikan peristiwa kerusakan dan kegagalan bagi pabrik yang memproduksi dan memasarkan wheel exavator M 322 C serta pengguna dan pemakai peralatan wheel exavator M 322 C agar menjadi masukan dalam rangka melakukan perawatan dan perbaikan unit wheel exavator tersebut.
2. Memberikan rekomendasi dan saran yang tepat dan aman dalam penggunaan material serta upaya pencegahan kerusakan yang lebih fatal berikut langkah – langkah perawatan yang sesuai untuk mengantisipasi kejadian kegagalan yang serupa

II. Tinjauan pustaka

1. Exavator Swing Drive

Exavator terdiri dari sebuah casis dengan roda atau trek dan berputar diatas platform dengan lengan diartikulasikan untuk melakukan pekerjaannya. Pompa pasokan flow minyak ke sistem hidrolik yang menggerakkan fungsi hidrolik bekerja sama dengan motor transmisi. Swing drive digerakkan oleh motor hidrolik yang menciptakan gerakan berputar, pergerakan pada saat body dan hydraulic exavator berputar sampai 360°. Sistem gerakan ini adalah dengan menggerakkan lever yang membuka katup pada control valves yang berisi fluida hydraulic agar mengalir ke Swing Motor sehingga Hydraulic Exavator akan berputar dengan putaran tertentu⁽¹⁸⁾.



Gambar 2.1. Swing drive

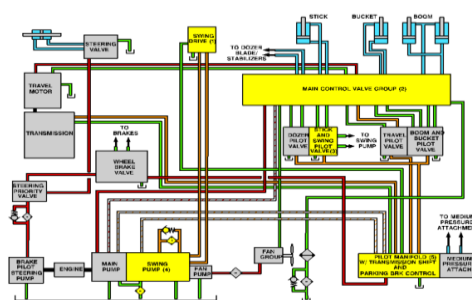
- (1) Line to tank
- (2) Flushing oil inlet
- (3) Line from swing brake solenoid (*brake release*)
- (4) Planetary gear set (*first stage*)

Ketika rem swing diaktifkan, rem swing solenoid valve terbuka untuk melepaskan tekanan hidrolik yang memegang piston rem jauh dari rem cakram di rem swing. Gaya pegas mengatasi tekanan hidrolik dan rem swing bergerak.

Poros output motor swing terhubung ke planetary gear set (4) dari swing drive. Planetary gear set (4) terhubung ke planet gear set. Planet gear set yang disambungkan ke gigi pinion. Setiap gear set planet mengurangi kecepatan untuk gigi pinion. Setiap gigi planet set juga meningkatkan torsi ke roda gigi pinion. Output torsi dari gigi pinion ditransmisikan ke ring gear dan bearing.

2. Sistem Hidrolik Exavator

Swing Motor/ Drive bekerja memanfaatkan oli hidrolik yang dikontrol oleh control valve yang memungkinkan swing drive dan motor bekerjasama memutar exavator.



Gambar 2.2. Swing hydraulic system

- 1. Swing drive
- 2. Main control valve
- 3. Stick and swing pilot valve
- 4. Swing pump
- 5. Pilot Manifold

Sistem swing terdiri dari pompa swing (4) yang merupakan pompa perpindahan variabel dengan pompa dan motor swing (1). Katup pilot (3) langsung mendorong minyak ke katup kontrol untuk pompa

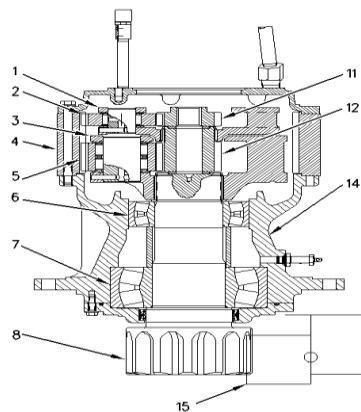
swing. Sistem swing proporsional membatasi solenoid valve yang dipasang pada valve berjenis (5) digunakan untuk membatasi tekanan pilot maksimum piston aktuator dalam pompa swing (4).

Tekanan maksimum ini bervariasi sesuai dengan mode daya yang dipilih. Setelah mode daya dipilih pengaturan pilot limiting proporsional solenoid valve tetap konstan⁽¹⁸⁾.

3. Cara Kerja Swing drive hidrolik exavator

Komponen Swing drive

1. First stage carrier
2. First stage planetary gear
3. Second stage carrier
4. Ring gear
5. Second stage planetary gear
6. Roller bearing
7. Roller bearing
8. Pinion shaft
11. First stage sun gear
12. Second stage sun gear
14. Housing
15. Bearing gear (swing gear)



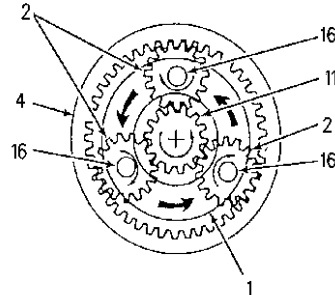
Gambar 2.3. Komponen swing drive

Swing drive depan dan swing drive belakang adalah identik dengan konstruksi dan operasi. Swing drive terdiri dari serangkaian roda gigi planet. Roda gigi planet mengurangi kecepatan rotasi motor swing. Motor swing melesat ke puncak swing drive, dan swing drive melesat ke struktur atas. Gigi swing drive berhubungan dengan poros pinion (8) berhubungan dengan gigi (15) pada bantalan swing. Poros pinion (8) berputar disekitar gigi bantalan. Gear bearing melekat ke struktur yang lebih rendah, hal ini menyebabkan mesin swing⁽¹⁸⁾.

Swing drive dibagi menjadi dua kelompok berikut :

1. Kelompok pertama terdiri dari dua tahap pengurangan gigi. Kelompok pengurangan tahap pertama terdiri dari komponen sebagai berikut : tahap pertama gigi matahari (11), gigi planet (2), ring gear (4) dan pembawa tahap pertama (1). Penurunan tahap kedua terdiri dari komponen sebagai berikut : tahap kedua gigi matahari (12), gigi planet (5), ring gear (4) dan pembawa tahap kedua (3).
2. Kelompok kedua mengurangi kecepatan output dari motor. Kelompok ini terdiri dari komponen – komponen berikut : bantalan rol (6), bantalan rol (7) dan poros pinion (8). Bantalan rol dipasang di housing (14), dan bantalan rol mendukung poros pinion (8).

Kecepatan swing dikurangi dengan rasio gigi pada roda gigi matahari dan pada gigi cincin dengan reduksi planet. Karena roda gigi matahari adalah bagian dalam ring gear, swing drive lebih kompak dari unit pengurangan dengan gigi eksternal.

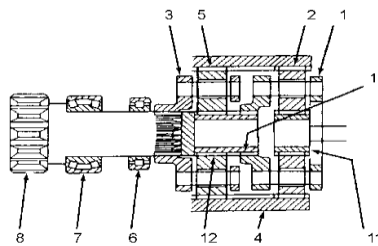


Gambar 2.4. Perakitan gigi planet

Operasi tahap pertama perakitan gigi planet

1. First stage carrier
2. First stage planetary gear
4. Ring gear
11. First stage sun gear
16. Shaft (first stage planetary gear)

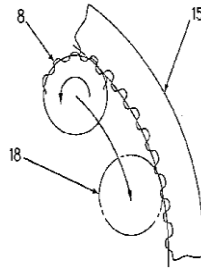
Keluaran motor swing poros splined untuk tahap pertama sun gear (11), roda gigi planet (2) pembawa tahap pertama (1) mesh dengan gigi matahari (11). Ketika pertama kali gigi matahari (11) berputar berlawanan, roda gigi planet (2) berputar searah jarum jam pada poros (16). Roda gigi planet (2) bergerak berlawanan disekitar ring gear (4). Cincin gigi (4) mengitari housing (14), pembawa tahap pertama (1) berputar berlawanan⁽¹⁸⁾.



Gambar 2.5. Swing drive

1. First stage carrier
2. First stage planetary gear
3. Second stage carrier
4. Ring gear
5. Second stage planetary gear
6. Roller bearing
7. Roller bearing
8. Pinion shaft
11. First stage sun gear
12. Second stage sun gear
17. Inner circumference

Splines dilingkar dalam (17) dari pembawa tahap pertama (1) berhubungan dengan splines pada kedua roda gigi matahari (12). Hal ini menyebabkan kedua roda gigi matahari (12) untuk memutar berlawanan ketika pembawa tahap pertama berputar. Roda gigi planet (5) berputar searah jarum jam pada poros dan dan kedua roda gigi planet (5) bergerak dalam arah berlawanan disekitar ring gear (4). Pembawa tahap kedua (3) ternyata berputar berlawanan. Splines dilingkar dalam pembawa tahap kedua (3) berhubungan dengan splines poros pinion (8). Ketika pembawa tahap kedua berputar searah jarum jam, poros pinion (8) berputar berlawanan.



Gambar 2.6. Rotasi poros pinion

- 8. Poros pinion
- 15. Gigi bantalan (swing bearing)
- 18. Posisi bergerak poros pinion

Poros pinion (8) berhubungan dengan bantalan gigi (15) pada keliling bagian dalam bantalan swing. Poros pinion (8) berputar berlawanan. Poros pinion (8) bergerak searah jarum jam disekitar bantalan gigi (15) dan berhubungan ke struktur yang lebih rendah⁽¹⁸⁾.

3. Analisis Kegagalan

Kegagalan suatu system tidak terlepas dari spesifikasi material, proses produksi serta penggunaannya, cepat atau lambat kerusakan komponen atau peralatan pasti akan terjadi, biasanya sebelum terjadi kerusakan didahului oleh beberapa tahapan seperti adanya gangguan kemudian mulai terasa kerusakannya. Jika kerusakan tersebut dibiarkan maka kerusakannya semakin besar dan dapat membahayakan yang pada akhirnya peralatan tersebut mengalami rusak total⁽¹⁵⁾. Secara umum kerusakan suatu komponen dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- Kerusakan system (*system failure*)
- Kerusakan komponen (*componen failure*).

Mekanisme kerusakan biasanya menjelaskan tentang aspek metalurgi, kimia dan *tribological proses* yang mengarah pada terjadinya bentuk kerusakan, penyebab utama kerusakan adalah gaya, waktu, temperatur dan lingkungan yang reaktif. Tahap – tahap yang mendahului kegagalan akhir adalah kegagalan dini, kerusakan dini semua ini akan membuat bagian atau komponennya menjadi tidak aman untuk pemakaian berikutnya. Seterusnya melakukan perbaikan kerusakan dan sekaligus untuk mengantisipasi terjadinya kegagalan serupa⁽¹⁵⁾.

a. Penyebab Kegagalan/ Kerusakan

Kegagalan atau kerusakan suatu komponen mesin dapat didefinisikan dengan terjadinya penyimpangan pada komponen mesin tersebut yang dapat mengakibatkan mesin tidak mampu mencapai unjuk kerjanya. Pada dasarnya penyebab dari kerusakan komponen tersebut dapat diklasifikasikan menjadi empat kelompok besar yaitu kesalahan rancangan, kesalahan material, kesalahan fabrikasi dan kesalahan operasional seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.8. berikut.



Gambar 2.7. Faktor-faktor penyebab kegagalan atau kerusakan

Penyebab kegagalan sering dimonitor dari perancangan, operasi dan pemeliharaan, pada bagian dalam operasi dan pemeliharaan secara tradisional ada penekanannya untuk analisa kegagalan dan pencegahan kegagalan⁽¹⁹⁾. Pengurangan kegagalan jangka panjang dapat dicapai dengan spesifikasi

b. Penanggulangan Kegagalan/Kerusakan

Adapun usaha usaha yang dapat dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan yang fatal pada komponen diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Menurunkan tegangan kerja melalui perbaikan desain meliputi :
 - o Bentuk, ukuran/dimensi, geometri
 - o Susunan/tata letak, perakitan dan lain-lain.
2. Meningkatkan ketahanan material / komponen melalui :
 - Pemilihan material yang sesuai
 - Perbaikan proses manufaktur, *heat treatment* dan pabrikan / Perakitan
 - Perbaikan *surface treatment* (lapisan pelindung permukaan).
3. Mengendalikan lingkungan seperti :
 - Temperatur kerja
 - Tekanan/ tegangan kerja
 - Kontaminasi/ pengotor
 - Konsentrasi lingkungan korosif
 - Kecepatan aliran fluida dan penggunaan *corrosion inhibitor*.

4. Kegagalan Karena Keausan Material

Keausan disebabkan oleh gesekan antara permukaan dari komponen - komponen mesin yang bergerak relatif satu terhadap yang lain yang dapat menimbulkan cacat permukaan berupa retak atau patah akibat *overload* atau akibat kelelahan (*fatigue*) atau dapat pula menimbulkan korosi tegangan. Keausan pada komponen dapat berupa : Keausan adesif (*adhesive wear*), Keausan Abrasif (*Abrasive wear*), Keausan erosi (*Erosive wear*), Keausan lelah (*fatigue wear*), Keausan *fretting* (*fretting wear*) atau keausan Kimia/ Keausan Korosi (*chemical/ corrosion wear*)⁽¹⁵⁾. Semua bentuk/ jenis keausan tersebut dapat dipengaruhi oleh variabel Metalurgi (*hardness, toughness, fasa, struktur mikro dan komposisi kimia*), variabel operasi (material yang bergesekan, tekanan/beban, kecepatan, temperatur, kualitas permukaan/ *surface finish*), dan faktor lain (pelumasan, korosi)⁽¹⁴⁾.

a. Pengujian Sifat Mekanik.

Sifat sifat mekanik dari suatu bahan yang dipergunakan dalam rekayasa ditentukan melalui pengujian yang dilakukan pada laboratorium pengujian bahan seperti pengujian pengujian berikut :

b. Uji Kekerasan

Kekerasan adalah daya tahan dari suatu material terhadap penetrasi dari benda lain yang lebih keras (penetrator), pengujian kekerasan ini dapat dilakukan dengan beberapa metoda diantaranya metoda *Brinell, Vickers dan Rockwell*. Pada metoda *Brinell* untuk menentukan harga kekerasannya dilakukan dengan cara dihitung memakai rumus berikut :

$$HB = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (1)$$

dimana

HB = Nilai kekerasan *Brinell*

F = beban pengujian

D = diameter *indenter* (bola baja)
d = diameter rata – rata indentasi

Pada metoda *Vickers* cara menentukan harga kekerasannya juga dilakukan dengan cara menghitung memakai rumus berikut :

$$HV = 1,854 \frac{F}{d^2} \quad (2)$$

dimana

HV = Nilai kekerasan *Vickers*

F = beban pengujian

d = diameter rata rata diagonal indentasi

Sedangkan untuk metoda *Rockwell* harga kekerasannya lansung terbaca dari hasil pengujian. Dalam hal ini pengujian dilakukan dengan menggunakan Metode *Vickers*.

c. Metallografi

Metallografi merupakan ilmu yang mempelajari keadaan susunan struktur mikro dan sifat sifat logam serta paduannya menggunakan peralatan mikroskop. Penyusunan struktur mikro suatu logam atau paduan terbentuk selama proses solidifikasi dari keadaan cair atau selama proses solidifikasi dalam keadaan padat. Keadaan struktur mikro maupun adanya cacat atau penyimpangan pada struktur mempunyai pengaruh terhadap sifat mekanis seperti kekerasan, keuletan maupun sifat lainnya⁽¹⁶⁾.

d. Analisa Makroskopi

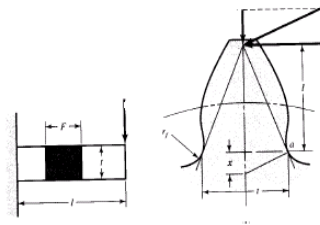
Analisa makroskopi dapat dilakukan secara visual atau dengan menggunakan mikroskop pada pembesaran maksimum 500 : 1 (500x) yang tujuan analisa ini untuk mengetahui adanya segregasi dari unsur unsur Posfor (P), Sulfur (S) dan lainnya, adanya *inklusi*, rongga udara , rongga penyusutan dan sebagainya⁽¹⁶⁾.

e. Analisis Tegangan dan Teori Kegagalan

Teori kegagalan klasik dalam hal ini membahas hubungan antara beban kerja dan kemampuan bahan serta batasannya dan membagi tinjauan/ analisa kegagalan atas dua bagian berdasarkan kepada karakteristik bahan yaitu : Bahan ulet (*ductile*) dan Bahan getas (*brittle*)⁽²⁵⁾.

f. Gaya pada Roda Gigi

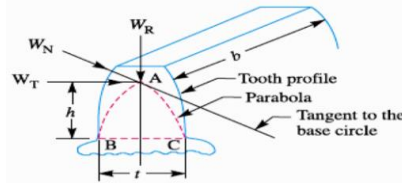
Dengan menganggap friksi diabaikan maka gaya pada sebuah roda gigi dari satu gigi terhadap gigi yang lain adalah selalu normal terhadap permukaan gigi dan beraksi sepanjang garis sudut tekan. Ada beberapa pendekatan untuk menentukan tegangan dan lenturan pada roda gigi, yang paling umum digunakan adalah bentuk persamaan yang dimodifikasi oleh Lewis⁽¹³⁾, sebagaimana ditampilkan pada gambar 2.11.



Gambar 2.8. Pembebanan pada gigi roda gigi

g. Kekuatan batang gigi gear

Kekuatan batang gigi gear ditentukan dari persamaan Lewis dan kemampuan gigi gear membawa beban ditentukan oleh persamaan ini yang dapat memberikan hasil yang memuaskan. Ketika gigi mulai kontak, beban diasumsikan berada pada ujung dari gigi penggerak dan ujung gigi yang digerakkan⁽²⁵⁾.



Gambar 2.9. Gigi dari sebuah gear

h. Tegangan kerja yang diijinkan untuk gigi gear

Tegangan kerja yangizinkan (σ_w) dalam persamaan Lewis tergantung pada material, tegangan statis yang diizinkan (σ_o) dapat ditentukan adalah tegangan pada batas elastis material yang dinamakan tegangan dasar (basic stress).

i. Beban statis gigi

Beban statis gigi (*static tooth load*) dinamakan juga kekuatan batang atau kekuatan ketahanan (*endurance strength*) diperoleh melalui rumus Lewis dengan cara mensubstitusikan batas ketahanan bending (*flexural endurance limit*) atau tegangan batas elastis (*elastic limit stress*) σ_e dari pada tegangan kerja yang diijinkan (σ_w).

DAFTAR PUSTAKA

1. Heru Danarbroto, *Analisa Patah Lelah pada Roda Gigi*, Fakultas Teknik Universitas Pandanaran.13
2. Imam Syafa'at, *Permodelan keausan Steady State*, Universitas Diponegoro Semarang, 2010.14
3. Ir. Teguh Raharjo, MT., *Diktat Analisa Kegagalan Material*, Institut Teknologi Nasional Malang, 2010.15
4. Ilham Hatta, *Aplikasi Mikro Analisis dan Fraktografi untuk menentukan Kualitas Produk dan Penyebab Kerusakan Suatu Komponen*, Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan, Serpong, 2012. 16
5. Karl Pettersson, *Secondary Controlled Swing Drive, Fluid and Mechanical Engineering Systems*, Linkoping University Institute of Technology.18
6. T. Hafli, *Perilaku Kegagalan Roda Gigi Lurus Akibat Beban Fatik dan Impak*, USU, 2006. 25