

## ANALISA KEGAGALAN KOMPONEN DRIVE PINION GEAR PADA SWING MOTOR EXCAVATOR CATERPILLAR 349D

Andi Fatkurocman<sup>1)</sup>, Ach. Kusairi Samlawi<sup>2)</sup>

Program Studi Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat

JL. Ahmad Yani Km.36 Banjarbaru, Kalimantan Selatan,70714

Email: andifatkurocman@yahoo.co.id

### Abstract

This research is purpose to knowing the reason of the fracture that happen in drive pinion gear of the swing motor unit Excavator Caterpillar 349 d. In this research is doing by several stage it is visual observation and macro observation, testing of metal structure composition, and load and latch modeling using Autodesk Inventor 2014 before getting the final result. The results obtained from this study are that there is a lack of precision between drive pinion gear and planetary gear due to planetary pins that cannot function as planetary gear holders so that planetary rotations are prone to hilarious triggering collisions resulting in defects. In the process of stress analysis using the student version of autodesk inventor 2014 software, the results of the analysis of the value of von misses is 9.798 Mpa are much smaller than the limit of material elasticity of 790 MPa so that the loading factor does not cause a fault.

**Keywords:** Defect, Drive Pinion Gear, Fracture

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui alasan fraktur yang terjadi pada drive pinion gear unit motor swing Excavator Caterpillar 349 d. Dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahapan yaitu pengamatan visual dan pengamatan makro, pengujian komposisi struktur logam, dan pemodelan load and latch menggunakan Autodesk Inventor 2014 sebelum mendapatkan hasil akhir. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah bahwa ada kurangnya presisi antara pinion drive dan planetary gear karena pin planet yang tidak dapat berfungsi sebagai pemegang planetary gear sehingga rotasi planet rentan terhadap tabrakan sebagai pemicu yang mengakibatkan cacat. Pada proses analisis tegangan menggunakan software autodesk inventor 2014 versi mahasiswa, hasil analisis nilai von misses adalah 9,798 Mpa jauh lebih kecil dari batas elastisitas material 790 MPa sehingga faktor pembebanan tidak menyebabkan sebuah kesalahan.

**Kata kunci:** Cacat, Drive Pinion Gear, Fraktur

### PENDAHULUAN

Excavator adalah suatu unit alat berat yang berfungsi untuk menggali, mengangkat dan mengeruk material seperti tanah, bebatuan dan hasil tambang lainnya yang akan dipindahkan dan diproses ditempat yang lain.

Excavator sendiri tersusun oleh tiga struktur bagian yaitu : *upperstructure*, *work equipment* dan *lowerstructure*. Dimana *upperstructure* adalah struktur bagian atas yang terdiri dari komponen mesin, kabin kendali dan *swing device*.

Selanjutnya *work equipment* terdiri dari komponen *arm, boom, hydraulic cylinder* dan *bucket*. Terakhir yaitu *lowerstructure* yang terdiri dari komponen *track, idler, roller* dan *final drive* yang tersusun dalam sistem *undercarriage*.

Penelitian ini dilakukan karena adanya penemuan komponen *drive pinion gear* yang mengalami kegagalan berupa hancurnya gigi pada bagian terluarnya. *Drive pinion gear* sendiri merupakan sub komponen penyusun *swing motor* pada *swing device* excavator yang berfungsi meneruskan gaya yang diterima dari *drive shaft* untuk disalurkan menuju *inner gear* melalui *planetary gear*.



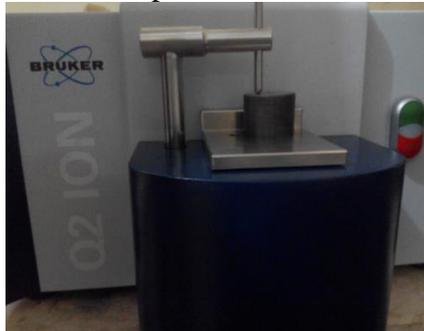
Gambar 1. Kegagalan Pada Drive Pinion Gear

#### **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilaksanakan di Workshop Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat sejak bulan januari hingga bulan mei 2018, pengujian komposisi material dilakukan di PT Mohusindo.

#### **Alat Penelitian**

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini :



Gambar 2. Spektrometer Model Bruker Q2 ION



Gambar 3. Hardness Tester model HLN-11A



Gambar 4. Mikroskop Digital

### Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah berupa komponen *drive pinion gear swing* pada unit Excavator *Caterpillar 349 D*, Adapun spesifikasi unit Excavator *Caterpillar 349D*.

Swing Mechanism		
Swing Speed	8.7 rpm	
Swing Torque	149 kN·m	109,896 lbf-ft
Drive		
Gradeability	30°/70%	
Maximum Travel Speed	4.5 km/h	2.7 mph
Maximum Drawbar Pull	338 kN	75,985 lbf
Hydraulic System		
Main System – Maximum Flow (Total)	734 L/min	193 gal/min
Maximum Pressure – Equipment	35 000 kPa	5,076 psi
Maximum Pressure – Travel	35 000 kPa	5,076 psi
Maximum Pressure – Swing	31 400 kPa	4,554 psi
Pilot System – Maximum Flow	43 L/min	11.3 gal/min
Pilot System – Maximum Flow	43 L/min	2,623 in <sup>3</sup> /min
Pilot System – Maximum Pressure	4110 kPa	596 psi
Boom Cylinder – Bore	160 mm	6.0 in
Boom Cylinder – Stroke	1575 mm	62.0 in
Stick Cylinder – Bore	190 mm	7.0 in
Stick Cylinder – Stroke	1778 mm	70.0 in
TB Bucket Cylinder – Bore	160 mm	6.0 in
TB Bucket Cylinder – Stroke	1356 mm	53.0 in
UB Bucket Cylinder – Bore	170 mm	6.0 in
UB Bucket Cylinder – Stroke	1396 mm	55.0 in
Engine		
Engine Model	Cat C13 ACERT	
Engine Power (ISO 14396)	301 kW	403 hp
Net Power (SAE J1349/ISO 9249)	289 kW	387 hp
Bore	130 mm	5.11 in
Stroke	157 mm	6.18 in
Displacement	12.5 L	762 in <sup>3</sup>

- The Cat C13 meets exhaust emissions equivalent to U.S. EPA Tier 2, EU Stage II, and China Tier 2 emission regulations.
- Net power advertised is the power available at the flywheel when the engine is equipped with fan, air cleaner, muffler, and alternator.
- The field-proven C13 engine can work efficiently at altitudes up to 2300 m (7,500 ft).

Weights		
Operating Weight		
Standard Undercarriage*	45 382 kg	100,100 lb
Long Undercarriage**	47 919 kg	105,600 lb

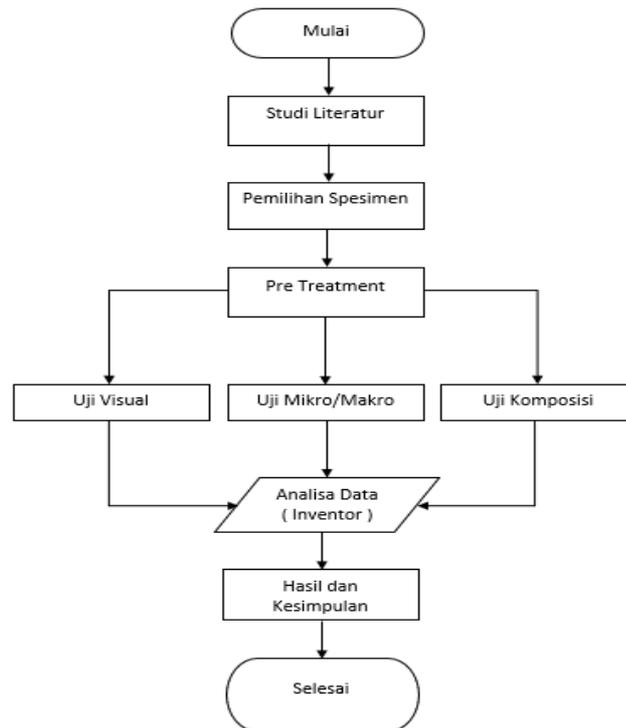
\*Standard Undercarriage: Counterweight – 9.0 mt (9.9 t), Reach Boom – 6.9 m (22'8"), Stick – R3.9 m (12'10"), Track Shoe – Standard 750 mm (30 in) Triple Grouser, Bucket – TB2.2 m<sup>3</sup> (2.88 yd<sup>3</sup>)

\*\*Long Undercarriage: Counterweight – 9.0 mt (9.9 t), Mass Boom – 6.55 m (21'6"), Stick – M3.0 m (9'10"), Track Shoe – Long Fixed Gauge, 900 mm (35 in) Triple Grouser, Bucket – UB2.4 m<sup>3</sup> (3.16 yd<sup>3</sup>)

Gambar 5. Spesifikasi Unit

### Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian analisa kegagalan komponen drive pinion gear pada swing motor unit excavator caterpillar 349D dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang didapat setelah melakukan penelitian dan pengujian adalah berupa : pengamatan secara visual, pengamatan secara makro, pengujian komposisi material disertai uji kekerasan bahan serta simulasi *stress analysys* menggunakan *software autodesk inventor Student Version 2014*.

### Pengamatan Secara Visual

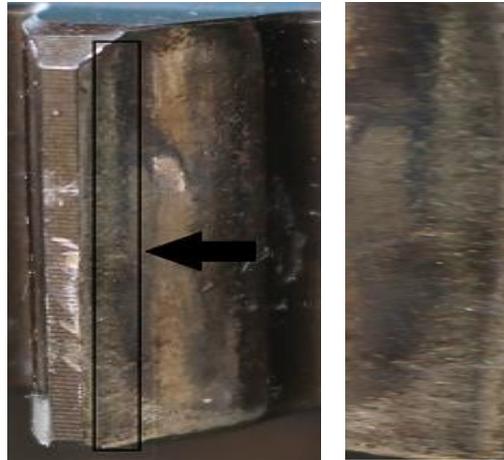
Pada pengamatan secara visual akan diperlihatkan kondisi spesimen hasil pemotretan menggunakan kamera digital dan hasilnya dijumpai beberapa defect diantaranya:

Korosi yang dapat menyebabkan terjadinya pitting dan kerusakan pada permukaan roda gigi, kerusakan diawali dari perubahan warna pada permukaan dan munculnya lubang lubang yang sangat kecil, bisa dilihat pada Gambar 7.



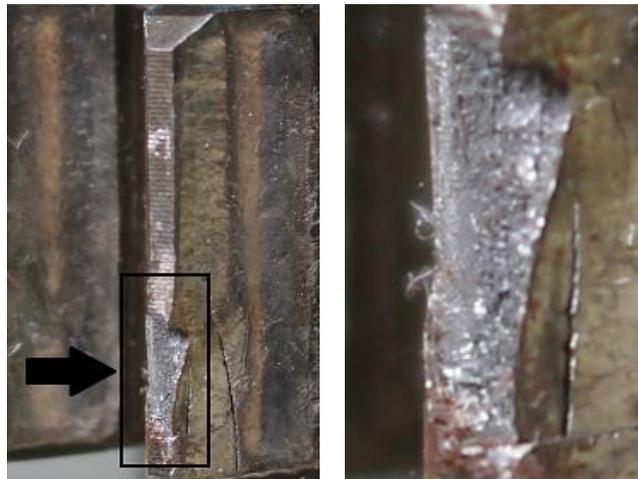
Gambar 7. Korosi

*Scoring* yang berkembang di bagian atas dari pitch line atau lebih tepatnya di area addendum, bermula dari lubang lubang berukuran kecil yang kemudian berubah menjadi besar akibat kontak gear secara langsung bisa dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. *Scoring*

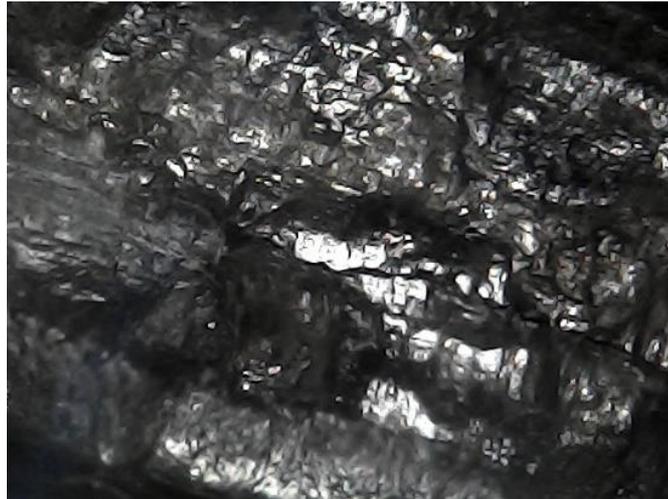
*Moderate pitting* yang terjadi pada roda gigi mengakibatkan puing logam yang terlepas menjadi material kontaminan. jika roda gigi tersebut terus digunakan maka akan mengakibatkan pecahan yang lebih besar pada permukaan bisa dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. *Moderate pitting*

### **Pengamatan Secara Makro**

Dari hasil yang didapat tidak dijumpai patahan ductile dan brittle pada daerah *defect*, selanjutnya juga tidak dijumpai titik awal / inisiasi retak dan juga arah rambat retak sehingga besar kemungkinan bahwa patahan terjadi bukan diakibatkan beban *fatigue* bisa dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Hasil Foto Makro Area *Defect*

### Pengujian Komposisi Material

Pengujian komposisi material bertujuan untuk mengetahui kandungan unsur kimia yang ada didalam material, persentase kadar unsur kimia dan juga jenis material yang cocok sesuai data yang didapat.

Data yang diperoleh dari hasil pengujian komposisi material adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Pengujian Komposisi Material Komponen *Drive Pinion Gear*

Unsur	Persentase (%)		
	Sample 1	Sample 2	Rata – Rata
C	0,184	0,208	0,196
Si	0,176	0,176	0,176
Mn	0,805	0,798	0,802
P	< 0,100	<0,100	<0,100
Cr	1,081	1,091	1,086
Mo	0,205	0,220	0,212
Ni	0,112	0,111	0,112
Cu	0,121	0,122	0,122
Al	0,032	0,035	0,034
Mg	< 0,0050	< 0,0050	<0,0050
Co	0,011	0,012	0,012
Nb	< 0,0050	< 0,0050	<0,0050
Ti	< 0,0030	< 0,0030	<0,0030
V	< 0,010	< 0,010	<0,010
W	< 0,100	< 0,100	<0,100
Fe	97,05	97,01	97,03

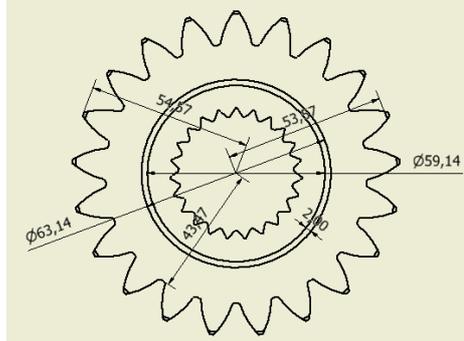
Dari Tabel 1 didapat hasil berupa nilai karbon sebesar 0,196% jika dibandingkan dengan spesifikasi jenis baja carbon maka termasuk kedalam kategori baja carbon rendah dengan nilai kandungan carbon sebesar 0,05% - 0,30%. Jenis baja carbon rendah memiliki sifat mudah ditempa dan mudah

dimesin dan sering digunakan sebagai pembuatan *gears, shafts, bolts, forgings, bridges, buildings*.

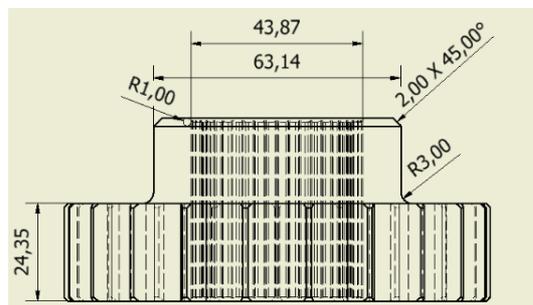
Sedangkan jika dilihat dari nilai unsur paduannya baja carbon ini termasuk kedalam kategori *low alloy steel* dengan nilai paduannya sebesar  $< 2,5\%$ . Penambahan unsur paduan bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik baja diantaranya (kekerasan, keuletan, kekuatan tarik, kemampuan menahan karat dan lain sebagainya).

### Permodelan Spesimen Secara 3 Dimensi

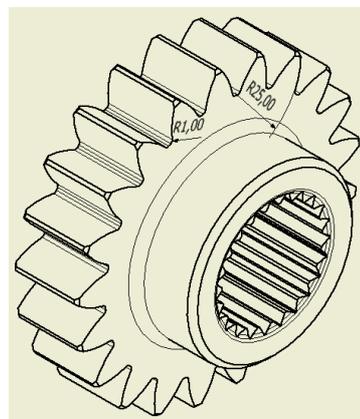
Permodelan spesimen secara tiga dimensi bertujuan untuk mengetahui pengaruh geometri spesimen terhadap pembebanan. Permodelan dilakukan menggunakan *software autodesk inventor student version 2014*.



Gambar 11. Desain Spesimen 2D Pandangan Atas



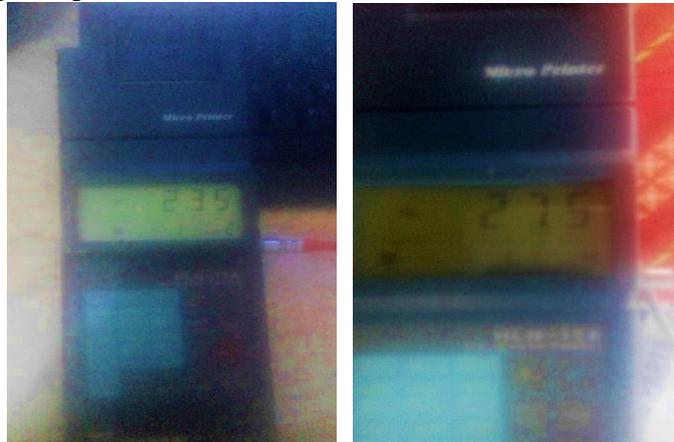
Gambar 12. Desain Spesimen 2D Pandangan Bawah



Gambar 13. Desain Spesimen 2D Pandangan Isometris

### Pengujian Kekerasan Bahan

Pengujian kekerasan bahan dilakukan menggunakan alat hardness tester HLN11-A dengan metode yang dipakai yaitu metode *brinell* dengan hasil kekerasan yang didapat.



Gambar 14. Hasil Pengujian Kekerasan

Dari hasil uji kekerasan yang telah dilakukan pada dua titik maka didapatkan nilai kekerasan bahan sebesar 235 BHN dan 275 BHN.

### Mechanical Properties Bahan

Dari hasil yang didapat dari pengujian kekerasan bahan yaitu dengan nilai kekerasan yang besarnya 235 dan 275 BHN. Kemudian dari nilai tersebut dimasukkan kedalam persamaan nilai kekerasan ke uji tarik :

$$\sigma_{ultimate} = 500 \times \text{nilai kekerasan Brinell} \quad (\text{D.Callister, William, Jr,1985})$$

Diambil nilai kekerasan :

$$235 \text{ BHN, maka } \sigma_{ultimate} = 500 \times 235 = 117.500 \text{ psi} = 810.162.500 \text{ Pa} = 810 \text{ Mpa}$$

$$275 \text{ BHN, maka } \sigma_{ultimate} = 500 \times 275 = 137.500 \text{ psi} = 948.062.500 \text{ Pa} = 948 \text{ Mpa}$$

Dari nilai  $\sigma_{ultimate}$  antara 117.500 sampai 137.500 psi diambil material jenis *stainless steel* yang nilainya mendekati. Dipilih material AISI 410 Cb dengan nilai tegangan sebagai berikut:

$$\sigma_{ultimate} = 139.231 \text{ Psi} \times 6895$$

$$= 960.000.000 \text{ Pa}$$

$$= 960 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{yield} = 114.575 \text{ Psi} \times 6895$$

$$= 790.000.000 \text{ Pa}$$

$$= 790 \text{ MPa}$$

Tabel 2 menunjukkan *mechanical properties* dari baja *Stainless Steel* - AISI 410.

Tabel 2. *mechanical properties* baja *Stainless Steel* - AISI 410 Cb

Name	AISI 410 Cb	
General	Mass Density	7,7 g/cm <sup>3</sup>
	Yield Strength	790 Mpa
	Ultimate Tensile	960Mpa

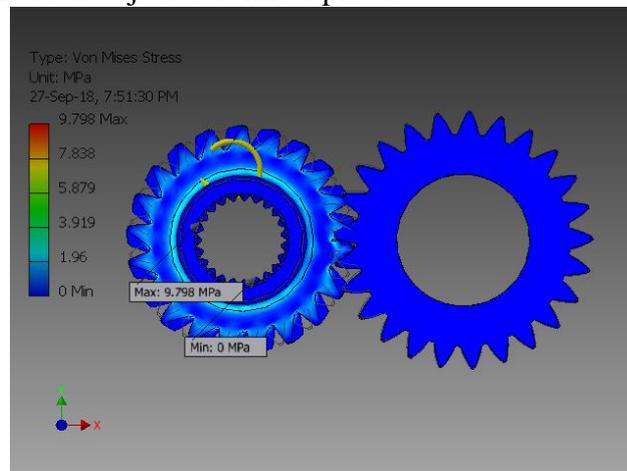
	<i>Strength</i>	
<i>Stress</i>	<i>Young's Modulus</i>	190 Gpa
	<i>Poisson's Ratio</i>	0,28 ul
	<i>Shear Modulus</i>	76 Gpa

**Hasil Stress Analysis**

Berikut adalah hasil *stress analysys* pada sistem *swing motor / planetary gear set* :

**Von Misses Stress**

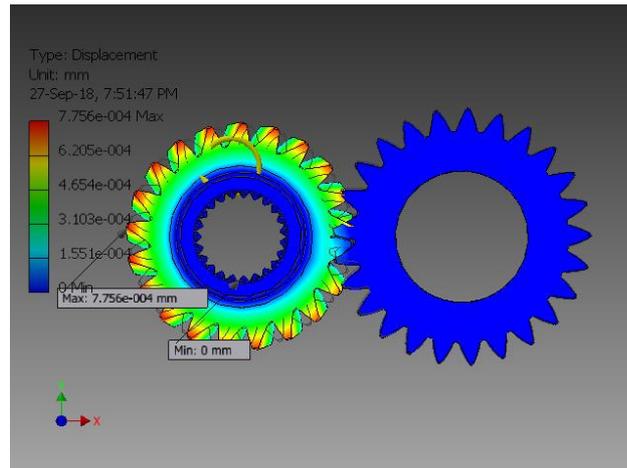
Anak panah pada Gambar 15 menunjukkan daerah yang mengalami tegangan *von misses strees* dengan nilai tegangan maksimum sebesar 9,798 MPa jika dibandingkan dengan nilai maksimal tegangan luluh material yang nilainya 790 MPa maka tegangan yang terjadi masih lebih kecil terhadap kemampuan material ( 9,798 MPa < 790 MPa ). Berdasarkan data diatas dapat diketahui bahwa pada saat pembebanan tidak terjadi deformasi plastis.



Gambar 15. Hasil *Von Misses Stress*

**Displacement**

Anak panah pada Gambar 16 menunjukkan daerah yang mengalami *displacement* terbesar dengan nilai 7,75 mm. dari hasil simulasi dapat diketahui bahwa nilai *displacement* akan semakin kecil jika kontak antara roda gigi satu dengan roda gigi yang lain sangat presisi, sebaliknya nilai *displacement* akan menjadi besar jika kontak antara roda gigi satu dengan roda gigi yang lain tidak presisi. Dilihat dari hasil simulasi maka Gambar yang mengalami *displacement* kebanyakan terjadi pada bagian ujung roda gigi dan hal ini sesuai dengan *defect* atau cacat yang didapati pada spesimen yang langsung diambil dari lapangan.

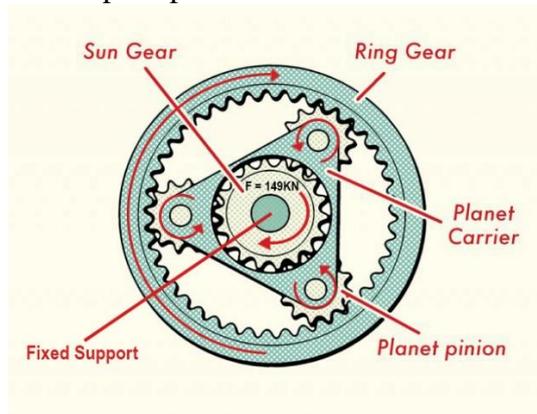


Gambar 16. Hasil *Displacement*

### Penyebab Terjadinya *Displacement*

*Displacement* menjadi penyebab terjadinya patahan pada komponen *drive pinion gear* pada *swing motor* unit excavator *caterpillar 349D*. Setelah melakukan konservasi lapangan di main dealer PT Trakindo Utama didapat hasil analisa sebagai berikut :

Sebelumnya akan diterangkan terlebih dahulu bagaimana posisi komponen pada sistem swing motor seperti pada Gambar 17.



Gambar 17. Bagian – Bagian *Planetary Gear Set*

Dari Gambar 17 diketahui beberapa komponen utama penyusun swing motor diantaranya ada *drive pinion gear / sun gear*, *planetary gear*, *ring gear*, *gear housing / planet carier*. Dengan siklus kerja berupa *drive pinion gear* yang berputar akibat terhubung dengan poros penggerak yang kemudian akan memutar *planetary gear* untuk mengitari *ring gear*.

Pada Gambar 17 juga disebutkan posisi *fixed support / tumpuan* yang terletak pada roda gigi bagian pusat dari *drive pinion gear* karena terhubung langsung dengan poros penggerak. Sedangkan nilai moment sebesar 149 KN didapat dari handbook excavator *caterpillar 349D* yang kemudian dijadikan moment input pada simulasi stress analysys.

Dari hasil *displacement* pada simulasi stress analysys (Gambar 16) didapat posisi defect terjadi pada ujung roda gigi bagian terluarnya hal yang sesuai dengan komponen yang didapat langsung dari main dealer PT. Trakindo Utama.

Displacement terjadi akibat beberapa komponen sistem swing motor yang memang telah mengalami kerusakan yang berdampak hingga terjadi kerusakan pada komponen yang lain hal ini akan dibuktikan dengan Gambar 18.



Gambar 18. *Defect Pada Pin Planetary*

Defect terjadi pada komponen pin planetary akibat panas yang didapat tidak dapat disirkulasikan dengan baik. Akibat dari panas tersebut yaitu terjadi pengikisan pada diameter pin planetary.

Dari akibat pengikisan itulah *pin* tidak bisa menjalankan fungsinya sebagai dudukan *planetary gear* sehingga putaran *planetary* tidak lembut. Jika planetary mengalami kocak maka kontak antara roda gigi dengan roda gigi yang lain cenderung tidak presisi lagi sehingga dapat menimbulkan benturan yang dapat mengakibatkan patahan. Hal itu dibuktikan pada Gambar 19.



Gambar 19. *Defect Pada Planetary Gear*

Dampak dari planetary yang mengalami kocak juga terjadi *defect* pada *ring gear*. Hal itu dapat dilihat dari Gambar 20.



Gambar 20. *Defect Pada Ring Gear*

Gambar 21 diketahui bahwa *gear housing* mengalami gesekan dan terjadi pengikisan yang cukup banyak dan juga pada diameter *bore* nya terlihat bahwa bentuk dan ukurannya sudah tidak sesuai dengan ukuran diameter *pin*.



Gambar 21. *Defect Pada Gear Housing*

## **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan maka penulis dapat menyimpulkan bahwa *defect* yang terjadi pada komponen *drive pinion gear* adalah berupa korosi yang menyebabkan timbulnya lubang sangat kecil pada permukaan roda gigi, kemudian lubang kecil tersebut berkembang menjadi *scooring* akibat persinggungan dengan komponen *planetary gear* yang kemudian membentuk *moderate pitting*. Roda gigi yang mengalami *moderate pitting* jika digunakan secara terus menerus akan mengakibatkan kerusakan yang lebih besar dan *defect* juga terjadi akibat tidak presisi antara *drive pinion gear* dan *planetary gear* akibat *pin planetary* yang tidak dapat menjalankan fungsinya dengan maksimal. Hal ini dibuktikan setelah dijumpai banyaknya *defect* dibagian *planetary gear, pin, gear housing, diameter bore* dan *ring gear*.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Callister, Jr. William, D. 2007. *Materials Science And Engineering An Introduction*. Department Of Metallurgical Engineering University Of Utah. United States Of America.
- Isworo, Hajar. 2012. “*Analisa Kegagalan Pada Komponen Gripper Botol Minuman Kapasitas 600 Botol Per Menit*”. Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Program Magister Teknik Mesin. Malang.
- Caterpillar Corp. 2015. Handbook Hydraulic Excavator 349 D. United States Of America.
- PT. Trakindo Utama. Applied Failure Analysys – Power Train & Hydrolic Component. Cileungsi Training Center.