

ANALISA KEGAGALAN RODA GIGI LURUS (*SPUR GEAR*) PADA MESIN KEMPA (*SCREW PRESS*) DAN PENCEGAHANNYA

Aris Fiatno^{1&} Aprizal²

^{1&2} Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Pasir Pengaraian
Jalan Tuanku Tambusai Simp. Kumu Rambah Hilir Pasir Pengaraian
Email. ijalupp@gmail.com

ABSTRACT

One unit of screw press machine at mills (PKS) PTPN V Sungai Galuh, Kampar, Riau damaged spur gear during operation of 250 hours of work. After the replacement of parts (reactive maintenance) a pair of spur gear drive worm screw press. Damage occurs in gear uneven portion on the surface of the tooth.

In this study used several hypotheses, examination and testing of samples of the test object, among others: (1) Observation and study of literature, (2) visual examination, (3) Mode of gear failure diagram, (4) Preparation of fish bone diagram (5) Testing violence, (6) Test of chemical composition, (7) Test metallography, (8) fraktografi test. The observation of the fracture surface spur gear (tooth fracture) identify the occurrence of damage overload (overload breakage) shown by the fracture surface in the form of a smooth, flat-lined, looks blurry and deformed (deformation) at fault spur gear while chevron mark on the fracture surface is not clearly visible, which looks just like the line - fault lines are layered irregular. At the micro structure pembentukan adanya spur gear is not visible signs of damage caused by the increase in operating temperature or the formation of destructive patterns in the structure.

Damage in the form of overload breakage caused because the mechanical properties test results spur gear with an average hardness BHN 102.73 with a tensile strength of 35.93 kg / mm² literature under the mechanical strength of the manufacturing material for machining gears with hardness 123-183 BHN for tensile strength 45 kg / mm². While damage to the slant-shaped portion of the head caused by a pair of axles tooth spur gear drive worm screw press is no longer in the position of the centerline. This damage begins with the destruction of the bearing axle spur gear drive worm screw press.

Keywords: *Spur Gear, Overload Breakage, Brinell Test, Fractografi, Metallografi*

Latar belakang

Kerusakan roda gigi dapat disebabkan oleh berbagai faktor termasuk pelumasan yang tidak memadai, kondisi operasi, material dan proses manufaktur yang tidak sesuai dengan spesifikasi. Pelumasan efektif sangat penting pada sistem gigi karena dapat mencegah kontak langsung diantara permukaan gigi, mengurangi gesekan, menghilangkan panas yang dihasilkan oleh permukaan gigi yang saling bersinggungan dan melindungi gigi dari korosi. Secara umum setiap bentuk kegagalan meninggalkan petunjuk berupa model kegagalan yang khas pada rodagigi

Spur gear pada *screw press* berfungsi menggerakkan ulir cacing (*worm screw press*). *Spur gear* tersebut perlu mendapatkan perhatian serius karena merupakan komponen yang berputar (*rotating equipment*) tidak hanya menerima beban statis, tapi juga menerima beban dinamis. Kerusakan pada *spur gear* menjadi tanggung jawab perancang (*designer*) dalam memilih material dan juga proses pembuatan (*manufacturing*) yang tepat disesuaikan dengan keadaan pembebanan yang bisa menyebabkan kegagalan. Bagi para pengguna (*user*) kegagalan bisa disebabkan karena tidak mengikuti standar operasional prosedur dari pabrik yang bersangkutan.

Salah satu unit mesin *screw press* di Pabrik Kelapa Sawit (PKS) PTPN V Sungai Galuh, Kampar, Riau mengalami kerusakan *spur gear* pada saat pengoperasian 250 jam kerja. Setelah dilakukan penggantian suku cadang (*reactive maintenance*) sepasang *spur gear* penggerak worm screw press. Kerusakan terjadi pada sebagian rodagigi tidak merata pada permukaan gigi.

Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas maka perumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Mengapa terjadi kerusakan *Spur Gear* pada pengoperasian 250 jam kerja setelah dilakukan penggantian part (*reactive maintenance*).
2. Mengapa model kerusakan berbentuk miring pada sebagian permukaan gigi (*addendum*) tidak seluruh permukaan roda gigi.

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui sifat mekanis material pembuatan spur gear
2. Untuk mengetahui jenis kerusakan dan akar penyebab terjadinya kerusakan yang spesifik pada permukaan spur gear
3. Untuk mencapai : keselamatan, keandalan dan maintainability

Manfaat Penelitian :

1. Dapat mengetahui sifat-sifat mekanis pada spur gear mesin screw press yang mengalami kerusakan/ kegagalan
2. Dapat mengetahui jenis-jenis kerusakan dan penyebab kegagalan/ kerusakan spur gear mesin screw press
3. Dapat memberikan masukan bagi para perancang spur gear mesin (*screw press*).
4. Dapat memberikan informasi pencegahan pada kerusakan yang sama dikemudian hari.

Analisa Data dan Hasil Penelitian

Pengujian Visual / Makro

Pengujian visual/ makro dilakukan dengan mengamati permukaan patah dan permukaan area penerima beban serta ketebalan penampang patahan *spur gear* secara visual, dengan hasil sebagai berikut:

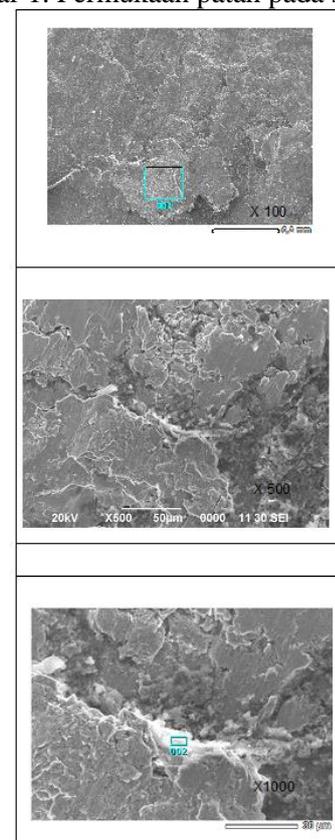
a) Fractography

Hasil pengamatan pada permukaan patahan spur gear (*tooth fracture*) mengidentifikasi terjadinya kerusakan kelebihan beban (*overload breakage*) yang ditunjukkan oleh permukaan patah yang berbentuk halus, rata berlapis dan terlihat, buram dan terjadi perubahan bentuk (*deformasi*) pada patahan spur gear sedangkan *chevron mark* pada *fracture surface* tidak jelas terlihat, yang terlihat hanya seperti garis - garis patahan yang berlapis-lapis tidak beraturan seperti terlihat pada gambar 2.

Terjadi konsentrasi pengecilan luas penampang akibat pembebanan yang tidak merata sesuai arah rotasi dimulai pada titik F sampai titik A ditunjuk anak panah pada gambar 1.

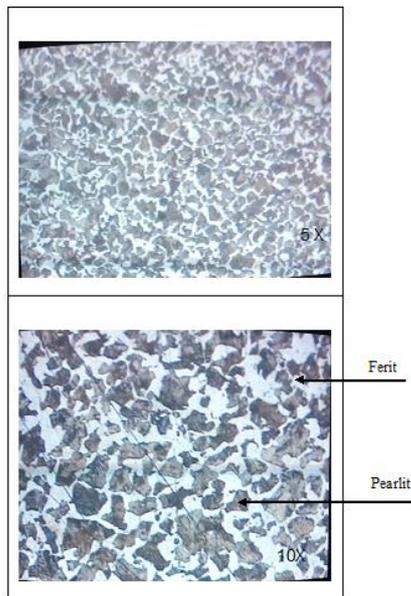


Gambar 1. Permukaan patah pada spur gear



Gambar 2. Permukaan patah yang menunjukkan overload breakage

b) Hasil Pengujian Metalografi



Gambar 3 Struktur mikro spur gear diambil pada bagian kepala gigi yang rusak

Spur gear terbuat dari *high carbon steel* melalui proses spur, struktur mikronya terbentuk dari ferit dan pearlit.

a. Ferrite atau Besi Alpha (α -Fe)

Ferit merupakan suatu larutan padat karbon dalam struktur besi murni yang memiliki struktur BCC dengan sifat lunak dan ulet. Fasa ferit mulai terbentuk pada temperatur antara 300 °C hingga mencapai temperatur 727 °C. Kelarutan karbon pada fasa ini relatif kecil dibandingkan dengan kelarutan pada fasa larutan padat lainnya. Saat fasa ferit terbentuk, kelarutan karbon dalam besi alpha hanyalah sekitar 0,02% C.

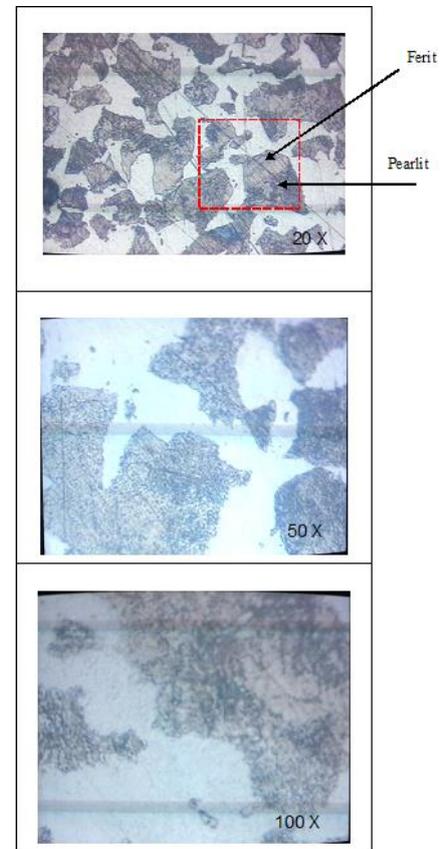
b. Perlit

Perlit merupakan campuran antara ferit dan sementit yang berbentuk seperti pelat-pelat yang disusun secara bergantian antara sementit dan ferit. Fase perlit ini terbentuk pada saat kandungan karbon mencapai 0,76% C, besi pada fase perlit akan memiliki sifat yang keras, ulet dan kuat.

c. Besi Karbida atau Sementit

Karbida besi adalah paduan besi karbon dimana pada kondisi ini karbon melebihi batas larutan sehingga membentuk fasa kedua atau karbida besi yang memiliki komposisi Fe_3C dan memiliki

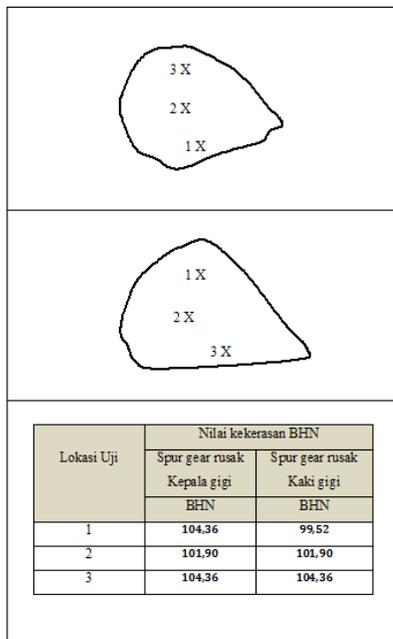
struktur kristal BCT. Karbida pada ferit akan meningkatkan kekerasan pada baja, hal ini dikarenakan sementit memiliki sifat dasar yang sangat keras. Difasa ini kelarutan karbon bisa mencapai 6,70% C pada temperatur dibawah 1400 °C, akan tetapi baja ini bersifat getas.



Gambar 4. Struktur mikro penampang melintang spur gear pada bagian kepala gigi yang rusak

Dari pembesaran 5x sampai 100x dapat dilihat bahwa struktur mikro komponen spur gear terdiri dari Ferit dan Pearlit. Dimana pada bagian pearlit seakan-akan menjadi ferit tidak membentuk pearlit yang mengikat kuat. Dengan kondisi struktur mikro seperti terlihat pada gambar 4.9 yang diberi tanda garis-garis merah, sifat keras dan kekuatan tarik berada di bawah standar pembuatan roda gigi yang diperuntukkan untuk konstruksi mesin. Pada struktur mikro pembentukan spur gear tidak terlihat adanya tanda-tanda kerusakan yang disebabkan oleh naiknya suhu pengoperasian atau pembentukan pola-pola yang merusak pada struktur tersebut.

Hasil Uji Kekerasan metode Brinell

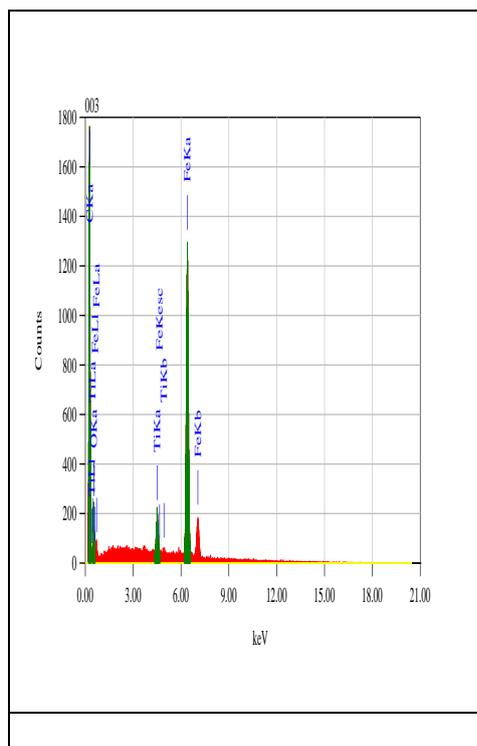


Tabel 1 Hasil uji kekerasan spur gear

Dari hasil pengujian kekerasan brinell, kekerasan rata-rata spesimen spur gear adalah 102,72 BHN. Pada baja terdapat hubungan antara kekerasan Brinell dan kekuatan Tarik, didapat kekuatan tarik : 35,96 Kg/mm².

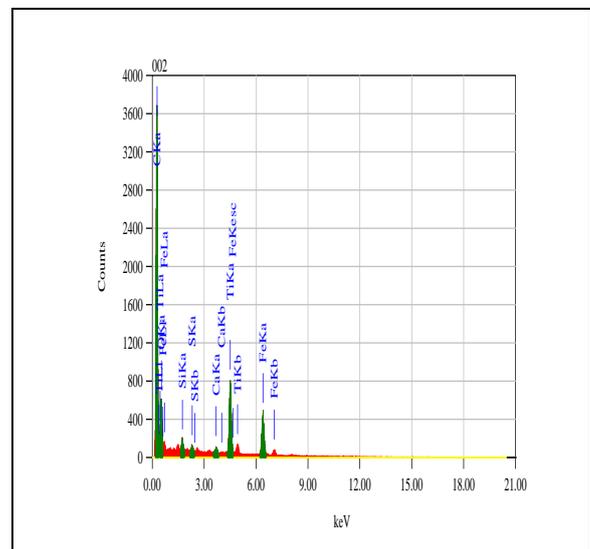
Hasil Pengujian SEM/ EDS

Tabel 2 Analisa persentase semi kuantitatif



Unsur	Persentase / %
Element	Mass Percentage / %
C	6.96
O	3.00
Fe	94.04
Unsur	Persentase / %
Element	Mass Percentage / %
F	1,15
Fe	98,85
Unsur	Persentase / %
Element	Mass Percentage / %
C	47,29
O	8,61
Ti	2,54
Fe	41,56

Tabel 3. Analisa persentase semi kuantitatif komposisi kimia pada bidang yang berbeda



Unsur	Persentase / %
Element	Mass Percentage / %
F	1,14
Fe	98,86

Unsur	Persentase / %
Element	Mass Percentage / %
C	54,98
O	23,53
Si	0,53
S	0,36
Ca	0,4
Ti	9,15
Fe	11,05

Hasil uji komposisi kimia material spur gear

Tabel 4. Uji Komposisi

Sampel Dalam : 1.938 gr

Nama Unsur	Persentase
C	0,15%
Si	0,10%
S	0,01%
P	0,01%
Pb	0,021%
Cr	0,02%
Ni	0,02%

Tabel 8 memperlihatkan analisa komposisi kimia material spur gear yang diambil pada kepala gigi yang rusak. Dari tabel terlihat bahwa material spur gear terbuat dari baja karbon tinggi dengan penambahan unsur Chromium ini adalah untuk menambah sifat keuletan, kekerasan dan ketahanan material terhadap aus, sehingga material akan mempunyai sifat yang lebih baik. Penambahan unsur paduan silicon adalah untuk meningkatkan sifat elastisitas. Nikel (Ni) mempunyai sifat yang akan membuat baja karbon menjadi lebih ulet, kuat dan paduan ini juga dapat mencegah baja karbon terhadap serangan korosi atau karat.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian kerusakan yang diperoleh dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Jenis kerusakan yang terjadi pada spur gear mesin *screw pres* pada salah satu Pabrik Kelapa Sawit adalah kerusakan *tooth fracture* pada jenis *overload breakage*. Terjadinya *overload breakage* adalah material yang digunakan untuk pembuatan *spur gear* kurang keras, kekerasan dan kekuatan tarik *spur gear* di bawah standar kekerasan dan kekuatan material pembuatan roda gigi komponen mesin. Dimana kekerasan *spur gear* adalah 102,73 BHN, sedangkan kekerasan minimal rodagigi sesuai literatur adalah berkisar

antara 123-183 BHN. Hal ini bisa disebabkan karena struktur mikro pembentukan *spur gear* dimana pearlit seakan-akan terlihat seperti *ferit*

2. Kerusakan awal spur gear dimulai dari rusaknya bantalan pada bagian konus mesin screw press yang mengakibatkan linement tidak sentris sehingga pertemuan dan pembebanan antara gigi *spur gear* tidak merata
3. Pemilihan *part* sesuai dengan *spesifikasi* yang telah direkomendasikan oleh pabrik, penggantian dan pengoperasian alat sesuai dengan *Standar Operasional Prosedur*.

Saran

Untuk menghindari terjadinya kerusakan yang sama dikemudian hari yaitu *overload breakage* maka dapat disarankan hal-hal sebagai berikut :

1. Mengubah sifat mekanik spur gear dengan melakukan heat treatment baik secara mekanik maupun kimia untuk memperbaiki strukturnya dan untuk memperoleh sifat-sifat mekanik bahan dan sifat kimia yang dikehendaki
2. Pada saat melakukan perbaikan mesin screw press pada bagian worm screw dan *spur gear*, pastikan bahwa kondisi as dan bantalan yang ada pada gearbox intermediate gear dan bantalan pada worm dalam kondisi baik atau masih memiliki usia pakai yang panjang. Apabila sudah terpasang pastikan untuk melakukan *star up* dan pengecekan pada 50 jam kerja pertama
3. Untuk memperhatikan sistem pelumasan pada *gear box spur gear* baik dari kualitas maupun kuantitasnya supaya tidak ada lagi ditemukan unsur-unsur yang bersifat merusak seperti *thallium* dan *fluor*

DAFTAR PUSTAKA

- T.Hafli** “ *Perilaku Kegagalan Roda Gigi Lurus Akibat Beban Fatik dan Impak*”, Tesis Universitas Sumatera Utara 2006
- Budi Setiyana** “ *Perancangan Roda Gigi Metode Niemann*”, Buku Ajar Elemen Mesin 2 Universitas Diponegoro 2007
- ASM Metal Hand Book Volume 12** “ *Fractography*”, publishing 1987
- ASM Metal Hand Book Volume 11** “ *Failure Analysis and Prevention* “, publishing 2002
- Vineet Panday** “ *Failure Analysis of Gear Material*”, Tesis School of Physics and Material Sciences Thapar University India
- W.T. Becker** “ *Fracture Appearance and Mechanisms of Deformation and Fracture*”, University of Tennessee, ASM International
- Xiaolei Xu** “ *Failure Analysis of a Diesel Engine Gear System Consisting of Camshaft and Crankshaft Gear*”, Journal of Failure Analysis and Prevention 2007
- Manual Book Kohara Gear Industry** “*Introduction to Gears*”, First Edition
- Sularso** “ *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*” : Catatan ke 11, Penerbit Pradnya Paramita Jakarta 2004
- G. Niemann, H. Winter** “ *Desain dan Kalkulasi dari Sambungan, Bantalan dan Poros*”, Elemen Mesin Jilid 2, 1992
- Alois Schonmets** “ *Pengetahuan Bahan Dalam pengerjaan Logam*”, Penerbit Angkasa Bandung
- Andres Flodin** “ *Wear of Spur and Helical Gears*”, Stockhlom, Sweden 2000