

ANALISIS KEGAGALAN DONGKRAK REL KERETA API KAPASITAS 10 TON

FAILURE ANALYSIS OF RAIL-JACK 10 TON CAPACITY

Surasno, Budi Tjahjohartoto

Balai Besar Bahan dan Barang Teknik, Jl. Sangkuriang No.14 Bandung 40135
Email: surasno2005@yahoo.co.id

Diterima: 21 April 2014

Direvisi: 21 Mei 2014

Disetujui: 23 Juni 2014

ABSTRAK

Pemeliharaan rel di lintasan jalan kereta api bertujuan untuk keamanan dan keselamatan perjalanan kereta api ketika melintas di atas rel. Untuk menjaga kestabilan tinggi muka rel terhadap posisi awal maka perawatan ketinggian permukaan dengan menggunakan dongkrak rel dengan cara mengembalikan posisi rel pada kedudukan titik awal. Dongkrak rel mekanik dengan daya angkat 10 ton dan tinggi unkit 5–10 cm yang digunakan oleh PT KAI umur pakainya relatif pendek. Penelitian analisis kegagalan pada dongkrak rusak disebabkan oleh cacat gompal pada *rack-gear* pengangkat yang diawali oleh kerusakan korosi di bagian-bagian rangka sisi sebelah muka dalam, *bushing*, *rack-gear* pengangkat, poros *pinion*, dan *spline* utama. Kerusakan komponen ini ditandai oleh penipisan bidang kontak antar gigi sehingga menjadi longgar dan ketika bidang ini menerima beban dinamik berulang terjadilah gompal dan patah. Oleh karena itu, untuk mencegah terjadi kerusakan berulang kembali pada dongkrak rel disarankan bahan-bahan komponen yang bersentuhan dengan komponen lain seperti *rack-gear* pengangkat, roda gigi, poros *pinion*, *spline* utama, *bushing* dan bidang tumpuan dilakukan penggantian. Selain itu, pada bidang komponen yang bersentuhan dengan komponen lain dilakukan perawatan dengan cara pelumasan.

Kata kunci: dongkrak rel, analisis kegagalan

ABSTRACT

Maintenance rails on a railroad track aims to maintain the security and safety of rail travel when passing on the tracks. When the train passed over the rail is expected that the rail should be stable condition. To maintain high stability to the initial position, rail maintenance was performed to a jack rail by restoring the rail to starting point position. Mechanical power rail jack lifting capacity 10 tons of high leverage 50-10cm which is used by PT KAI have a relatively short life time and easily damaged. From the failure analysis of rail jack that does not function it reveals that jack rail damage or does not function due to broken (chipped) on the lifting rack-gear initiated by corrosion at inside parts of the frame, bushing, rack-gear lifter, pinion shaft, and the main spline. This component became thin, the contact area on the teeth become loose and receive dynamic cyclic load then fracture occurs. To prevent recurring damage it is recommended to maintenance with grease and to change the specification of material, especially for components that have contact area such as lifting rack-gear, shaft-gear, pinion shaft, the main spline, bushing and pedestal.

Keywords: rail jack, failure analysis

PENDAHULUAN

Kasus-kasus kecelakaan kereta api di Indonesia diantaranya perubahan posisi rel. Ketika kereta api melintas diatas rel tiba-tiba anjlok hal ini dapat disebabkan oleh banyak faktor antara lain pengaruh frekuensi lintasan perjalanan kereta api, jalan menikung, menanjak, menurun dan daerah pondasi rel tidak stabil. Hal ini dapat menyebabkan perubahan posisi rel kearah vertikal atau

penurunan tinggi rel dari kedudukan semula sehingga rawan timbul kecelakaan. Oleh karena itu, untuk meningkatkan keamanan dan keselamatan perjalanan kereta api PT Kereta Api Indonesia (KAI) melakukan pemeliharaan rutin pada lintasan rel dengan menggunakan dongkrak rel mekanik supaya lintasan kereta api berfungsi baik lihat Gambar 2.

Pertambahan sarana dan prasarana moda angkutan kereta api di Indonesia diproyeksikan

akan meningkat pada kurun waktu tahun 2010 hingga tahun 2025. Hal ini sangat berpengaruh signifikan terhadap pemeliharaan lintasan rel yang membutuhkan dongkrak rel. Disamping itu, penggunaan dongkrak rel pada pemeliharaan rel merupakan sistem perawatan sederhana, mudah dikerjakan dan dilakukan oleh teknisi berpendidikan rendah melalui pelatihan singkat. Diprediksi hingga 10 tahun mendatang pemeliharaan sarana jalan kereta api masih akan tetap menggunakan dongkrak rel karena merupakan pekerjaan padat karya di Indonesia.

Desain dongkrak rel yang digunakan oleh PT KAI adalah dongkrak mekanik sederhana, ringan dan mudah dioperasikan selama dipakai sehingga dapat digunakan oleh seluruh gabungan teknisi pemeliharaan rel. Umumnya dongkrak rel yang dipakai untuk sarana pemeliharaan rel di lintasan kereta api adalah tipe dongkrak rel unkit mekanik atau disebut dongkrak kodok karena menyerupai kodok, kekuatan dongkrak ini mampu mengangkat beban 10 ton (istilah teknisi PT KAI).

Dongkrak rel dioperasikan selain posisi tegak dapat juga dipakai pada posisi menyamping biasanya untuk penggunaan radius belokan jalur rel. Ketika pemakaian, dongkrak rel akan menerima beban statik dan dinamik [1].

Bagian utama dari dongkrak rel adalah *rack-gear* pengangkat beban yang memiliki lidah tumpu dan berfungsi sebagai penyangga dudukan bawah rel. Lidah tumpu pada *rack-gear* pengangkat ditempatkan di bawah rel. Dongkrak rel ditempatkan pada empat posisi lihat Gambar 1. Lokasi dua buah ditempatkan sebelah kiri dan dua buah sebelah kanan pada jalur rel kereta yang sama dengan masing-masing jarak tumpu sekitar empat balok dudukan landasan. Kekuatan beban dari satu buah dongkrak rel 10 ton (beban tekan pada penampang lidah *rack-gear* pengangkat), sehingga kekuatan beban maksimum dongkrak rel pada empat posisi menjadi 40 ton. *Rack-gear* pengangkat pada dongkrak rel dinaikturunkan menggunakan tangkai lengan tuas. Kenaikan tinggi lidah tumpu *rack-gear* pengangkat biasanya mencapai 2 s.d 5 cm. Permukaan bidang rel di empat posisi harus sejajar dan diukur menggunakan *waterpass*. Kekosongan bagian bawah dudukan rel diisi *balast* (batu koral) hingga padat yang dimasukkan lewat celah bawah bantalan.

Ketika *Sliper* unkit dilepas, *rack-gear* pengangkat dongkrak akan turun dari dudukan relnya dan dongkrak rel dilepas. Cara melepas dongkrak rel dari dudukan rel biasanya dilakukan dengan pukulan ringan supaya terlepas dari jepitan

rel. Cara pelepasan seperti ini diharapkan tidak menimbulkan kerusakan dongkrak rel [1].

Hingga saat ini, PT KAI menggunakan dongkrak rel tipe kodok akan tetapi masih terjadi kendala umur pakainya relatif pendek, pada umumnya 1 s.d 5 tahun, terjadi kerusakan tergantung pada frekuensi pemakaian, pada penggunaan lintasan padat atau lintasan rendah. (Penjelasan teknisi di Daop 2 Bandung). Oleh karena itu, untuk mengetahui kerusakan penyebab umur pakai pendek dongkrak rel ini dilakukan analisis kegagalan (*failure analysis*) [2].

Kegagalan suatu peralatan selalu diartikan sebagai ketidakmampuan komponen berfungsi optimal sebagaimana mestinya. Kejadian kerusakan ini dapat dimulai dari terbentuknya permukaan baru (retakan maupun patahan), karatan, keausan, distorsi ukuran, distorsi bentuk atau gabungannya. Faktor-faktor yang biasanya berhubungan dengan analisis kegagalan dari suatu komponen peralatan adalah sebagai berikut:

1. Pemilihan bahan karena tidak sesuai dengan spesifikasi pemakaian produk. Oleh karena bahan-bahan yang digunakan harus sesuai dengan fungsi peralatan [3].
2. Rancangan gagal misalnya salah melakukan perhitungan beban kerja atau salah merancang mekanisme gerak mekanik. Beban yang ditahan oleh bahan-bahan yang digunakan untuk peralatan harus memenuhi perhitungan kekuatan [4].
3. Proses pembuatan komponen (fabrikasi) misalnya salah pemesinan, perakitan, perlakuan panas (*heat treatment*) [5], perlakuan permukaan.
4. Kesalahan pengoperasian, beban kerja melebihi beban desain atau penggunaan operasi tidak sesuai desain prosedur kerja.
5. Keadaan lingkungan kerja bersifat korosif. Terjadi proses korosi permukaan pada bahan baja karbon akibat lingkungan bersifat korosif, misalnya karena terkena air hujan [6].
6. Pemeliharaan selama pemakaian, ketika penyimpanan tidak dilakukan pemeliharaan rutin pada bagian-bagian komponen bidang gerak dan bergesekan seperti pelumasan. Pemeliharaan peralatan *engineering* pada komponen-komponen yang bergesekan dan lingkungan korosi perlu dilakukan secara periodik [7].

Analisis kegagalan adalah langkah-langkah inspeksi, pemeriksaan visual, pengujian dan analisis penyebab kegagalan atau kerusakan komponen pada peralatan sehingga dapat diketahui penyebab dari kegagalan atau kerusakan yang terjadi pada komponen tersebut, selanjutnya melakukan perbaikan komponen yang sesuai dengan rancangan.

Tujuan analisis kegagalan dongkrak rel sebagai berikut:

1. Menemukan penyebab kegagalan dari pemilihan bahan, proses kerja peralatan, sistem perawatan.
2. Menghindari kegagalan/kerusakan yang sama dimasa yang akan datang dengan melakukan langkah-langkah perbaikan.
3. Sebagai bahan pengaduan teknis kepada produsen pembuat peralatan.
4. Sebagai langkah awal perbaikan kualitas komponen peralatan.
5. Sebagai perbaikan rancangan peralatan.
6. Sebagai penetapan waktu periodik ketika pelaksanaan pemeliharaan peralatan [7].

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis kerusakan dongkrak rel peralatan mekanik yang berfungsi pengangkat rel kereta api.

BAHAN DAN METODE

Bahan-bahan penelitian adalah sebuah dongkrak rel rusak yang diperoleh dari PT KAI lihat Gambar 1. Spesifikasi teknis daya angkat 10 ton (persyaratan konsumen).



Gambar 1. Dongkrak Rel Kereta Api



Gambar 2. Cara Penggunaan Dongkrak Rel

Metodologi Penelitian

Analisis kegagalan dongkrak rel ini diawali dengan melakukan pengumpulan data lapangan meliputi: wawancara dan diskusi dengan pihak terkait tentang pengoperasian, perawatan dan permasalahan yang sering terjadi selama menggunakan dongkrak rel. Pengamatan dan pengujian pada 5 komponen utama dari bagian dongkrak rel yang rusak katagori berat dan menentukan pengujian pada komponen ini.

Menentukan lokasi pengujian dan jenis pengujian. Menganalisis hasil uji laboratorium dan merumuskan penyebab kerusakan sebagai dasar untuk kesimpulan dan saran.

Analisis pengujian komponen dongkrak rel antara lain:

1. Analisis pengamatan visual [8] menerangkan cacat-cacat permukaan yang tampak dari bentuk patahan, deformasi, retakan, korosi dan keausan dengan menunjukkan gambar-gambar visual *fractography* atau makrostruktur [9].
2. Analisis struktur mikro menerangkan keadaan struktur mikroskopis bahan-bahan utama terutama yang berhubungan dengan bidang-bidang kontak dan geser beban berat [10].
3. Analisis kekerasan bahan komponen untuk mengukur kekuatan sifat mekanik yang berhubungan dengan kekuatan konstruksi dan ketahanan aus [11,12].

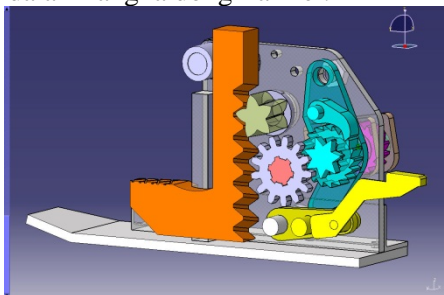
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pemeriksaan Visual

Komponen dongkrak rel yang divisual 44 buah berada di dalam rangka akan tetapi lebih diutamakan pemeriksaan pada komponen: rangka dinding, *rack-gear* pengangkat, poros tuas pembebas, poros baut *spline*, poros *pinion*, poros *spline* utama, pelat *spline*, pengunci pelat *spline*, roda gigi lurus dan tuas pembebas karena berhubungan langsung dengan beban kerja. Komponen dalam lihat Gambar 3.

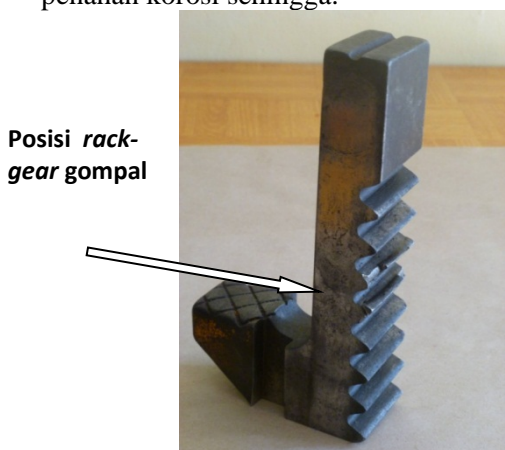
Dongkrak rel diamati secara visual tampak terjadi kerusakan pada dinding sisi dalam berupa cerna-cerna karat dan aus antara lain pada: dinding rangka, kedudukan poros tuas pembebas, poros baut *spline*, poros *pinion*, *bushing*, penahan *spline*, poros *spline* utama dan roda gigi-gigi lainnya. Indikasi perawatan dongkrak rel kurang terkontrol, seperti permukaan baja kontak langsung dengan lingkungan atmosfer, tampak gigi-gigi tidak dilumasi dengan baik sehingga mudah korosi. Kemungkinan air hujan yang bersifat korosif dapat masuk ke celah bagian-

bagian komponen pada sisi dalam dongkrak rel mengenai komponen (44 buah) yang berada di sisi bagian dalam rangka dongkrak rel.



Gambar 3. Komponen Utama Dongkrak Rel

Dongkrak rel tampak visual cerna-cerna karatan pada bagian-bagian komponen sisi dalam oleh korosi permukaan, bagian ini kontak langsung dengan lingkungan atmosfer dan tidak terlindungi penahan korosi sehingga.



Gambar 4. Gear- Rack Pengangkat Rusak

Bidang kontak di antara gigi-gigi pada gear-rack lidah tumpu, poros pinion, spline utama, dan roda gigi lainnya terjadi gesekan, hal ini berlangsung ketika digunakan. Bilamana tidak dilakukan pemeliharaan secara periodik gesekan pada dua logam keras akan menyebabkan keausan sehingga gigi-gigi pada komponen utama yang bersentuhan akan longgar oleh aus.

Gigi-gigi komponen utama tidak dilakukan pelumasan periodik akan mempercepat proses keausan dan penipisan di kedua bidang rodanya ditandai sisi dalam kering dan tampak kotoran debu mengeras.

Kerusakan cerna-cerna karat, aus dan gompal pada: rack-gear pengangkat beban lihat Gambar 4.

Rack-gear lidah penumpu dongkrak rel gompal dapat disebabkan oleh indikasi beban hentak di antara bidang kontak gigi-gigi yang aus. Beban hendak akan mempercepat terjadinya

gompal bahkan pada komponen pengunci gigi spline depan pecah lihat Gambar 5. Beban hentak terjadi ketika dongkrak rel dalam keadaan masih terpasang dilepas paksa (darurat) atau dongkrak rel dalam keadaan terpasang dilewati kereta api melalui rel ini.



Gambar 5. Pengunci Gigi Spline Depan

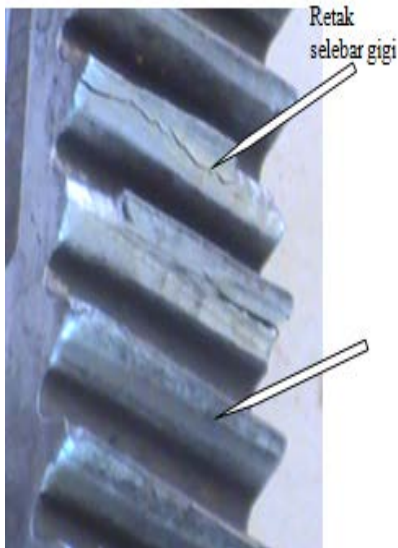
Hasil Pemeriksaan Makroskopik

Lidah tumpu gear-rack pengangkat dongkrak rel secara fisik menunjukkan korosi, deformasi dan retak, bahkan gompal lihat Gambar 6(a), 6(b). Analisis sebagai berikut:

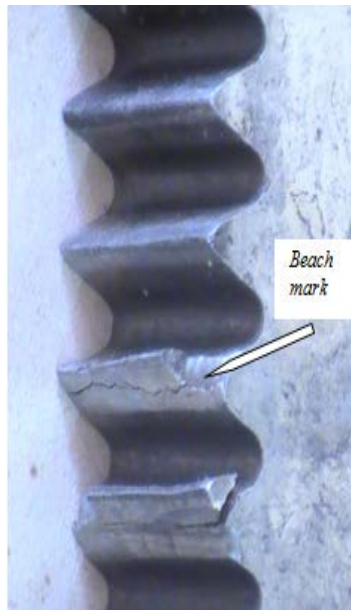
1. Rack-gear pengangkat lidah tumpu dongkrak rel deformasi mengarah ke atas, indikasi bahwa gigi-gigi ini terdorong ke atas ketika menerima beban vertikal dari atas sementara dari bawah poros gigi pinion memberi tekanan balik.
2. Rack-gear deformasi bilamana tegangan kerja yang ditahan gear-rack pengangkat melebihi yield strength bahan, dalam hal ini $\sigma >$ tidak mampu menahan beban.
3. Rack-gear deformasi disebabkan oleh luas bidang kontak antara gigi rack pengangkat dengan poros gigi pinion berkurang.
4. Berkurangnya luas bidang kontak akan menyebabkan tegangan kerja meningkat melebihi ultimate tensile strength bahan, sehingga gigi retak.
5. Bentuk patahan rack-gear menunjukkan bentuk cup and cone indikasi bahwa patahan tergolong patah ulet, bahan rack-gear pengangkat ductile.
6. Gear rack retak sepanjang bidang horisontal gigi lihat Gambar 6(a), namun gompalnya tidak seketika. Hal ini menunjukkan retakan berlangsung secara bertahap oleh fatigue lihat Gambar 6(b).
7. Dongkrak rel kadang-kadang dalam keadaan terpasang menopang rel yang dilewati kereta api sehingga terjadi beban dinamik secara berulang pada dongkrak rel oleh beban roda

kereta yang melintas diatas rel (berdasarkan diskusi dengan teknisi).

8. *Rack-gear* dongkrak rel *fatigue* oleh beban siklik ketika roda kereta api melintas di atas rel yang tertahan dongkrak rel.



6(a) Retak Horizontal Selebar Gigi



6(b) Garis Beach Mark

Gambar 6. Kerusakan Gigi oleh Beban Siklik

Pemeriksaan Struktur Mikro

Struktur mikro bahan *gear rack*, *pinion* utama dan poros *pinion* adalah struktur *martensit*, indikasi bahwa komponen telah mengalami proses *heat treatment* pengerasan, bahan rangka dongkrak tidak dilakukan pemeriksaan, lihat Tabel 1.

Komponen yang bersentuhan di antara dua bidang muka gigi dan digunakan untuk transmisi gigi harus tahan aus, tahan beban impak dan beban

tinggi (*rack-gear* dan *pinion* utama) dilakukan *heat-treatment* tipe *hardening* ditandai dengan nilai kekerasan di permukaan tinggi semakin kearah tengah semakin rendah lihat Tabel 2.

Tabel 1. Struktur Mikro

No.	Nama Bagian	Struktur Mikro
1	<i>Gear rack</i>	<i>Martensit</i>
2	<i>Pinion</i> Utama	<i>Martensit</i>
3	<i>Pinion</i> Penggerak	<i>Martensit</i>
4	Pelat rangka <i>Bushing</i>	<i>Ferrit + Pearlite</i>
5	<i>Bushing</i>	<i>Martensit</i>



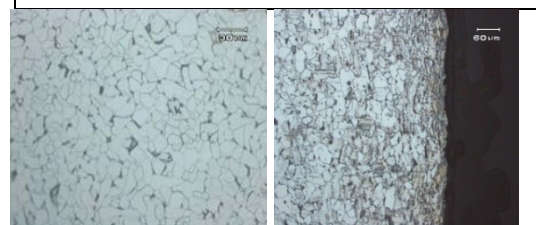
Struktur mikro bahan *gear-rack* struktur martensit, tampak proses *hardening*.



Struktur mikro bahan *gear-pinion* utama struktur martensit, permukaan bidang luar tampak proses *hardening*.



Struktur mikro bahan gigi poros struktur martensit, permukaan tampak proses *hardening*.



Struktur mikro pelat rumah (rangka) indikasi struktur *ferrite + pearlite grain size 6* berbutir halus. Pada sisi dinding luar tampak struktur terdeformasi, indikasi bahwa *bushing* menerima beban tekan sehingga mikrostrukturnya terdeformasi.

Gambar 7. Struktur Mikro

Struktur mikro dinding luar *rack-gear* pengangkat adalah martensit halus, sifat mekanik dari fasa martensit ini lebih keras dari pada struktur mikro bagian tengah tampak lebih kasar indikasi bahan kenyal (*ductile*), kekerasan tinggi, namun keuletan masih memadai yang biasanya terjadi pada proses *hardening* permukaan.

Pengujian Kekerasan

Dongkrak rel dilakukan pengujian kekerasan pada permukaan komponen: 1) *rack-gear* pengangkat, 2) poros *pinion*, 3) *spline* utama, 4) pelat rangka dan 5) *bushing*. Hasil uji kekerasan ditunjukkan pada Tabel 2. Komponen nomor 1,2,3 dan 5 nilai kekerasan tinggi, indikasi bahwa komponen telah mengalami *heat treatment* pengerasan. Akan tetapi komponen nomor 4 rangka dongkrak rel nilai kekerasan 94 sd 100 HRB menunjukkan indikasi bahwa bahan ini tidak dilakukan *heat treatment*, kondisi normal untuk baja struktur sekelas St 37.

Komponen *gear-rack* pengangkat dilakukan uji kekerasan pada penampang dari sisi permukaan luar mengarah ke bagian tengah yang dikeraskan, maksud pengujian ini untuk memprediksi tipe proses perlakuan panas yang dilakukan. Nilai kekerasan tertinggi di permukaan 616 HV (*Hardness Vickers*) dan menurun ke arah tengah bahan nilai kekerasan rendah 413 HV lihat Tabel 4. Perubahan nilai keras komponen *gear-rack* pengangkat ini indikasi bahwa bahan ini telah melalui proses perlakuan panas *flame hardening*, warna gelap pada gambar struktur mikro nilai keras paling tinggi 616 HV sedangkan warna terang nilai keras rendah 413 HV.

Tabel 2. Hasil Uji Kekerasan Komponen

No.	Komponen	Nilai Kekerasan, HRC
1	<i>Rack-gear</i>	64; 63; 63; 63; 64 61; 56; 56; 61; 57
2	Poros <i>pinion</i>	68; 64; 65; 63; 63
3	<i>Spline</i> utama	118; 94; 100; 100; 100 HRB
4	Pelat rangka	(22,8;16,0;22,8;22,8;22,8HRC)
5	<i>Bushing</i>	52; 50; 50; 52; 49

Tabel 3. Kekerasan *Gear- Rack* Pengangkat

Jarak dari sisi (mm)	HV	HRC	BHN	Tensile Strength (kg/mm ²)
0,05	616	56	577	209
0,05	543	52	512	184
1,00	440	45	421	149
2,00	411	42	390	138
3,00	413	42	390	138

Analisis kerusakan dongkrak rel dari pengamatan visual di lapangan (informasi pemakai) dan pengamatan hasil pengujian di laboratorium sebagai berikut:

1. Visual komponen rangka dongkrak rel tampak cerna-cerna oleh korosi merata pada dinding sebelah sisi dalam karena tidak terlindungi bahan anti karat. Dinding rangka yang menipis akan mengurangi kekuatan dongkrak ketika menahan poros sehingga dudukan poros menjadi longgar.
2. *Bushing* atau bantalan *spline* utama tampak cerna-cerna oleh korosi merata dan aus oleh gesekan antara metal poros *spline* utama dan *bushing* sisi dalam. *Bushing* cacat menipis tebal berkurang poros *spline* menjadi longgar. Ketika dongkrak rel dioperasikan terjadi hentakan berulang-ulang terutama pada gigi-gigi bersentuhan yang berpengaruh terhadap komponen lainnya. *Bushing* korosi karena tidak diberi anti karat, tampak kotor sedangkan menipis karena kurang pelumasan.
3. *Rack-gear* lidah pengangkat tampak cerna-cerna oleh korosi merata, Aus oleh gesekan gigi *pinion* karena kurang pelumasan sedangkan patah gompal oleh beban hendak karena longgar. Beban hentak berulang memberi efek patah lelah (*fatigue*). Deformasi pada *rack-gear* pengangkat mengarah ke atas indikasi bahwa gigi terdorong ke atas ketika menerima beban dari atas sementara dari bawah ditahan oleh gigi *pinion*.
4. *Rack-gear* pengangkat deformasi bilamana tegangan kerja yang diterima *gear-rack* melebihi *yield strength* bahan dalam hal ini $\sigma >$ tidak mampu menahan beban. Sehingga kemungkinan terjadi gompal. Ketika dongkrak rel masih terpasang mendapat beban roda kereta api lewat sehingga terjadi deformasi akan memperkecil bidang kontak antara *rack-gear* dengan gigi *pinion* menjadi longgar akan mempermudah terjadinya beban *impact*.
5. Berkurangnya luas bidang kontak di antara gigi-gigi ini menyebabkan tegangan kerja meningkat melebihi *ultimate strength* bahan, menyebabkan gigi-gigi retak, patah dan deformasi.
6. Sebagian patahan *rack-gear* pengangkat deformasi indikasi patahan kenyal (*ductile*). Bahan ini sesuai untuk pemakaian *rack-gear* pengangkat memiliki sifat *ductile*.
7. Hasil pemeriksaan struktur mikro bahan-bahan komponen utama penerima beban (*rack-gear* pengangkat, gigi poros *pinion*, gigi lurus dan

gigi miring) adalah struktur *martensite* indikasi *heat treatment* pengerasan bahan sudah sesuai persyaratan untuk perkakas alat angkat komponen dongkrak rel.

8. Struktur mikro *rack-gear* pengangkat *martensite*, sifat fasa *martensit* ini keras namun bagian tengah bahan kekerasan rendah akan memberikan pengaruh keuletan tinggi, memadai untuk pemakaian pada dongkrak rel.
9. Retakan *rack-gear* pengangkat sepanjang gigi bidang horizontal, namun patahan tidak menunjukkan sekaligus indikasi retakan berlangsung bertahap adalah tipe *fatigue*.
10. Ketika dongkrak rel digunakan tanpa melepaskan dari dudukan rel terjadi beban statis dan beban dinamis dari beban roda kereta api yang melintas di atasnya. Hal mana berulang sebanyak jumlah roda rangkaian kereta api. Bilamana landasan di bawah dongkrak masih labil akan terjadi ayunan pada waktu roda kereta melindasnya.
11. Dari hasil uji kekerasan bahan-bahan komponen utama nilai kekerasannya tinggi sesuai untuk penggunaan dongkrak rel.
12. Pengunci spline gigi depan gompal oleh *fatigue* (kelelahan material).

KESIMPULAN

1. Kerusakan dongkrak rel disebabkan oleh korosi, keausan dan *fatigue*.
2. Korosi dan aus membuat longgar komponen-komponen di antara gigi-gigi, deformasi mempercepat patah statik dan gompal atau patah karena beban siklik. Pada pengunci gigi *spline* depan patah oleh beban siklik dan beban hentak. Korosi yang terjadi disebabkan oleh perawatan dongkrak rel yang kurang terkontrol.
3. Pelaksanaan perawatan dongkrak rel secara berkala dengan memberi pelumasan yang cukup pada komponen yang bergerak untuk mengurangi keausan dan korosi pada komponen harus dilakukan.
4. Penggantian bahan-bahan komponen yang mengalami kerusakan, gagal fungsi atau umur pakai pendek diganti dengan bahan lain yang sesuai (lebih tahan korosi, lebih tahan aus, dan lebih tangguh).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Besar Bahan dan Barang Teknik (B4T) atas

fasilitas tempat penelitian dan kepada Badan Pengkajian Kebijakan Iklim dan Mutu Industri (BPKIMI) atas dukungan dana yang diberikan untuk melaksanakan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. *US Jack Catalog/www.usjack.com* 7. [Anonim].2009.AlloySteel<http://en.wikipedia.org>.JackCatalog/www.usjack.com7(Anonim).2009.AlloysSteel<http://en.wikipedia.org>.
- [2]. ASM International Handbook Committee, Electronics File, 2002, *ASM Handbook Volume 11, Failure Analysis and Prevention*, ASM International, USA.
- [3]. ASM International Handbook Committee, Electronics File, 1999, *ASM Handbook Volume 1, Properties and Selection Irons Steels and High Performance Alloys*, ASM International, USA.
- [4]. ASM International Handbook Committee, Electronics File, 2002, *Metals Handbook Volume 20, Materials Selection*, ASM International, USA.
- [5]. ASM International Handbook Committee, Electronics File, 2002, *Metals Handbook Volume 4, Heat Treating*, ASM International, USA.
- [6]. ASM International Handbook Committee, Electronics File, 2002, *Metals Handbook Volume 6, Corrosion*, ASM International, USA.
- [7]. Engineering Maintenance, 2002, B.S Dillon, A Modern Approach, CRC Press Boca Roton London, New york Washington DC.
- [8]. ASM International Handbook Committee, Electronics File, 2002, *Metals Handbook Volume 17, Non Destructive Evaluations and Quality Control*, ASM International, USA.
- [9]. ASM International Handbook Committee, Electronics File, 2002, *Metals Handbook Volume 12, Fractography*, ASM International, USA.
- [10]. ASM International Handbook Committee, Electronics File, 2002, *Metals Handbook Volume 9, Metallography and Microstructurs*, ASM International.
- [11]. ASM International Handbook Committee, Electronics File, 2002, *Metals Handbook Volume 8, Mechanical Testing*, ASM International, USA.
- [12]. ASTM A 370, Standar Test Method and Definitions for Mechanical Testing of Products.

