

KERUSAKAN CRANE WIRE ROPE DAN METODE PEMERIKSAANYA

Oleh : Ikhsan Kholis^{*})

ABSTRAK

Dalam kegiatan industri tidak terkecuali industri migas, banyak memanfaatkan peralatan angkat dan angkut yang salah satunya adalah crane. Komponen utama dari peralatan tersebut adalah wire rope (tali baja). Dalam penggunaannya wire rope tentu saja mengalami penurunan kualitas meskipun wire rope tersebut sudah sesuai dalam perancangan dan pemeliharannya.

Secara umum penurunan kualitas pada wire rope disebabkan oleh external/intenal fatigue dan crushing. Kerusakan-kerusakan pada wire rope disebabkan beberapa faktor, antara lain adalah abrasi, korosi dan perubahan struktur dari wire rope itu sendiri. Kerusakan-kerusakan yang bisa terjadi pada wire rope adalah broken wire, pengurangan diameter, korosi, perubahan bentuk, dan kerusakan akibat panas.

Untuk mendeteksi adanya kerusakan-kerusakan pada wire rope maka diperlukan suatu pemeriksaan. Pemeriksaan dapat dilakukan secara rutin dan juga dapat dilakukan pemeriksaan secara periodik atau berkala. Sedangkan metode pemeriksaan yang dilakukan diantaranya adalah pemeriksaan visual dan pemeriksaan dengan metode elektromagnetik.

Key Word : *wire rope, inspeksi, electromagnetic examination*

I. PENDAHULUAN

Penanganan peralatan secara mekanis (*mechanical handling*) merupakan proses yang tidak dapat dihindarkan dari berbagai aktivitas industri, mulai dari industri pertambangan, konstruksi dan pengiriman barang (*cargo*). Seiring perkembangan jaman serta berkaca dari banyaknya kecelakaan yang diakibatkan oleh aktivitas *mechanical handling* atau *mechanical lifting*, teknologi serta sistem keselamatan pada pesawat angkat (*crane*) terus dikembangkan untuk menunjang aktivitas pengangkatan mekanis lebih aman.

Salah satu peralatan yang beroperasi di industri migas, yang dipergunakan sebagai peralatan untuk memindahkan, mengangkat barang secara vertikal dan atau horizontal dalam jarak ditentukan adalah pesawat angkat (*crane*). Komponen utama dari pesawat angkat yang mempunyai fungsi vital dalam mengangkat dan menahan beban adalah tali baja (*wire rope*).

Perancangan dan pemeliharaan wire rope yang sesuai akan mengalami penurunan seiring pemakaiannya. Hal ini disebabkan oleh 2 (dua) hal, yaitu *external / internal fatigue* dan *crushing*. Dan seiring dengan seringnya penggunaan *wire rope* untuk mengangkat beban, sifat-sifat mekanik dari *wire rope* akan berubah. Penurunan kemampuan *wire rope* menahan beban disebabkan oleh beberapa faktor antara lain: abrasi, korosi, dan perubahan struktur dari *wire rope* itu sendiri.

Wire rope yang dibahas pada tulisan ini adalah *wire rope* dengan material *wire* yang terbuat *carbon steel* sebagaimana dicatumkan dalam ASTM A 1007 dan *wire rope* berjenis *stranded carbon steel* sebagaimana tercantum dalam ASTM A 1023. Sedangkan jenis *wire rope* yang dibahas pada tulisan ini terbatas pada *running* dan *standing wire rope*, bukan *wire rope* yang terkunci sebagai *sling*.

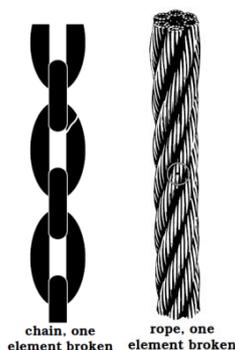
II. LANDASAN TEORI

1. *Wire Rope*

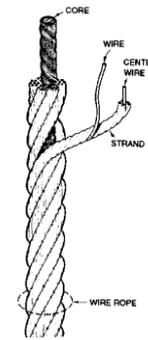
Wire rope adalah elemen penting dalam menahan gaya tarik dalam mengangkat dan memindahkan beban. Asumsi *wire rope* sebagai mesin dapat diterima karena *wire rope* memiliki beberapa bagian bergerak yang menahan beban dan secara dinamis mendistribusikannya untuk dapat melakukan pekerjaan. Salah satu kelebihan *wire rope* adalah mampu menahan beban yang berat dan di saat yang sama tetap fleksibel. *Wire rope* dapat menahan beban tekuk dari berbagai arah yang tidak mampu dilakukan oleh alat angkat lain sejenis seperti rantai (*chain*).

Chain yang digunakan sebagai alat bantu angkat menggunakan rangkaian seri dari setiap bagiannya. Apabila satu bagian dari rangkaian tersebut putus, maka seluruh rangkaian alat bantu angkat tersebut akan jatuh. Sementara *wire rope* terangkai secara paralel dalam menahan beban sehingga masih dapat digunakan secara aman apabila satu atau beberapa *wire* putus.

Penggunaan *wire rope* biasanya terbagi menjadi 2 kategori yaitu statik dan dinamik. Penerapan statik contohnya pada *tower supports*, *guy wires*, *suspension bridge supports*, dan jaringan transmisi listrik. Penerapan dinamik pada umumnya untuk menarik atau mengangkat yang terdapat pada peralatan *elevators*, *cranes*, *hoists*, *dredges*, and *control cables*. Tegangan dinamis membutuhkan fleksibilitas untuk dapat melewati *sheaves* and *drums*.



Gambar 1. Element Putus pada Rantai dan *Wire Rope*



Gambar 2. Elemen *Wire Rope*

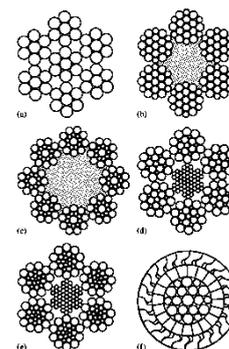
Pada dasarnya *wire rope* terdiri dari 3 komponen yaitu inti tali (*core*), kumpulan pilinan kawat-kawat (*strand*), dan kawat-kawat (*wires*) sebagaimana terlihat pada Gambar 2. Inti tali merupakan pusat seutas tali baja dan letaknya di bagian dalam kumpulan-kumpulan pilinan kawat.

2. Jenis-Jenis *Wire Rope*

Bahan dan konstruksi *core* yang digunakan terbagi menjadi 3 jenis yaitu:

- Fiber *Core*,
- WireStrandCore*, dan
- Independent *Wirerope Core*.

Berdasarkan jenis konstruksi *core* dan *strand* nya, *wire rope* dapat dibedakan menjadi jenis Warrington, Seale, Filler, Warrington-seale, dan kombinasi yang lain.

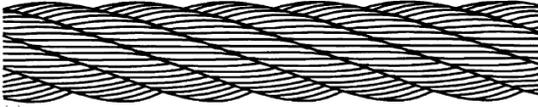


Gambar 4. Jenis *Wire Rope* Berdasarkan Konstruksi *Core* dan *Strand*

Berdasarkan pola arah lay, terdapat 6 jenis *wire rope* yaitu:

- Right Regular Lay*

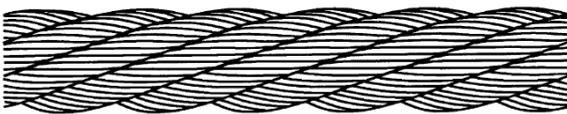
Pada jenis ini, *strand* memilin ke arah kanan sementara *wire* pada *strand* memilin ke arah sebaliknya yaitu ke arah kiri.



Gambar 5. *Right Regular Lay*

b. *Left Regular Lay*

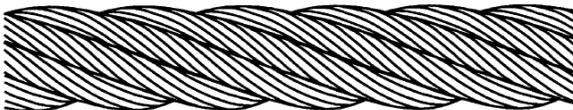
Pada jenis ini, *strand* memilin ke arah kiri sementara *wire* pada *strand* memilin ke arah sebaliknya yaitu ke arah kanan.



Gambar 6. *Left Regular Lay*

c. *Right Lang Lay*

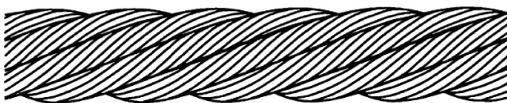
Pada jenis ini, baik *strand* maupun *wire* pada *strand* memilin ke arah kanan.



Gambar 7. *Right Lang Lay*

d. *Left Lang Lay*

Pada jenis ini, baik *strand* maupun *wire* pada *strand* memilin ke arah kiri.



Gambar 8. *Left Lang Lay*

e. *Right Alternate Lay*

Pada jenis ini, *strand* memilin ke arah kanan sementara *wire* pada *strand* memilin ke arah kanan dan kiri secara bergantian.



Gambar 9. *Right Alternate Lay*

f. *Herring Bone Lay*

Pada jenis ini, *strand* memilin ke arah kanan sementara *wire* pada 2 *strand* memilin ke arah kanan kemudian diikuti 1 *strand* yang memilin ke arah kiri.



Gambar 10. *Herring Bone Lay*

3. Kemampuan *Wire Rope*

Wire rope dibuat dari kawat baja dengan tegangan tarik maksimum 130 s.d. 200 kg/mm². Dalam pembuatannya kawat mengalami *special heat treatment* dan *cold working* guna meningkatkan sifat mekanisnya. Kawat baja untuk *crane* yang beroperasi di daerah yang kering tidak perlu dilapisi (*uncoated*), sedangkan pada udara yang lembab dapat dilakukan galvanisasi (*zinc coated*) untuk melindungi *wire rope* dari korosi. Akibat proses *tempering effect* dari *hot zinc coating*, maka kapasitas angkat beban kawat akan berkurang sekitar 10%.

Sifat-sifat mekanis yang diinginkan oleh *wire rope* antara lain:

a. Kekuatan (*strength*)

Wire rope harus kuat dan mampu menjamin keamanan pemindahan beban. Hal ini tergantung pada spesifikasi dan tingkat bahan material baik untuk *core* maupun *wire*, diameter *wire rope*, banyaknya *wire* dalam *strand*, dan jenis *lay*.

b. Fleksibel dan Ketahanan terhadap beban penekukan

Wire rope harus mampu menekuk melintasi puli berdiameter kecil tanpa terputusnya kawat akibat kelelahan beban terhadap penekukan. Hal ini bergantung pada diameter kawat, jenis *lay*, proses pembentukan *strand* menjadi *wire rope*.

c. Ketahanan terhadap abrasi

Wire rope harus tahan terhadap abrasi sewaktu melintasi alur-alur puli akibat operasi tekanan besar atau kontak

terhadap benda-benda diam. Hal ini tergantung pada diameter kawat pada deretan terluar *strand*, jenis *lay*, kandungan karbon dan mangan serta kualitas bahan maupun perlakuan panas pada *wire rope*.

- d. Ketahanan terhadap perubahan bentuk *Wire rope* harus tahan terhadap perubahan bentuk akibat beban terlalu besar pada alur puli atau penggulangan *wire rope* pada *drum* yang lebih dari satu lapisan. Hal ini tergantung pada jenis *core*.
- e. Ketahanan terhadap puntiran *Wire rope* harus tahan terhadap puntiran agar tali tidak terbongkar dari pilinannya dan beban tidak stabil. Hal ini tergantung pada jenis *lay* dan jenis *core*.
- f. Ketahanan terhadap korosi Tali hari tahan terhadap korosi agar mampu mempertahankan masa pakainya. Hal ini tergantung pada jenis bahan, pelapisan, dan pelumasan.

4. Electromagnetic Examination

Salah satu metode *Nondestructive Examination* yang dapat digunakan untuk mengetahui kondisi *wire rope* adalah *Electromagnetic Examination* yang mengacu pada ASTM E 1571. Metode uji ini hanya dapat digunakan untuk *wire rope* yang terbuat dari baja (*steel*) karena karakter *ferromagnetic* yang dibutuhkan. Terdapat 3 jenis dasar peralatan yaitu:

a. AC Electromagnetic Instruments

Electromagnetic Instruments bekerja dengan prinsip transformer dengan menggunakan *primary* dan *secondary coil* yang melilit *wire rope*. *Wire rope* bertindak sebagai inti transformer. *Primary coil* dialiri arus AC berfrekuensi rendah (10 s.d. 30 Hz). *Secondary coil* mengukur karakter magnetik dari *wire rope*. Perubahan signifikan dari karakter magnetik akan ditunjukkan melalui perubahan voltase (*amplitudo* dan *phase*) di *secondary coil*.

Electromagnetic instruments biasanya beroperasi di medan magnet yang relatif berkekuatan rendah sehingga diperlukan proses penghilangan magnet (demagnetisasi) pada *wire rope* sebelum pengujian dilakukan. Jenis peralatan ini ditujukan untuk mendeteksi perubahan area penampang logam di *wire rope*.

b. Direct Current dan Permanent Magnet Method Instruments

Peralatan ini mengirim *flux* yang konstan yang memberikan medan magnet sepanjang *wire rope* seiring melewati *sensor head*. Total *flux magnet* aksial di *wire rope* dapat diukur oleh sensor efek Hall atau alat lain medan magnet absolut dan variasinya dalam medan magnet yang *steady*. Sinyal dari sensor akan diproses secara elektronik dan voltase output proporsional terhadap perubahan area penampang logam di *wire rope*.

c. Magnetic Flux Leakage Instruments.

Peralatan ini mengirim *flux* yang konstan yang memberikan medan magnet sepanjang *wire rope* seiring melewati *sensor head*. *Magnetic flux leakage* muncul akibat dari diskontinuitas dari *wire rope* seperti *brokenwire* yang terdeteksi melalui sensor diferensial seperti Hall effect sensor, *sensor coils*, ataupun sensor lain. Sinyal dari sensor akan diproses secara elektronik dan direkam. Jenis peralatan ini mengukur *flux leakage* yang menunjukkan *brokenwire* ataupun korosi internal.

III. PEMBAHASAN

1. Kerusakan pada Wire Rope

Seperti halnya mesin, *wire rope* memiliki masa pakai yang terbatas dan kemampuannya berkurang seiring seringnya penggunaan. Faktor instalasi, cara penggunaan, dan perawatan yang dilakukan akan mempengaruhi masa pakai *wire rope*. Kemampuan *wire rope* berkurang akibat keausan, korosi, dan putusnya *wire* penyusun.

Sedangkan beberapa lokasi yang memerlukan perhatian khusus karena pada bagian tertentu dari *wire rope* kerusakan dapat terjadi lebih cepat, yaitu:

- Zona *wire rope* yang paling sering beroperasi
- Titik pengangkatan (*pick up point*)
- Ujung fitting (*end fitting*)
- Equalising sheaves* dan *sheaves*
- Zona keausan yang tinggi di *drum*.
- Bagian dari *wire rope* yang beroperasi di lingkungan ekstrem.

2. Jenis – Jenis Kerusakan *Wire Rope*

Ada banyak jenis kerusakan pada *wire rope*. Sedangkan kerusakan-kerusakan itu

harus dianalisa apakah kerusakan itu harus diganti atau tidak. Kriteria penggantian *wire rope* dipersyaratkan ASME B30.2, ASME B30.3, ASME B30.4, dan ASME B30.5. Sedangkan jenis-jenis kerusakannya adalah sebagai berikut

a. Broken Wire

Penyebab *brokenwire* dapat antara lain beban melebihi kapasitas, beban kejut, dan getaran berlebih. Tabel 1 di bawah ini menunjukkan jumlah *brokenwire* minimum yang mengharuskan penggantian *wire rope* berdasarkan beberapa standar.

Tabel 1. Jumlah Broken *Wire* untuk Penggantian *Wire rope*

| Standard | Equipment | Number of broken wires in Running Ropes | | Number of broken wires in Standing Ropes | |
|-------------|---|---|---------------|--|-------------------|
| | | In one Rope Lay | In one Strand | In one Strand | At End Connection |
| ASME/B30.2 | Overhead & Gantry Cranes | 12** | 4 | Not specified | |
| ASME/B30.4 | Portal, Tower & Pillar Cranes | 6** | 3 | 3 | 2 |
| ASME/B30.5 | Crawler, Locomotive & Truck Cranes, Rotation Resistant Rope | Retirement criteria based on number of broken wires found in a length of wire rope equal to 6 times rope diameter- 2 broken wires maximum, and 30 times rope diameter- 4 broken wires maximum | | | |
| | Running Rope | 6** | 3 | 3 | 2 |
| ASME/B30.6 | Derricks | 6** | 3 | 3 | 2 |
| ASME/B30.7 | Base Mounted Drum Hoists | 6** | 3 | 3 | 2 |
| ASME/B30.8 | Floating Cranes & Derricks | 6** | 3 | 3 | 2 |
| ASME/B30.16 | Overhead Hoists | 12** | 4 | Not specified | |
| ANSI/A10.4 | Personnel Hoists | 6** | 3 | 2** | 2 |
| ANSI/A10.5 | Material Hoists | 6** | Not specified | Not specified | |



Gambar 14. *Wire* Putus



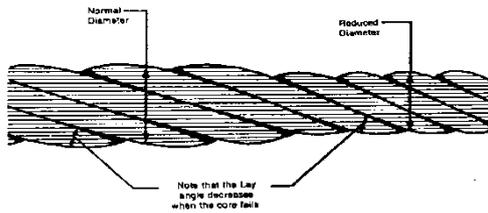
Gambar 15. *Strand* Putus

Pengurangan diameter dapat disebabkan oleh abrasi, korosi, atau putusnya *core* pada *wire rope*. Berdasarkan standar ASME B30.2, B30.3, B30.4, dan B30.5, terdapat batas maksimum untuk pengurangan diameter *wire rope* sebagaimana tercantum pada Tabel 2.

b. Pengurangan Diameter

Tabel 2. Batas Maksimum Pengurangan Diameter

| Rope Diameter | Maximum Allowable Reduction From Nominal Diameter |
|---|---|
| Up to $\frac{5}{16}$ in. (8 mm) | $\frac{1}{64}$ in. (0.4 mm) |
| Over $\frac{5}{16}$ in. to $\frac{1}{2}$ in. (13 mm) | $\frac{1}{32}$ in. (0.8 mm) |
| Over $\frac{1}{2}$ in. to $\frac{3}{4}$ in. (19 mm) | $\frac{3}{64}$ in. (1.2 mm) |
| Over $\frac{3}{4}$ in. to $1\frac{1}{8}$ in. (29 mm) | $\frac{1}{16}$ in. (1.6 mm) |
| Over $1\frac{1}{8}$ in. to $1\frac{1}{2}$ in. (38 mm) | $\frac{3}{32}$ in. (2.4 mm) |



Gambar 16. Pengurangan Diameter Wire Rope

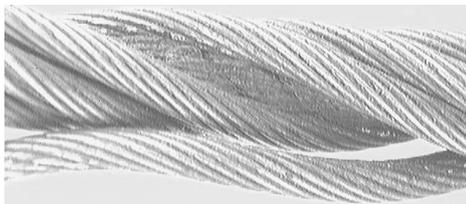
c. Korosi

Korosi pada *wire rope* dapat terjadi akibat tidak cukupnya pelumasan, teknik penyimpanan yang tidak tepat, dan akibat terpapar oleh asam dan alkali.

Berdasarkan British Standard 6570, *wire rope* harus diganti apabila korosi telah menyebabkan kekasaran dan bintik-bintik yang sangat parah.



Gambar 19. External Corrosion



Gambar 20. Internal Corrosion

d. Perubahan Bentuk Wire rope

1) *Waviness*



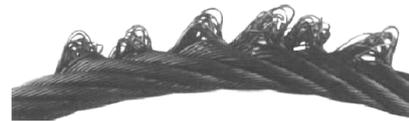
Gambar 21. *Waviness*

2) *Bridgeway*



Gambar 22. *Bridgeway*

3) *Loop formation*



Gambar 23. *Loop Formation*

4) *Loose wire*



Gambar 24. *Loose Wire*

5) *Nodes*



Gambar 25. *Nodes*

6) *Thinning of the rope*

Gambar 26. *Thinning of The Rope*7) *Kinks*Gambar 27. *Kink*8) *Flat area*Gambar 28. *Flat Area*9) *Kerusakan akibat Panas*

Wire rope yang beroperasi di atas temperatur 300 C akan mengalami penurunan kekuatannya sebagaimana terlihat pada Gambar 29. Apabila hasil inspeksi menunjukkan kerusakan tersebut (Gambar 30), *wire rope* harus diganti.

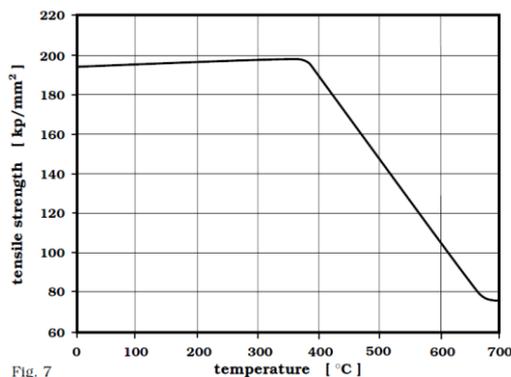


Fig. 7

Gambar 29. Pengaruh Temperatur terhadap Tensile Strength *Wire Rope*

Gambar 30. Kerusakan akibat Panas

3. Metode Pemeriksaan *Wire Rope*

a. Pemeriksaan Visual

Seluruh *wire rope* harus dilakukan pemeriksaan rutin secara visual oleh operator ataupun personil yang ditunjuk setiap saat shift pekerjaan dimulai. Pengamatan visual lebih berkonsentrasi pada kerusakan yang umum seperti *wire ropedeformation/distortion*, korosi, serta *strand* dan *wire* yang putus. Apabila kerusakan tersebut ditemukan, *wire rope* harus diganti atau dilakukan inspeksi yang lebih mendalam. Pemeriksaan visual ini dapat dilakukan ketika inspeksi rutin dan inspeksi berkala atau periodik.

Inspeksi visual secara inheren tidak cocok untuk mendeteksi kerusakan *rope* bagian dalam. Oleh karena itu, mereka memiliki nilai terbatas hanya pada pemeriksaan kawat tali tunggal. Namun, inspeksi visual adalah pemeriksaan yang sederhana dan tidak memerlukan peralatan khusus. Ketika dikombinasikan dengan pengetahuan seorang pemeriksa yang berpengalaman, inspeksi visual dapat menyediakan informasi tambahan yang berharga untuk mengevaluasi berbagai bentuk degradasi dari *rope*.

b. Pemeriksaan dengan Electromagnetic Examination

Inspeksi secara visual hanya mampu mengamati kerusakan eksternal. Kerusakan pada *core*, korosi internal, kurangnya pelumasan tidak mampu terlihat saat inspeksi visual. Oleh karena itu, diperlukan metode pemeriksaan untuk dapat mengetahui kondisi internal dari *wire rope* yaitu dengan *Electromagnetic Examination* yang didasarkan pada ASTM E 1571.

Karakteristik yang diukur dari metode ini adalah *Loss in Metallic Area (LMA)* dan *Local Flaws (LF)*. LMA adalah kerusakan yang tersebar seperti korosi dan abrasi.

Sementara LF merupakan kawat putus dan rusak serta korosi berbintik.

IV. PENUTUP

Dikombinasikan dengan inspeksi visual, inspeksi elektromagnetik dapat sangat meningkatkan akurasi dan reliabilitas pemeriksaan *wire rope*. Hal ini terutama berlaku untuk tali yang rusak bagian internalnya seperti keseimbangan torsi pada *strand rope* dan *IWRC rope*.

Gabungan inspeksi visual dan elektromagnet juga dapat digunakan sebagai alat pemeliharaan preventif yang kuat. Secara keseluruhan, penggunaan pemeriksaan elektromagnetik menjanjikan keamanan pada *crane*. Selain itu, pemeriksaan elektromagnetik merupakan alat pemeliharaan preventif yang efektif yang menjanjikan penghematan biaya yang cukup.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM A 1007 Standard Specification for Carbon Steel Wire for Wire rope
- ASTM A 1023 Standard Specification for Stranded Carbon Steel Wire Ropes for General Purposes
- ASTM E 1571 Electromagnetic Examination of Ferromagnetic Steel Wire Rope
- Fahran, Inspeksi Wire Rope Pada Pesawat Angkat, 2014
- R. Verreet & W. Lindsay, Wire Rope Inspection and Examination, 1996

*) Penulis adalah pejabat fungsional widyaiswara muda Pusdiklat Migas