

Evaluasi Visual dan Uji Penetrant Wire Rope Sling pada Pesawat Angkat di Industri Energi Panas Bumi

Doni Suseno¹

doni.suseno.directional@gmail.com¹

¹Sekolah Tinggi Teknologi Bina Tunggal

* Corresponding Author e-mail: doni.suseno.directional@gmail.com

Article History

Received: 10-4-2025

Revised: 5-5-2025

Published: 26-5-2025

Key Words:

Wire rope sling, visual inspection, penetrant test, occupational safety, lifting equipment.

Kata Kunci:

Wire rope sling, inspeksi visual, penetrant test, keselamatan kerja, pesawat angkat..

Abstract: Lifting and moving activities in the geothermal sector require lifting gear, including wire rope slings, as a vital element in ensuring work safety. The decline in the quality of wire ropes over time is a major concern because it has the potential to cause work accidents. This study aims to evaluate the condition of wire rope slings through visual inspection methods and penetrant tests according to ASME Section V standards. The methodology includes field observation, specimen preparation, and penetrant testing with chemical liquids SKL-SP1, SKD-52 and SKC-5 made by Magnaflux. The inspection was carried out on wire rope slings with a diameter of 18.4 mm with 6x36 WS IWRC construction and certification according to manufacturing standards. The inspection results showed no indication of surface defects such as significant cracks or corrosion pits. The penetrant test strengthened the visual results with no indication of relevant linear (>1.5 mm) or relevant rounded (>5 mm), indicating that the wire rope is suitable for use within the operational period according to company regulations. These results confirm that the combination of visual inspection and penetrant test is effective in ensuring the suitability of wire rope slings. This study recommends periodic inspections every six months with recording the results as a historical reference. These findings can be used as a reference for inspection procedures in similar industries to improve the reliability and operational safety of lifting equipment.

Abstrak: Kegiatan pengangkatan dan pemindahan beban di sektor panas bumi memerlukan perangkat lifting gear, termasuk wire rope sling, sebagai elemen vital dalam menjamin keselamatan kerja. Penurunan kualitas wire rope seiring penggunaan menjadi perhatian utama karena berpotensi menimbulkan kecelakaan kerja. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi wire rope sling melalui metode inspeksi visual dan uji penetrant sesuai standar ASME Section V. Metodologi meliputi observasi lapangan, persiapan spesimen, serta pengujian penetrant dengan cairan kimia SKL-SP1, SKD-52 dan SKC-5 buatan Magnaflux. Pemeriksaan dilakukan terhadap wire rope sling berdiameter 18,4 mm dengan konstruksi 6x36 WS IWRC dan sertifikasi sesuai standar manufaktur. Hasil inspeksi menunjukkan tidak ditemukan indikasi cacat permukaan seperti crack atau corrosion pits yang signifikan. Uji penetrant memperkuat hasil visual dengan tidak adanya indikasi linier relevan (>1,5 mm) maupun rounded relevan (>5 mm), yang mengindikasikan wire rope layak digunakan dalam jangka waktu operasional sesuai regulasi perusahaan. Hasil ini menegaskan bahwa kombinasi inspeksi visual dan penetrant test efektif dalam memastikan kelayakan wire rope sling. Penelitian ini merekomendasikan inspeksi berkala setiap enam bulan dengan pencatatan hasil sebagai referensi historis. Temuan ini dapat dijadikan acuan untuk prosedur inspeksi di industri sejenis guna meningkatkan keandalan dan keselamatan operasional alat angkat.

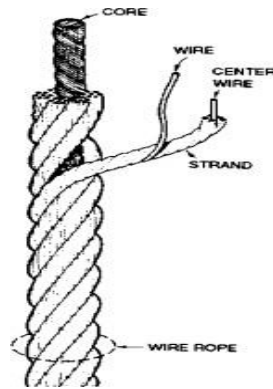
Pendahuluan

Aktivitas pengangkatan dan pemindahan beban di sektor energi panas bumi merupakan bagian integral dalam mendukung kelancaran operasional. Dalam proses ini, peralatan pesawat angkat seperti crane memegang peran krusial, dengan wire rope sling sebagai salah satu komponen utama. Wire rope sling berfungsi untuk menahan dan mengangkat beban secara vertikal maupun horizontal, sehingga kondisi dan integritasnya sangat menentukan keselamatan kerja. Seiring penggunaan, wire rope mengalami penurunan kualitas akibat faktor mekanik seperti fatigue, abrasi, korosi, hingga deformasi struktural. Penurunan kualitas tersebut, jika tidak terdeteksi sejak dini, dapat menimbulkan risiko kecelakaan kerja yang serius. Oleh karena itu, inspeksi berkala menjadi sebuah keharusan dalam sistem manajemen keselamatan kerja di industri, khususnya yang bergerak dalam sektor berisiko tinggi seperti panas bumi dan migas.

Peraturan Menteri ESDM No. 33 Tahun 2021 telah menggarisbawahi pentingnya aspek keselamatan dan kesehatan kerja serta pemenuhan kaidah teknis pada instalasi panas bumi, termasuk perangkat pengangkat. Selain itu, standar internasional seperti ASME Section V dan ISO 9712 juga menekankan penggunaan metode uji tak merusak (*Non-Destructive Testing/NDT*) dalam memastikan kondisi komponen vital seperti wire rope. Dua metode uji NDT yang paling umum digunakan adalah inspeksi visual (*visual inspection*) dan uji penetrant (*liquid penetrant test*). *Visual inspection* merupakan pemeriksaan awal yang sederhana namun penting untuk mendeteksi cacat permukaan. Sementara *penetrant test* memungkinkan pendeteksian diskontinuitas mikro yang tidak terlihat kasat mata melalui prinsip kapilaritas bahan kimia.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan evaluasi kondisi wire rope sling menggunakan kombinasi metode inspeksi visual dan penetrant test, serta menilai kelayakan komponen tersebut untuk terus digunakan. Penelitian dilakukan berdasarkan referensi standar teknis serta praktik keselamatan industri yang berlaku, dengan harapan dapat memberikan acuan dalam penerapan inspeksi berkala pada alat bantu angkat.

Teknik pemeriksaan *penetrant test* untuk *wire rope* menggunakan sarana media bahan kimia, seperti ; *chemical penetrant*, *chemical developer*, dan *chemical cleaner/remover*. *Wire rope* adalah Tali baja yang terbuat dari beberapa *WIRE* yang dipilin membentuk *STRAND*, lalu beberapa strand tersebut dipilin mengelilingi *CORE* untuk membentuk sebuah *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 bagianbergerak yang menahan beban dan secaradinamis 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.



Gambar 1. Elemen Wire Rope

Wire rope sling, adalah *wire rope* yang salah satu atau kedua ujungnya sudah diterminasi atau dibuat mata. *Wire rope sling* ini diantaranya digunakan di lapangan untuk aplikasi mengangkat barang (*lifting*), menarik (*towing*), dan masih banyak lagi. Pembuatan *wire rope sling* sifatnya *customized*, yang berarti *wire rope sling* ini dapat difabrikasi sesuai dengan spesifikasi dan kebutuhan user di lapangan.

Wire rope sling memiliki banyak fungsi dan kegunaan diberbagai aplikasi khususnya aplikasi yang berhubungan dengan alat-alat berat. Beberapa dari fungsi *wire rope sling* tersebut akan kami coba paparkan agar anda dapat memahami beberapa aplikasi yang membutuhkan *wire rope sling* sebagai alat bantu. Berikut adalah fungsi *wire rope sling* berdasarkan fungsinya:

1. Pada bidang perkapalan, *wire rope sling* dapat digunakan untuk memindahkan kapal, menarik kapal tongkang atau kapal yang sedang mengalami kerusakan
2. Pada industri migas, fungsi dari *wire rope sling* adalah sebagai alat bantu angkat alat-alat berat. Biasanya *wire rope sling* digunakan pada *crane* dan beberapa alat berat lainnya.
3. Pada bidang konstruksi fungsi *wire rope sling* adalah membantu mengangkat barang-barang yang berat seperti beton, genset, pipa besi, tiang, dan sebagainya. Biasanya *wire rope sling* dipasang pada traktor atau *crane*. Pada bidang konstrusk pun, *wire rope sling* digunakan untuk membangun jembatan

Mengacu kepada ASME B30.9, *wire rope sling* harus di *remove* jika ditemukan kondisi pada saat service sebagai berikut:

1. *Rated Capacity Tag*
2. *Broken wires*
3. *Metal loss*
4. *Distortion*
5. *Heat damage*
6. *Damaged end attachments*
7. *Bent hooks*
8. *Metal corrosion*

Inspeksi visual (*visual inspection*) umum dilakukan sebelum melakukan langkah pemeriksaan selanjutnya. Inspeksi visual adalah yang paling mendasar dari berbagai metode

kontrol pengujian tanpa merusak. *Masterlink*, *wire rope*, dan *shackle* sebagai kesatuan *lifting gear* pada sebuah *container* sangat penting untuk dilakukan pemeriksaan secara visual agar terlihat bagaimana kondisi setelah dilakukan pemakaian pada saat digunakan ataupun kondisi lingkungan.

Penetrant Test, merupakan suatu cara untuk mengetahui cacat las pada permukaan benda kerja hasil pengelasan atau hasil proses produksi logam dengan menggunakan sejenis cairan kimia yang bekerja berdasarkan Rembes-anatau secara kapilaritas.

Uji Penetrasi dapat di lakukan pada material yang mengandung besi (*ferro*) atau material yang tidak mengandung besi (*non ferro*) termasuk kaca, keramik, dan plastik. Sertifikasi sesuai acuan ISO 9712.

Jenis-Jenis Uji Penetrasi :

- a. *Water Washable Contrast.*
- b. *Solvent Removable Contrast.*
- c. *Water Washable Fluorescent.*
- d. *Solvent Removable Fluorescent.*
- e. *Post-emulsifiable Fluorescent.*

Penetrant Test memiliki kelebihan dan kekurangan:

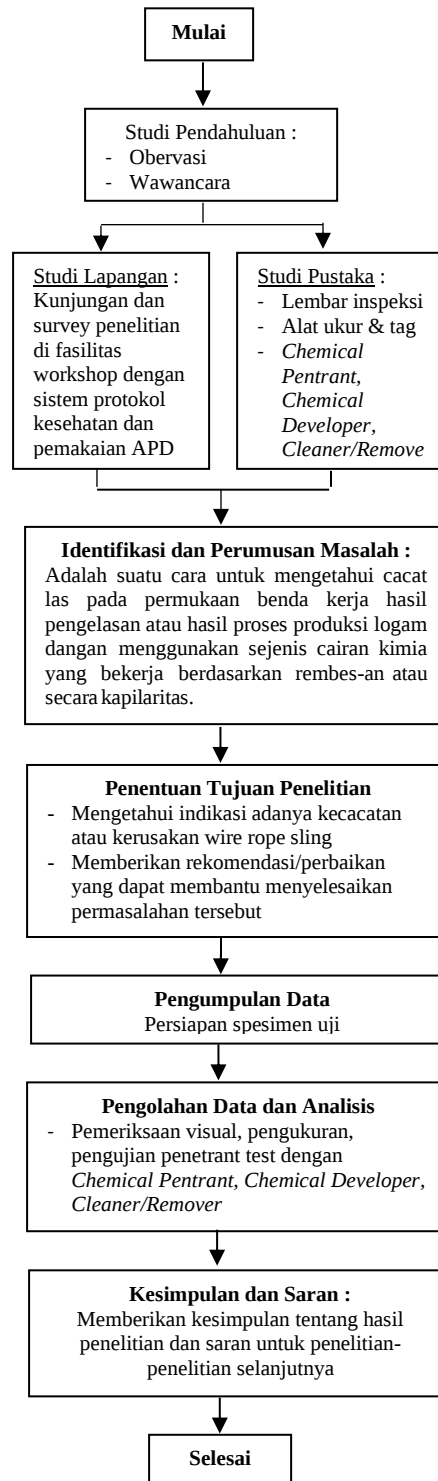
Kelebihannya:

- Mudah digunakan
- Murah
- Cepat mendapatkan hasil Uji
- Mudah di bawa ke area pengujian
- Dapat di gunakan pada logam yang tidak mengandung unsur besi.
- Tidak diperlukan keahlian khusus

Kekurangannya:

- Hanya bisa memeriksa cacat permukaan saja.
- Cairan penetrasi dapat terkontaminasi dengan unsur lain (antara lain parafin)
- Sulit membersihkan permukaan benda Uji
- Cairan kimia berpotensi merusak kesehatan
- Hasil pengujian tidak bisa bertahan lama.

Metode Penelitian



Gambar 2. Digram Alur Penelitian

Sangat penting untuk dilakukan pemeriksaan secara *visual* agar terlihat bagaimana kondisi setelah dilakukan pemakaian pada saat digunakan ataupun kondisi lingkungan. Metode penetrant test adalah cara untuk mengetahui cacat las pada permukaan benda kerja hasil pengelasan atau hasil proses produksi logam dangan menggunakan sejenis cairan kimia yang

bekerja berdasarkan rembes-an atau secara kapilaritas. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui indikasi adanya kecacatan atau kerusakan pada wire rope sehingga layak untuk dipergunakan.

Unit *lifting gear* mencakup *masterlink*, *shackle* dan *wire rope sling*. Deskripsi wire rope sling yang akan diuji disini, yaitu sebagai berikut:

Parameter	Nilai
Nominal Diameter	18,00 mm
Actual Diameter	18,40 mm
Tensile Strength	1960 MPa
Minimum Breaking Load	226 kN
Lay	RHRL
Construction	6x36 WS
Core Type	IWRC
Finish	Galvanized
Manufaktur	Kiswire
ID Number	22080095-001
Rope Number	50-51
Certificate Number	2012-08-016/RW11177

Berikut menunjukkan kondisi *wire rope* yang sudah dipersiapkan untuk dilakukan inspeksi



Gambar 3
Wire Rope Sling Sebelum Pengujian Visual Inspection & Penetrant Test
ID Number : 22080095-001

Sebelum memulai pekerjaan, diperlukannya izin bekerja aman (*save work permit*) dan juga *briefing* atau *toolbox meeting*. Setelah izin bekerja aman tersebut sudah mendapatkan persetujuan dari bagian terkait, maka kemudian langkah selanjutnya adalah melakukan pemeriksaan visual dan pembersihan untuk menghilangkan kotoran dan korosi yang melekat pada *wire rope sling* sehingga bisa dilanjutkan kegiatan pengukuran untuk mengetahui dimensi material yang akan dilakukan uji inspeksi.

Berdasarkan ASME section V artikel 6 yang menjelaskan mengenai *liquid penetrant test*, dalam hal ini cairan *penetrant* yang digunakan dalam pengujian penetrant ini dapat diklasifikasikan berdasarkan jenis zat pewarna yang ditambahkan, yaitu:

1. *Visible dye penetrants*: zat pewarna merah.
2. *Fluorescent penetrants*: zat pewarna hijau-kuning (*fluorescent*).
3. *Dual sensitivity penetrants*: kombinasi kedua zat pewarna, *visible* dan *fluorescent*.

Sedangkan berdasarkan proses pembersihan sisa *penetrant* dari permukaan benda uji dapat diklasifikasikan menjadi sebagai berikut :

1. *Water-washable penetrants*: dapat dibilas langsung dengan air, karena sudah mengandung zat pengemulsi.
2. *Post-emulsifiable penetrants*: memerlukan pengemulsi terpisah untuk menjadikan penetrant dapat dibilas dengan air.
3. *Solvent removable penetrants*: memerlukan pembersihan dengan solven khusus jika menggunakan penetrant visible dalam kaleng bertekanan.

Sebelum melakukan inspeksi, dilakukan persiapan peralatan dan material yang dipergunakan. Berikut hal yang dipersiapkan sebelum pengujian dilakukan :

a. Ragum

Ragum digunakan untuk menjepit spesimen uji agar memudahkan dalam peletakan spesimen uji.



Gambar 4. Ragum

b. *Chemical Penetrant, Chemical Developer, Chemical Cleaner/Remover*

Berikut adalah material chemical yang dipergunakan untuk pekerjaan magnetic particle test



Gambar 5. *Chemical Penetrant, Chemical Developer, Chemical Cleaner/Remover*

Spesifikasi untuk chemical seperti penetrant, dapat dijelaskan sebagai berikut:

Deskripsi:

SKC-5, SKD-52, SKL-SP1

Produk/Manufaktur: *Magnaflux*

Buatan : USA

Komposisi : Tercantum di MSDS

c. *Drilling Machine*

Spesifikasi untuk *drilling machine*, dapat dijelaskan sebagai berikut :

Deskripsi : *Drilling Machine*

Produk/Manufaktur: BOSCH

Buatan : Jerman

d. *Tip Paint Marker Pen*

Spesifikasi untuk *tip paint marker pen*, dapat dijelaskan sebagai berikut:

Deskripsi : *Tip Paint Marker Pen*

Produk/Manufaktur : Ambersil

Buatan : Inggris

e. *Vernier Caliper*

Spesifikasi untuk vernier caliper, dapat dijelaskan sebagai berikut :

Deskripsi : *Vernier Caliper*

Produk/Manufaktur : Mitutoyo

Buatan : Jepang

f. *Hammer 5 Kg*

Spesifikasi untuk hammer 5 kg, dapat dijelaskan sebagai berikut :

Deskripsi: Hammer 5 Kg

Merk / Type: Krisbow

Produksi: Indonesia

g. *Punch Stamp Letter*

Spesifikasi untuk punch stamp letter, dapat dijelaskan sebagai berikut :

Deskripsi: *Punch Stamp Letter*

Merk / Type: Masus

Produksi: Jerman

h. *Wire Brush*

Spesifikasi untuk brush, dapat dijelaskan sebagai berikut :

Deskripsi : *Wire Brush*

Merk / Type : *Eterna*

Produksi : Indonesia

i. *Cotton Wrag*

Spesifikasi untuk cotton wrag, dapat dijelaskan sebagai berikut :

Deskripsi : *Cotton Wrag*

Merk / Type : *Lini*

Produksi : Indonesia

Hasil dan Pembahasan

Hasil Penelitian

Visual Inspection

Visual Inspection umum dilakukan sebelum melakukan langkah pemeriksaan selanjutnya. *Visual inspection*, adalah yang paling mendasar dari berbagai metode kontrol pengujian tanpa merusak. *Wire rope* sebagai salah satu kesatuan dari *lifting gear* sangat penting untuk dilakukan pemeriksaan secara *visual* agar terlihat bagaimana kondisi dan ukuran setelah dilakukan pemakaian pada saat digunakan ataupun kondisi lingkungan. Tahapan ini merupakan elemen awal penilaian untuk penerimaan bagian individu atau sistem keseluruhan sebelum masuknya ke dalam layanan, atau sebagai kontrol awal untuk kinerja pengujian selanjutnya yang memverifikasi operabilitasnya. Keuntungan metode *visual inspection* disini biayanya murah dan tidak terlalu rumit karena tidak menggunakan alat-alat yang sulit digunakan. Dalam penelitian ini dilakukan pemeriksaan terhadap *lifting gear* dengan *ID Number* #22080095-001



Gambar 6 :
Visual Inspection Wire Rope
ID Number: 22080095-001

Penterant Test

Setelah *wire rope sling* sudah dilakukan pemeriksaan secara visual, kemudian dilakukan pembersihan kotoran menggunakan sikat baja harus dibersihkan memakai *cleaner*. Adapun pengaplikasian *cleaner* dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

1. Penyemprotan *cleaner* untuk pembersihan awal bisa langsung dilakukan pada daerah yang akan dilakukan pengujian.
2. Setelah dilakukan pembersihan awal, biarkan permukaan material yang akan diuji selama minimal 1 menit, hal ini dilakukan agar *cleaner* yang ada di dalam diskontinuitas menguap.

Setelah material yang diuji sudah melalui tahap-tahap yang ditentukan tadi, maka tahap selanjutnya adalah pengaplikasian *developer*. Sebelum pengaplikasian *developer*, kaleng *developer* harus dikocok terlebih dahulu, hal ini bertujuan supaya terjadi pencampuran yang sempurna dari *developer* yang akan dilakukan untuk pengujian tersebut. Kemudian, *developer* harus disemprotkan sampai terbentuk lapisan tipis yang rata. Jarak penyemprotan *developer* ke benda kerja ini minimal antara 15-20 cm.

1. Suhu
Suhu permukaan dari material yang akan dilakukan pengujian dan suhu material penetrant harus diantara 20°C hingga 50°C selama pengujian berlangsung.
2. Metoda Pengaplikasian

Penetrant diaplikasikan dengan cara dioleskan menggunakan kuas, maupun dengan disemprotkan (menyesuaikan dengan klasifikasi penetrant yang digunakan pada pengujian tersebut).

3. Waktu Penetrasi/Waktu Diam

Waktu penetrasi dilakukan selama minimal 5 (lima) menit dan diperbolehkan melakukan penambahan penetrant di daerah yang diperiksa selama pengujian, supaya pada daerah tersebut tetap basah oleh penetrant sepanjang waktu penetrasi.

Setelah waktu penetrasi (waktu diam) yang sudah ditentukan tercapai, sisa-sisa penetrant yang berada di permukaan benda uji harus dibersihkan dengan cara mengelap permukaan material dengan majun / lap / tisu yang kering dan bersih sampai semua sisa penetrant hilang. Kemudian dilakukan pembersihan kembali menggunakan majun/lap/tisu bersih yang sudah dilembabkan menggunakan *cleaner/remover*. Pada tahap ini, jangan sampai majun/lap/tisu terlalu basah, untuk meminimalisir hilangnya penetrant yang ada di dalam diskontinuitas/cacat pada material yang sedang dilakukan pengujian tersebut. Setelah pembersihan selesai, maka biarkan material uji selama minimal 1 menit dan maksimal 10 menit, hal ini bertujuan untuk mengeringkan bagian permukaan material yang akan dilakukan pengaplikasian developer.

Setelah material yang diuji sudah melalui tahap-tahap yang ditentukan tadi, maka tahap selanjutnya adalah pengaplikasian developer. Sebelum pengaplikasian developer, kaleng developer harus dikocok terlebih dahulu, hal ini bertujuan supaya terjadi pencampuran yang sempurna dari developer yang akan dilakukan untuk pengujian tersebut. Kemudian, developer harus disemprotkan sampai terbentuk lapisan tipis yang rata. Jarak penyemprotan developer ke benda kerja ini minimal antara 15-20 cm.

1. **Catatan Pengujian**

Ada beberapa catatan yang perlu dilakukan dalam pengujian ini, diantaranya:

a. Pencahayaan

Pencahayaan pada saat pengujian harus dilakukan di bawah cahaya langsung dengan intensitas minimal sebesar 1000 Lux (100 fc), di ukur pada permukaan yang sedang dilakukan pengujian. Sumber cahaya dan verifikasi intensitas cahayanya harus didemonstrasikan dan dicatat dalam laporan.

b. Pengamatan

Pengamatan terhadap indikasi yang terbentuk dapat dilakukan selama dan setelah pengaplikasian developer, waktu untuk interpretasi akhir dilakukan yaitu antara 10 hingga 30 menit, dihitung setelah developer mengering pada benda kerja yang dilakukan pengujian.

c. Pembersihan Akhir

Pembersihan akhir dilakukan setelah pengujian selesai dilakukan, pembersihan akhir harus dilakukan sesegera mungkin dengan cara yang tidak merusak material uji. Setelah dilakukan tahapan pengujian sesuai prosedur, masuklah kita ke tahapan pengamatan indikasi yang terjadi, indikasi diskontinuitas bisa jadi lebih besar daripada diskontinuitas yang terjadi, tetapi ukuran indikasi inilah yang dipakai sebagai dasar untuk mengevaluasi keberterimaan. Adapun indikasi-indikasi yang terjadi dapat diklasifikasikan menjadi :

1. Indikasi Relevan
Merupakan indikasi yang disebabkan oleh adanya cacat/diskontinuitas yang muncul ke permukaan dengan ukuran $> 1.5 \text{ mm}$.
2. Indikasi Non-Relevan
Merupakan indikasi yang disebabkan selain karena diskontinuitas, seperti ketidakrataan permukaan akibat permesinan, penggerindaan, atau pengelasan
3. Indikasi Linier
Merupakan indikasi yang memiliki panjang lebih besar dari tiga kali lebarnya ($L > 3W$).
4. Indikasi Rounded
Merupakan indikasi yang memiliki bentuk bundar atau elips dengan panjang kurang dari atau sama dengan tiga kali lebarnya ($L \leq 3W$).

Adapun kriteria diterimanya material dari pengujian penetrant ini (sesuai dengan ASME section V article 6) adalah semua permukaan yang dilakukan pengujian harus bebas dari hal-hal berikut:

1. Indikasi linier relevan ($> 1.5 \text{ mm}$).
2. Indikasi rounded relevan ($> 5 \text{ mm}$).
3. Empat atau lebih indikasi rounded yang relevan dalam satu garis lurus dengan jarak $\leq 1.5 \text{ mm}$, dari ujung indikasi satu ke ujung indikasi yang lainnya.



Gambar 7

Wire Rope Sling Setelah Pengujian Visual Inspection & Penetrant Test
ID Number : 22080095-001

2. Tagging dan Pelaporan Hasil Inspeksi

Setelah *wire rope* selesai dilakukan inspeksi, maka langkah selanjutnya adalah pemberian *tagging/name plate inspection* sebagai bukti identitas telah dilakukannya inspeksi untuk kemudian dibuatkan laporan inspeksi termasuk sertifikasinya. Laporan inspeksi harus berisi informasi yang lengkap mengenai jumlah, ukuran dan lokasi indikasi/diskontinuitas. Rekaman hasil inspeksi untuk menjelaskan lokasi dan bentuk diskontinuitas. Catatan permanen diperlukan sebagai acuan pada inspeksi berikutnya. Biasanya bagian-bagian yang diinspeksi ulang akan terlihat bahwa diskontinuitas akan tumbuh perlahan-lahan. Ada 3 macam perekaman hasil inspeksi:

a. Menandai pada komponen

Suatu tanda permanen diberikan di lokasi diskontinuitas untuk menghindari perlakuan yang merusak pada saat operasi. Untuk penandaan ini dapat digunakan

lacquier.

b. Rekaman dengan fotografi

Dengan memotret indikasi kita akan memiliki foto indikasi yang tentunya lebih baik daripada cara nomor 1 karena kondisi indikasi terekam.

c. Metoda Transfer

Dengan metoda ini indikasi pada permukaan komponen ditransfer ke suatu rekaman permanen dengan cara menggunakan plastik yang dilekatkan (bila menggunakan cara kering) lalu direkam.

Evaluasi indikasi diperlukan untuk menentukan lokasi diskontinuitas (*surface atau sub-surface*) dan juga jenis diskontinuitas. Untuk itu inspektor sebaiknya mengetahui sejarah proses bahan yang diuji serta pengetahuan mengenai cacat-cacat bahan yang mungkin terjadi pada proses ini. Dari hasil *penetrant test inspection*, maka akan dihasilkan laporan inspeksi (*inspection report*). Setiap laporan inspeksi harus dilakukan re-sertifikasi sesuai kebijakan dan prosedur perusahaan. Umumnya di perusahaan sektor migas untuk masa periode inspeksi magnetic particle test yaitu berlaku selama 6 bulan, namun semua kembali kepada prosedur perusahaan atau owner. Acuannya *magnetic particle test*, standard yang dipakai oleh BS EN maupun DNV adalah LOLER (*Lifting Operation and Lifting Equipment Regulation*) 1998 dimana seperti halnya UU thn 70, LOLER 1998 sebagai Law nya, dan ACOP (Approved Code of Practice) bisa LEEA, IMCA, NSL, BS EN, DNV dsb. Dan di dalam LOLER inilah terdapat persyaratan 6 bulan utk lifting accessories dan lifting equipment for lifting person atau 12 bulan utk lifting equipment. Dengan diterbitkannya laporan inspeksi ini, maka wire rope pada lifting gear dapat dinyatakan layak operasi dan aman untuk dipergunakan.



Gambar 8

Name Tag Wire Rope Sling Setelah Pengujian Visual Inspection & Penetrant Test
ID Number: 22080095-001

 PT. ADI WARNA PRATAMA Jl. KH. Rusehdin, Pemateneh, Kecamatan Pemateneh, Kabupaten Pangasinan 76111 Phone : 0821-77777777 Fax : 0821-77777777 Email : adiwarnapratama@gmail.com		
DYE PENETRANT INSPECTION REPORT		
Customer	PT. HOT WIRE TECHNOLOGY	AWP No. / No.
Address	1. KEMANGKARAN 4/100 A, BANGKAS KEMANGKARAN, PANGKAJENE, JAWA	Report No.
		Work Location
S/O No.		NOT USED ☐ REWORKING ☐
Date Description	REVISI 1-1000 WIRE KUTUP KUNING	Date of Inspection
Serial Number	1000	AGUST 9 6 2015
Inspection	Substansi (light or surface light)	Ref. Spec (s)
		AMS 252
Temperature		Medium
		Water / emulsion / PT Acetone
Inspection Level	MS-220 (1-1000) Use	
Surface Examination	☐ New Metal ☐ Welded ☒ Other	
Surface Condition	☒ As-Inspected ☐ As-Cut ☐ As-Forged	
	☐ As-Welded ☐ As-Heat Treated	
Surface Preparation	☐ Grinding ☒ Shot Blasted ☐ Other	
	☐ Pickling ☐ Pickling / Blasting	
Degree of Sensitization	☐ None ☒ After Heat-Treatment	
Inspection of Heat Treatment	☐ Normal Heat Treatment ☐ Solution Anneal / Quenching	
Application No.	☐ None ☐ Existing	
Pre Treatment Method Specification:		Details: Heat
Preparation	Shotblast 40/50 Mesh	Preparation Detail Time (minutes)
Pre-treatment	Shotblast 40/50 Mesh	Pre-treatment Detail Time (minutes)
Chemical / Material	PT. ADI WARNA PRATAMA	Inspection Detail Time (minutes)
RECORD / PHOTOGRAPH		
  		
Result:	☐ No Fouling Indication Detected At The Test of Inspection ☐ (Accepted)	PT. Adiwarna Pratama, Pangkajene
Recommendation:	March 9, 2012	
 M. JAKOT SURKANDI WF & ASHT (UT, MS, PT) LEVEL 1		

Gambar 9

Inspection Report Wire Rope Sling Setelah Pengujian Visual Inspection & Penetrant Test
ID Number: 22080095-001

Adapun untuk inspector yang melakukan pengujian *magnetic particle test* setidaknya harus memiliki sertifikasi kompetensi sebagai berikut :

1. NDT Level II in Liquid Penetrant Testing (PT-II)
2. Inspektur Alat Bantu Angkat (IABA) Migas Level I
3. *Welding Inspector Specialist*
4. *Basic Rigging*

Pembahasan

Hasil inspeksi visual menunjukkan bahwa wire rope sling yang diuji berada dalam kondisi fisik baik, tanpa adanya deformasi signifikan, korosi, atau keausan luar biasa. Pemeriksaan ini penting karena inspeksi visual merupakan metode awal dan esensial dalam proses nondestructive testing (NDT) yang digunakan secara luas dalam peralatan lifting di sektor industri berat.

Uji penetrant sebagai langkah lanjutan menunjukkan tidak adanya indikasi linier maupun rounded yang relevan. Hal ini menandakan bahwa tidak terdapat cacat permukaan mikro yang dapat mengganggu fungsi wire rope sling. Prosedur ini sejalan dengan praktik standar internasional seperti yang direkomendasikan oleh ASME Section V dan ISO 9712, serta regulasi teknis nasional melalui Permen ESDM No. 33 Tahun 2021.

Temuan ini diperkuat oleh studi Junjia et al. (2024) yang mengembangkan framework risiko untuk operasi pengangkatan berbasis STAMP. Penelitian mereka mengidentifikasi bahwa wire rope yang tidak terinspeksi secara berkala, terutama secara visual, dapat menjadi sumber utama kecelakaan kerja. Mereka merekomendasikan pelaksanaan inspeksi visual dan pencatatan hasil sebagai bagian integral dari sistem manajemen risiko di fasilitas lifting industri.

Selain itu, studi oleh Chen & Dang (2024) menekankan urgensi penerapan sistem inspeksi berbasis visual dan sensorik untuk pemeliharaan kabel dan sling, terutama di sektor jembatan dan konstruksi berat. Hal ini membuktikan bahwa metode inspeksi visual dan penetrant test tetap menjadi standar utama dalam pendeteksian dini degradasi struktural.

Lebih lanjut, Olsen (2024) dalam konteks keselamatan instalasi offshore menyarankan

bahwa setiap inspeksi harus ditindaklanjuti dengan pelaporan lengkap dan dokumentasi tagging permanen sebagai identifikasi kondisi terakhir wire rope. Hal ini juga telah diterapkan dalam penelitian ini, dengan dilakukannya tagging dan pencatatan hasil inspeksi wire rope sling.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kombinasi inspeksi visual dan penetrant test merupakan pendekatan yang efektif, efisien, dan dapat diterapkan secara rutin sebagai langkah preventif untuk menjaga keselamatan kerja dan memperpanjang umur operasional peralatan lifting.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil inspeksi visual dan uji penetrant terhadap wire rope sling dengan spesifikasi 6x36 WS IWRC, dapat disimpulkan bahwa:

1. Inspeksi visual tidak menemukan indikasi kerusakan fisik seperti wire putus, deformasi, korosi, atau keausan signifikan.
2. Uji penetrant menunjukkan tidak adanya indikasi linier maupun rounded relevan, sehingga tidak ditemukan cacat permukaan mikro pada wire rope sling yang diuji.
3. Metode kombinasi visual inspection dan penetrant test terbukti efektif dalam mendeteksi kondisi wire rope sling dan sesuai digunakan sebagai prosedur inspeksi berkala di industri panas bumi atau sektor energi berat lainnya.
4. Temuan ini memperkuat hasil penelitian terkini (Junjia et al., 2024; Chen & Dang, 2024; Olsen, 2024) yang menyarankan penguatan prosedur inspeksi visual sebagai upaya mitigasi risiko keselamatan dalam pengoperasian alat pengangkat.

Referensi

- American Petroleum Institute, 2008, Specification for Drilling and Well Servicing Structures (API Specification 4F) – Third Edition, Washington.
- American Welding Society, 2010, Structural Welding Code – Steel (AWS D1.1), Florida.
- American Society of Mechanical Engineers, 2010, Nondestructive Examination (Section V). New York.
- Chen, Z. Q., & Dang, J. (2024). Bridge Inspection Automation: Intelligent Maintenance for Cable Systems. Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-97-3827-4_4
- Dirjen Pembinaan Pelatihan dan Produktifitas, Direktorat Bina Standardisasi Kompetensi dan Pelatihan Kerja., 2018, Buku Informasi Melakukan Magnetic Particle Test C.24LAS0.035.1
- Dirjen Pembinaan Pelatihan dan Produktifitas, Direktorat Bina Standardisasi Kompetensi dan Pelatihan Kerja., 2018, Buku Informasi Menginterpretasikan Non Destructive Test (NDT) MAP C.24LAS01.024.1.
- Junjia, Y., Alias, A. H., Haron, N. A., & Bakar, N. A. (2024). Development of a Hoisting Safety Risk Framework Based on the STAMP Theory and PLS-SEM Method. IEEE Access. <https://ieeexplore.ieee.org/document/10663776>.
- Muin, S. A. 1990, Pesawat-pesawat Pengangkat, Rajawali Pers, Jakarta.
- Olsen, A. A. (2024). Dropped Object Prevention on Offshore Facilities and Installations. Springer. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-031-61617-4.pdf>.
- Rudenko, N. 1996, Mesin Pengangkat, Pradnya Paramita, Jakarta: Pradnya Paramitha.