

MAGNETIC PARTICLE INSPECTION (MPI) SEBAGAI SALAH SATU METODE INSPEKSI MENARA PENGEBORAN

Agus Alexandri (PPSDM MIGAS)
Tunjung Sugandika (DITJEND MIGAS)

Abstrak

Kegiatan usaha minyak dan gas bumi adalah kegiatan yang berbiaya tinggi dan beresiko tinggi, maka dari itu perlu dilakukan perhitungan dengan seksama terkait semua aspek yang ada. Direktorat Jenderal Migas c.q. Direktorat Teknik dan Lingkungan Migas memiliki tugas untuk menjamin kelayakan penggunaan suatu peralatan sehingga dapat menciptakan suatu instalasi yang aman dan layak untuk digunakan dalam operasi kegiatan minyak dan gas bumi.

Menara pemboran adalah salah satu komponen utama dalam kegiatan pemboran minyak dan gas bumi. Untuk itu perlu dilakukan pemeriksaan untuk menjamin kualitas dari menara yang dihasilkan sehingga sesuai dengan standar yang ada dan aman untuk digunakan. Magnetic Particle Inspection (MPI) adalah salah satu metode Non Destructive Test (NDT) untuk melakukan pemeriksaan dalam memastikan bahwa suatu peralatan khususnya menara dalam kondisi aman dan layak untuk digunakan.

Dengan dipastikan keamanan dan kelayakan menara sebagai komponen pendukung suatu instalasi pemboran, maka dapat disimpulkan keamanan dan kelayakannya.

Kata kunci: pemeriksaan, rig, menara, NDT, Magnetic Particle Inspection (MPI), Yoke.

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kegiatan usaha minyak dan gas bumi adalah kegiatan yang berbiaya tinggi dan beresiko tinggi, maka dari itu perlu dilakukan perhitungan dengan seksama terkait semua aspek yang ada.

Inspeksi merupakan suatu cara atau metoda pemeriksaan kegiatan dan kondisi teknis peralatan kerja atau hasil kerja pada suatu sistem, agar sistem tersebut dapat dioperasikan/ digunakan secara efisien dan aman sesuai standar yang ada.

Rig adalah salah satu komponen utama dalam kegiatan pemboran minyak dan gas bumi. Untuk itu perlu dilakukan inspeksi sejak dari proses fabrikasi untuk menjamin kualitas dari rig yang dihasilkan sehingga sesuai dengan standar yang ada dan aman untuk digunakan.

Direktorat Jenderal Migas c.q. Direktorat Teknik dan Lingkungan Migas memiliki tugas untuk menjamin kelayakan penggunaan suatu peralatan sehingga dapat menciptakan suatu instalasi yang aman dan layak untuk digunakan dalam operasi kegiatan minyak dan gas bumi.

1.2. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang dibahas dalam tulisan ini adalah:

- a. *Magnetic Particle Inspection (MPI)* dilakukan hanya pada menara pemboran
- b. Jenis menara yang dibahas adalah menara tipe *cantilever*;
- c. *Magnetic Particle Inspection (MPI)* dengan metode Yoke; dan

II. DASAR TEORI

2.1. Dasar Hukum dan *Standard / Code*

Dasar hukum dan *standard/ code* yang digunakan dalam melakukan *Magnetic Particle Inspection (MPI)* pada menara rig, antara lain:

1. Undang- Undang Nomor 22 Tahun 2001;
2. Mijl Politie Reglement Sb Tahun 1930 Nomor 341;
3. Peraturan Pemerintah Nomor 19 Tahun 1973;
4. Peraturan Pemerintah Nomor 1 Tahun 1974;
5. Peraturan Menteri Pertambangan dan Energi Nomor 06 P/0746/M.PEI/1991
6. Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi Nomor : 84.K/ 38/ DJM/ 1998 Pasal 5 ayat 1;
7. SNI 13-6910 tahun 2002 tentang Operasi pemboran darat dan lepas pantai yang aman di Indonesia – Pelaksanaan;
8. API RP 4F – *Spesification for Drilling and Well Servicing Structures*;
9. AWS D1.1 – *Structural Welding Code - Steel*; dan
10. ASME V – *Nondestructive Examination*.

2.2 Jenis-Jenis Menara

1) *Standard Derrick*

Merupakan jenis menara yang termasuk tua dan pada saat ini masih dipakai di operasi perminyakan dengan alasan khusus yaitu di lapangan produksi tua dan rig pemboran lepas pantai. Keuntungannya adalah mudah diangkut karena terdiri dari bagian-bagian yang ringan, tetapi waktu yang diperlukan untuk memasang dan membongkarnya lama. Ada dua jenis menara *standard derrick*, yaitu :

- Menara *Standard API*
- Menara *Non Standard API*

2) *Portable Mast*

Merupakan jenis menara pemboran yang direncanakan dapat dengan mudah dan cepat untuk dipindah-pindah. Banyak dipakai baik di *onshore* maupun *offshore*.

Macam – macam *Portable Mast* yang biasa digunakan, antara lain:

a) *Cantilever Mast*

Merupakan jenis menara yang tidak memerlukan *guyline (free standing)* . Kapasitas maksimum terhadap tiupan angin dan umumnya dipakai untuk mengebor dengan kapasitas menengah sampai ultra dalam. Ditinjau dari *substructure*-nya ada 2 jenis yaitu "*box style*" *substructure* dan "*high floor*" *substructure*.

***Box style substructure** berarti menara tersebut disusun diatas *substructure* yang berkonstruksi telah di las dalam bentuk box-box kemudian disusun ke atas dengan dihubungkan dengan sistem pin-pin sampai ketinggian *rig floor*.

***High floor substructure** terdapat tiga jenis:

- *Raised floor Catwork support*

Adalah menara yang berdiri di atas *beam substructure* yang kokoh dengan ketinggian sekitar 5 feet dimana *drawwork* dan *engine* diletakkan, sedangkan lantai bor sekitar 20-30 feet sehingga memudahkan untuk pemasangan BOP.

- *Cantilever Mast Drawwork Elevator (Self Raising Drawwork)*

Adalah merupakan sistem konstruksi untuk memudahkan pada saat rig up. Pada sistem ini *drawwork* dapat disusun ditempat yang rendah dan dengan tenaga *drawwork* menara dan *set back floor* ditegakkan dan selanjutnya disusul menaikkan *drawwork* beserta *engine*-nya.

- *Cantilever Mast Sling Shot Rig Floor Elevator*

Merupakan tipe menara yang mirip dengan *cantilever mast drawwork elevator* dengan perbedaan pokok dimana *drawwork*, menara dan *rotary table* diletakkan di atas *floor* yang telah tersusun, kemudian menara ditegakkan dan selanjutnya *rig floor* bersama menara yang telah berdiri tegak, *rig floor* dinaikkan ditinggikan dengan menggunakan *sling* dengan sistem *hoist* hidrolis yang tersedia khusus untuk ini.



Gambar 1. Rig Cantilever Mast

b) *Full View Mast*

Merupakan jenis menara pemboran yang terdiri dari dua konstruksi menara yang dijadikan dalam satu *crow block*. Terdapat dua jenis menara pemboran seperti ini, yaitu:

- *Full view mast type standard (box style substructure)*
- *Full view mast elevated floor (High Floor)*

Kedua jenis menara ini sering dipakai dan memiliki kapasitas mengebor kedalaman menengah sampai dalam.



Gambar 2. Rig Full View Mast.

c) *Telescopic Mast*

Telescopic mast merupakan jenis menara yang berkonstruksi dimana menara dapat diperpanjang dan dipendekkan untuk *rig up/ rig down* dengan memasukkan menara bagian atas ke dalam menara bagian bawah.

Menara tipe ini tergolong sangat cepat dan mudah untuk dipindahkan dan demikian juga untuk *rig up* dan *rig down*. *Telescopic mast* umumnya dipergunakan untuk *rig work over* atau untuk mengebor sampai kapasitas kedalaman sumur menengah. Ditinjau dari posisi berdiri, *telescopic mast* dapat dibedakan menjadi dua:

1. *Vertically (free standing) telescopic mast.*

Menara *free standing telescopic*



Gambar 3. *Vertically Telescopic Mast* dan *Guyed Telescopic Mast*.

2. *Guyed telescopic mast.*

Guyed Telescopic mast adalah jenis menara teleskopik yang saat operasi berdiri dengan posisi sedikit condong dan senantiasa memerlukan *guy line*.

Ditinjau dari pembawanya dapat dibedakan atas 3 jenis:

a. *Guyed mast truck mounted*, yaitu

telescopic yang berdiri tegak dan tidak memerlukan *guy line* sewaktu operasi. Ditinjau dari pembawanya, jenis ini ada 2 macam:

- a. *Vertically Telescopic skid mounted mast (single skid* atau *dual skid)*, yaitu teleskopik yang tegak (tanpa *guy line*) berdiri di atas *satu skid* atau *dua skid*.
- b. *Vertically telescopic trailer mounted mast (single trailer* atau *dual trailer)* yaitu teleskopik yang tegak (tanpa *guy line*) yang diletakkan di atas sebuah *trailer* atau dua buah *trailer*.

menara *telescopic* ber - *guy line* yang diletakkan pada sebuah truk (*engine* dari truk berbeda dengan *engine drawwork*).

- b. *Guyed mast trailer mounted* yaitu menara *telescopic* ber - *guy line* yang diletakkan di atas *trailer*.
- c. *Self propelled guyed mast* yaitu menara *telescopic* dimana dengan *engine* dari *drawwork* itu sendiri

sekaligus dapat dipergunakan untuk menggerakkan roda-roda untuk keperluan saat memindahkan rig.

2.3. Non Destructive Test (NDT)

Non Destructive Test (NDT) atau dalam Bahasa Indonesia dikenal sebagai Uji Tak Rusak (UTR), adalah bidang keahlian interdisipliner yang memainkan peran penting dalam memastikan bahwa komponen dari suatu struktur atau sistem melaksanakan fungsinya secara baik, efektif, dapat diandalkan dan dengan biaya yang terjangkau. Para pionier NDT mendefinisikan dan mengimplementasikan metode ini sebagai metode untuk menemukan kemungkinan adanya cacat serta karakteristik suatu material. Sebelum dilakukan pengujian NDT, maka benda uji telah melalui uji secara visual secara keseluruhan. Sebanyak dua puluh (20%) lasan kritis harus diinspeksi menggunakan *Magnetic Particle Inspection* (MPI) atau *Liquid Penetrant Test* (PT).

Personel yang melakukan pemeriksaan NDT harus memiliki kualifikasi personel untuk :

1. NDT Level II; atau
2. NDT Level I yang bekerja dibawah pengawasan NDT Level II

Terdapat 3 metode NDT yang paling sering digunakan dalam pemeriksaan menara, yaitu: *PT*, *UT*, dan *MT*.

2.3.1. Liquid Penetrant Testing (PT)

Prinsip dasar dari *liquid penetrant testing* adalah bahwa saat sebuah kekentalan yang sangat rendah (*highly fluid*) cairan (*penetrant*) diaplikasikan

pada permukaan dari sebuah bagian. Cairan tersebut akan masuk kedalam *fissures* dan *voids* terbuka ke permukaan. Pada saat kelebihan *penetrant* dihilangkan, *penetrant* akan terperangkap pada *voids* itu dan mengalami *flow back out* dimana membuat sebuah indikasi. Penetrant testing bisa diterapkan pada material magnetik dan non magnetik tetapi tidak bekerja dengan baik pada material-material berpori. *Penetrant* mungkin bisa terlihat dalam gelap atau *fluorescent* yang membutuhkan penggunaan dari "*black*" light.

2.3.2. Ultrasonic Testing (UT)

Menggunakan gelombang suara dengan frekwensi yang lebih tinggi daripada telinga manusia dapat mendeteksi untuk menembus sebuah material.

Teknik pengujian *Ultrasonic Testing* (*UT*), antara lain:

A. Straight Beam

Inspeksi balok lurus menggunakan gelombang longitudinal untuk menginterogasi bagian tes seperti yang nampak pada gambar. Jika suara mengenai reflektor internal, suara dari reflektor itu akan merefleksikan ke transducer lebih cepat dari suara yang kembali dari balik dinding bagian tersebut karena pendeknya jarak dari *transducer*.

B. Angle Beam

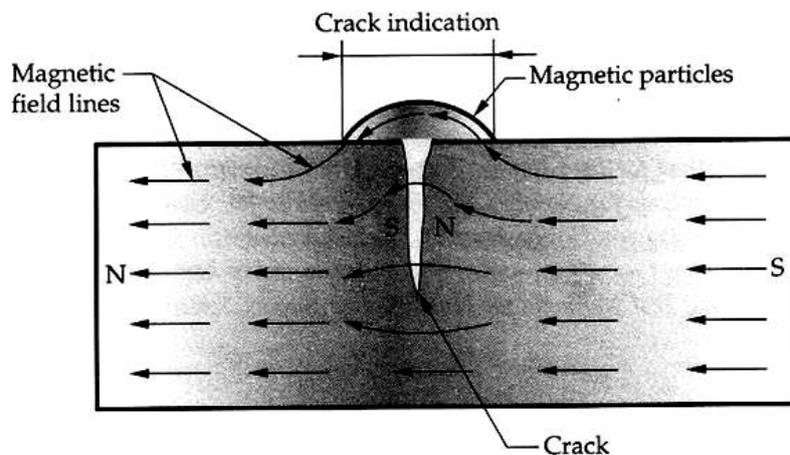
Inspeksi balok sudut menggunakan tipe *transducer* yang sama tetapi memiliki penunjaman pada sudutnya (disebut "*probe*") didesain untuk mentransmisikan balok suara kedalam bagian di sudut yang diketahui.

Inspeksi sudut yang paling sering digunakan adalah 45° , 60° dan 70° , dengan sudut yang sudah diperhitungkan dari garis gambar melalui ketebalan dari bagian tersebut.

2.3.3. *Magnetic Particle Inspection (MPI)*

Magnetic particle Inspection (MPI) merupakan metode NDT yang digunakan untuk mendeteksi retakan (*crack*) dan diskontinuitas lain yang berada di permukaan material ferromagnetik. Sensitifitas metode ini baik untuk diskontinuitas di permukaan dan terus menurun dengan semakin

dalamnya suatu diskontinuitas yang berada di dekat permukaan. Metode ini khusus dilakukan pada material *ferrous*. Secara prinsip, metode ini dilakukan dengan memagnetisasi suatu area yang akan diperiksa dan memberikan partikel ferromagnetik (sebagai media pemeriksaan) ke permukaannya. Pola dari medan magnet (*magnetic field*) akan terbentuk di permukaan dan jika terdapat diskontinuitas maka medan magnet yang telah terbentuk akan mengalami kerusakan. Kerusakan pada medan magnet tersebut biasanya merupakan indikasi adanya diskontinuitas yang terdeteksi.



Gambar 4. Ilustrasi medan magnet dan indikasi cacat yang timbul pada *Magnetic Particle Inspection (MPI)*.

Tipe indikasi cacat yang dapat dibaca dengan *Magnetic Particle Inspection (MPI)*, adalah :

- Diskontinuitas di permukaan
Diskontinuitas ini dapat dilihat dengan indikator yang jelas dan tajam.
- Diskontinuitas di dekat permukaan
Diskontinuitas ini dapat dilihat dengan indikator yang kurang jelas daripada yang berada di

permukaan.

Faktor- faktor yang mempengaruhi kebutuhan besar-kecilnya medan magnet pada suatu benda yang akan diperiksa, antara lain:

- Ukuran, bentuk, dan permeabilitas (kemampuan suatu benda untuk meloloskan sejumlah partikel untuk menembus) material benda yang diperiksa;
- Teknik magnetisasi;
- Pelapisan (*Coating*);

- Metode aplikasi partikel; dan
- Tipe dan lokasi diskontinuitas yang akan dideteksi.

Teknik *Magnetic Particle Inspection (MPI)*

Macam – macam teknik *Magnetic Particle Inspection (MPI)* yang dapat digunakan dalam melakukan pemeriksaan, antara lain Prod, Magnetisasi Longitudinal, Magnetisasi Circular, Yoke, Multidirectional.

A. Prod

Metode ini magnetisasi dilakukan menggunakan tipe prod elektrik *portable* yang ditekan ke area permukaan yang akan diperiksa. Untuk menghindari busur api, tombol pengendali berada di pegangan prod. Tombol ini berfungsi untuk mengalirkan arus ke permukaan setelah prod diposisikan dengan benar.

B. Magnetisasi Longitudinal

Magnetisasi teknik ini dilakukan dengan melewati arus melalui gulungan kabel (*coil*) tetap yang dapat diputar. Gulungan kabel dibungkuskan ke bagian yang akan diperiksa. Hal ini menghasilkan medan magnet longitudinal yang paralel dengan sumbu *axis* gulungan kabel. Jika gulungan kabel tetap, maka bagian yang akan diperiksa diletakkan di dekat gulungan kabel selama pemeriksaan.

C. Magnetisasi Circular

Terdapat beberapa teknik untuk melakukan magnetisasi *circular*, yaitu:

- a. Teknik Kontak Langsung
Proses magnetisasi ini dilakukan dengan melewati arus melalui

bagian yang akan diperiksa.

- b. Teknik Konduktor Pusat

Teknik ini menggunakan konduktor pusat untuk memeriksa permukaan dalam dari silinder atau bagian berbentuk cincin. Metode ini juga dapat digunakan untuk memeriksa permukaan luar silinder. Untuk silinder dengan diameter yang besar, konduktor harus diletakkan dekat dengan permukaan dalam silinder.

D. Yoke

Yoke yang biasa digunakan merupakan elektromagnet berbentuk C dimana induksi medan magnet terjadi diantara kaki dan digunakan untuk memagnetisasi bagian tertentu. Metode ini dapat menggunakan yoke dengan arus listrik bolak-balik (AC), searah (DC) atau magnet permanen. Magnet permanen dapat digunakan tetapi terbatas dalam banyak hal. Kemampuan magnet permanen dapat menurun jika dilakukan penghilangan sebagian kapasitas medan magnet oleh aliran medan magnet yang lebih kuat, rusak, atau terjatuh.

Banyak Yoke *Portable* yang memiliki kaki tanpa sambungan yang memungkinkan kaki Yoke diatur untuk kontak dengan permukaan tidak biasa atau dua permukaan yang sambungannya membentuk sudut. Untuk menjamin kemampuan Yoke terdapat hal-hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

- a. Kemampuan memagnetisasi yoke elektromagnetik harus diperiksa secara berkala tiap satu tahun. Kemampuan memagnetisasi yoke permanen harus diperiksa setiap hari sebelum digunakan.

- b. Yoke dengan arus bolak-balik (AC) harus dapat mengangkat beban minimal 10 lb (4.5 kg) dengan batas maksimum spasi antara kedua kaki.
- c. Yoke dengan arus searah (DC) atau yoke dengan magnet permanen harus memiliki kemampuan angkat minimal 40 lb (18 kg) dengan batas maksimum spasi antara kedua kaki.
- d. Setiap beban harus ditimbang sesuai dengan skala dari

manufaktur yang terkemuka dan ditandai dengan nilai berat sebelum digunakan pertama kali. Sebuah beban perlu diverifikasi lagi jika mengalami kerusakan dikarenakan adanya potensi berkurangnya beban tersebut dikarenakan kehilangan material.



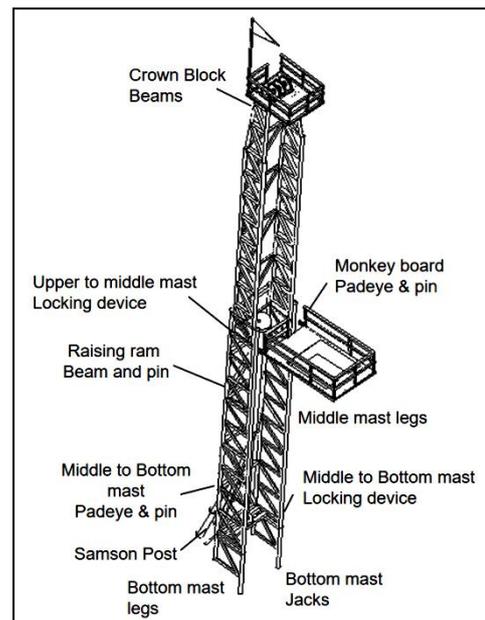
Gambar 5. Yoke (a) Yoke elektromagnet; (b) Yoke permanen.

E. *Multidirectional*

Teknik ini dilakukan dengan menggunakan arus listrik tinggi yang dioperasikan dengan tiga sirkuit yang telah diisi secara cepat dalam suatu waktu. Magnetisasi cepat ini menghasilkan medan magnet ke seluruh arah benda yang diperiksa.

III. PEMBAHASAN

3.1. Bagian *Cantilever Mast* Yang Perlu Diperiksa

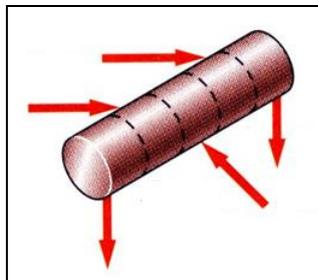


Gambar 6. Bagian *cantilever* yang perlu dilakukan pemeriksaan.

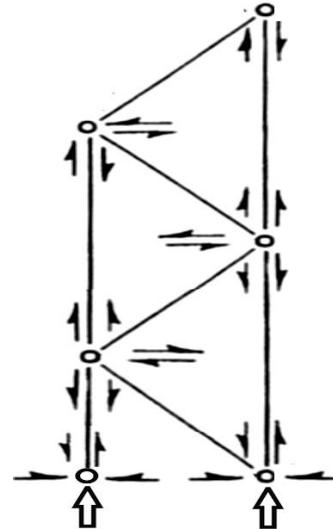
Pemilihan bagian yang diperiksa (*critical point*) pada *Cantilever Mast* didasarkan pada tegangan (*stress*) yang diterima pada struktur. Macam – macam gaya

yang mungkin timbul pada struktur menara, antara lain:

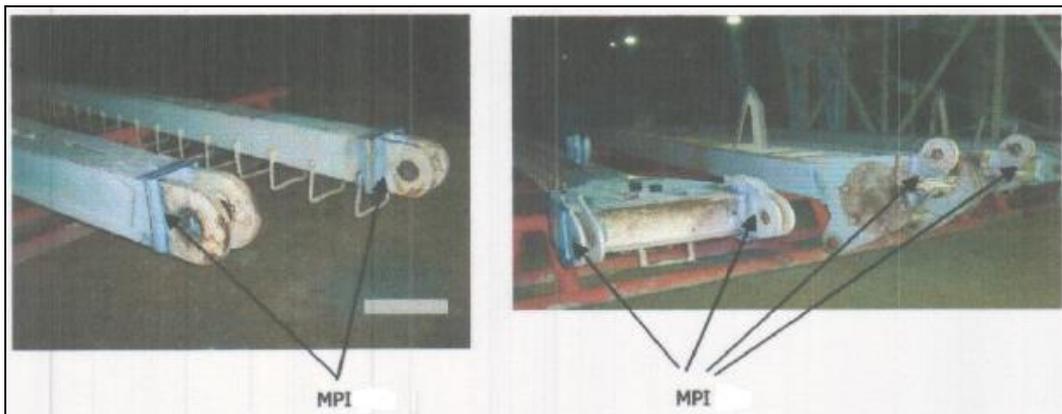
1. Gaya Tarik, Gaya yang mempunyai kecenderungan untuk menarik elemen.
2. Gaya Tekan, Gaya yang cenderung menyebabkan suatu elemen menekuk.
3. Gaya Geser, Gaya yang menyebabkan suatu elemen tergelincir terhadap bagian di dekatnya.
4. Gaya Tumpu, Gaya yang timbul apabila gaya disalurkan dari satu elemen ke elemen lain.



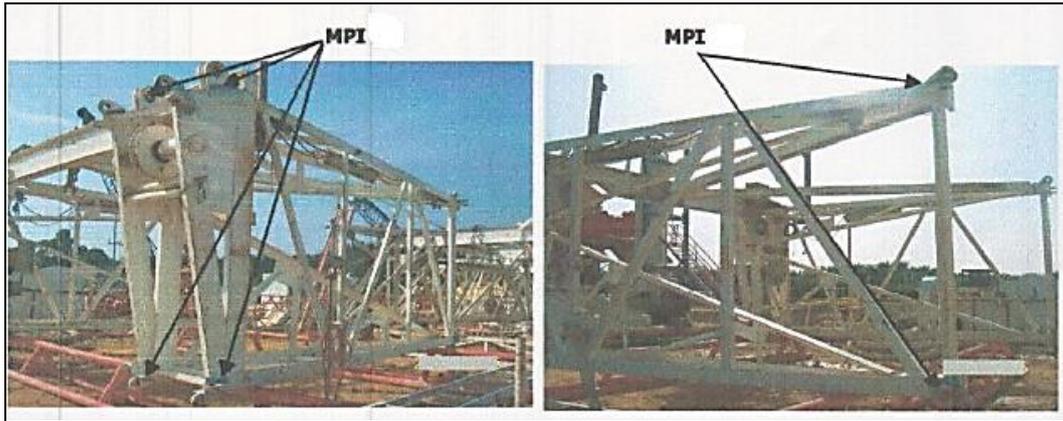
Gambar 7. Contoh gaya geser pada pin.



Gambar 8. Contoh gaya – gaya pada struktur menara



Gambar 9. Contoh *bottom mast legs*.



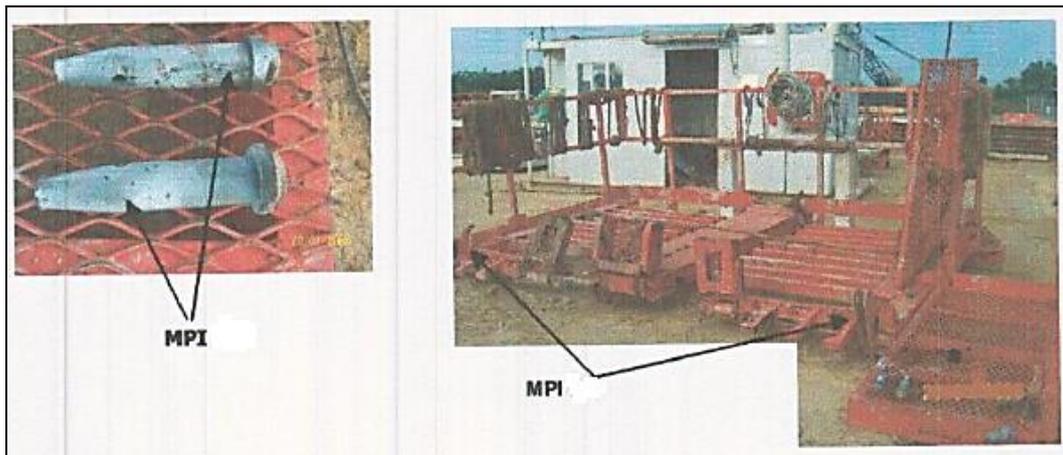
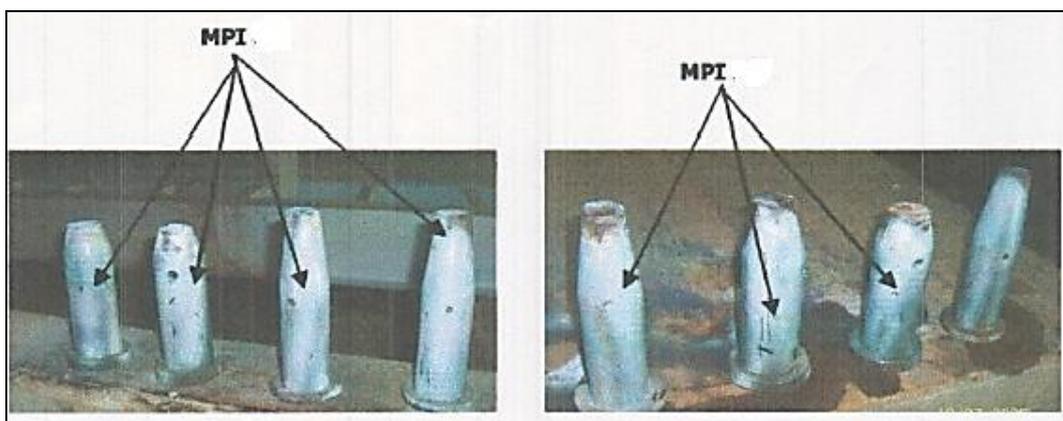
Gambar 10. Contoh *middle to bottom mast*.



Gambar 11. Contoh *monkey board padeye* dan *middle mast legs*.



Gambar 12. Contoh *crown block beams*.

Gambar 13. Contoh *monkey board* dan *pins*.Gambar 14. Contoh *pins*.

3.2. *Magnetic Particle Inspection (MPI) Dengan Yoke*

Dasar pemilihan *Magnetic Particle Inspection (MPI)* pada pemeriksaan menara rig dibandingkan metode *Non Destructive Test (NDT)* yang lain dikarenakan:

1. Biaya lebih murah daripada metode NDT tertentu;
2. Waktu pengerjaan lebih cepat;
3. Dapat mendeteksi indikasi cacat di permukaan dan di dekat permukaan.

Sedangkan untuk teknik *Magnetic Particle Inspection (MPI)* yang digunakan dalam pemeriksaan menara ini adalah dengan Yoke. Hal ini didasarkan atas beberapa hal, antara lain:

1. Pemeriksaan dilakukan pada struktur dari menara, sehingga teknik yoke lebih cocok dibandingkan dengan metode magnetisasi *circular* yang lebih cocok ke material pipa;
2. Alat yang digunakan lebih ringkas dan mudah dibawa;
3. Alat lebih mudah digunakan.

3.2.1. Prosedur Pemeriksaan Dengan Yoke

Dalam melakukan pemeriksaan, terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu:

1. Persiapan permukaan
 - a. Jika diperlukan, maka permukaan benda yang akan diperiksa dapat dibersihkan dengan gerinda untuk menghilangkan kotoran, oli, lapisan cat yang rusak, *spatter* dari proses pengelasan untuk menghindari kesalahan indikasi.
 - b. Setelah digerinda, permukaan dapat dibersihkan dengan cleaner, deterjen, pelarut organik, penghilang cat, atau sikat kawat.
 - c. *Contrast Paint (CP)* diberikan ke permukaan untuk memberikan warna kontras antara partikel dan permukaan benda yang diperiksa, sedangkan untuk partikel *fluorescent* permukaan benda yang diperiksa tidak perlu dilapisi dengan CP.
 - d. Untuk partikel *non-fluorescent*, maka pemeriksaan dapat dilakukan dengan penyinaran cahaya matahari. Sedangkan untuk partikel *fluorescent* maka area harus digelapkan dan level cahaya tidak lebih dari 20 lux dan intensitas *black light* ke permukaan tidak boleh kurang dari $1000\mu\text{W}/\text{cm}^2$.
2. Metode pemeriksaan

Pemeriksaan harus dilakukan dengan cara magnetisasi terus – menerus. Dimana proses magnetisasi dilakukan ketika partikel diaplikasikan ke permukaan benda yang diperiksa.
3. Penggunaan partikel

- a. Jika menggunakan partikel basah, maka partikel basah harus disemprotkan dengan cepat ke area yang akan diperiksa. Partikel kering sebaiknya diaplikasikan ke permukaan yang datar untuk menghasilkan interpretasi yang baik.
- b. Mekanisme dan lama magnetisasi dilakukan dalam kurun waktu tertentu hingga indikasi dapat terbentuk (biasanya 3 s.d. 5 detik).
4. Proses magnetisasi
 - a. Untuk memastikan kemampuan Yoke dalam menghasilkan medan magnet, maka sebelum digunakan harus diverifikasi terlebih dahulu menggunakan *pie indicator*.
 - b. Harus menggunakan Yoke dengan sumber arus bolak – balik (AC) atau searah (DC).
 - c. Minimal dalam suatu area dilakukan dua kali pemeriksaan, dimana posisi Yoke harus diatur sedemikian rupa sehingga pada pemeriksaan yang kedua didapatkan medan magnet yang berbeda posisi dari pemeriksaan pertama.
5. Indikasi cacat
 - a. Terdapat beberapa indikasi yang mungkin tidak menyatakan suatu diskontinuitas dikarenakan adanya kekasaran permukaan, variasi permeabilitas magnet, tanda pengerjaan mesin, dan keadaan permukaan yang dapat menghasilkan indikasi yang serupa dengan cacat.
 - b. Indikasi yang muncul harus dicocokkan dengan *Acceptance Criteria* dari standar yang digunakan.

c. Jika ada indikasi yang meragukan maka harus dilakukan pemeriksaan ulang.

6. Tanda dan pencatatan

a. Lokasi, posisi dan indikasi diskontinuitas yang tidak diterima harus ditandai pada permukaan benda yang diperiksa.

b. Semua indikasi yang relevan harus dicatat dan dilaporkan.

7. Perbaikan

a. Semua indikasi yang tidak diterima sesuai dengan standar maka harus dibuang dan diperbaiki. Indikasi cacat yang muncul harus dibuang dan diperiksa kembali untuk memastikan indikasi cacat tersebut telah hilang.

b. Indikasi cacat yang dianggap tidak relevan dengan standar harus dianggap cacat hingga dilakukan pemeriksaan ulang dengan metode yang sama atau metode NDT yang berbeda.

c. Area yang telah diperbaiki harus diperiksa kembali untuk memastikan bahwa cacat yang ada telah hilang.

8. Demagnetisasi

Yoke dengan arus listrik bolak – balik (AC) dapat digunakan untuk lokal demagnetisasi dengan meletakkan

ujungnyanya di permukaan, memutarnya di sekitar area pemeriksaan dan pelan – pelan diangkat ketika sedang memagnetisasi.

9. Pembersihan setelah pemeriksaan

a. Pembersihan setelah pemeriksaan dilakukan ketika partikel magnetik dapat menyebabkan gangguan pada peralatan.

b. Macam- macam teknik pembersihan partikel adalah:

- Membersihkan partikel basah dengan pelarut.
- Membersihkan partikel kering dengan udara terkompresi

3.2.2. *Acceptance Criteria*

Dari indikasi cacat yang telah didapatkan dari pemeriksaan menara rig dengan metode *Magnetic Particle Inspection (MPI)*, maka untuk menyatakan indikasi cacat tersebut diterima atau tidak dengan berdasar pada *Acceptance Criteria* dari standar tertentu yang lebih ketat untuk material tertentu atau standar yang digunakan oleh *client*. Standard atau *Acceptance Criteria* di atas harus dibandingkan dengan *Acceptance Criteria* yang terdapat pada AWS D1.1. (*Structural Welding Code - Steel*) Tabel 1. (*Visual Inspection Acceptance Criteria*).

Tabel 1. AWS D1.1. Visual Acceptance Criteria.

AWS D1.1/D1.1M:2010

CLAUSE 6. INSPECTION

Table 6.1
Visual Inspection Acceptance Criteria (see 6.9)

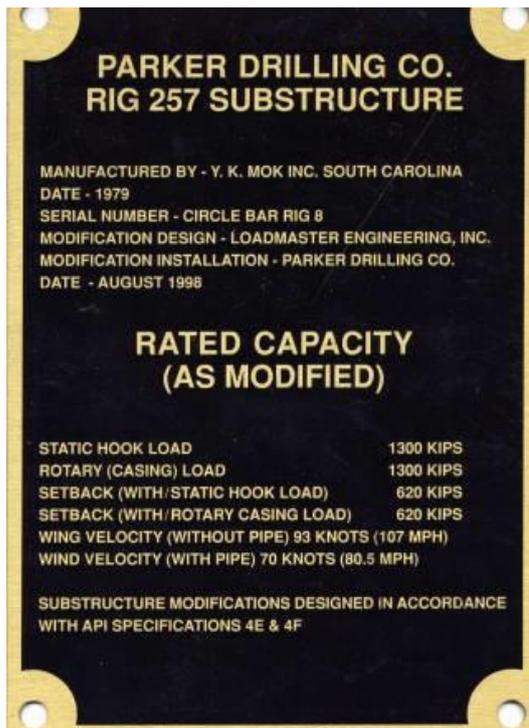
Discontinuity Category and Inspection Criteria	Statically Loaded Nontubular Connections	Cyclically Loaded Nontubular Connections	Tubular Connections (All Loads)								
(1) Crack Prohibition Any crack shall be unacceptable, regardless of size or location.	X	X	X								
(2) Weld/Base-Metal Fusion Complete fusion shall exist between adjacent layers of weld metal and between weld metal and base metal.	X	X	X								
(3) Crater Cross Section All craters shall be filled to provide the specified weld size, except for the ends of intermittent fillet welds outside of their effective length.	X	X	X								
(4) Weld Profiles Weld profiles shall be in conformance with 5.24.	X	X	X								
(5) Time of Inspection Visual inspection of welds in all steels may begin immediately after the completed welds have cooled to ambient temperature. Acceptance criteria for ASTM A 514, A 517, and A 709 Grade 100 and 100 W steels shall be based on visual inspection performed not less than 48 hours after completion of the weld.	X	X	X								
(6) Undersized Welds The size of a fillet weld in any continuous weld may be less than the specified nominal size (L) without correction by the following amounts (U): <table style="margin-left: 40px; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">L, specified nominal weld size, in [mm]</td> <td style="text-align: center;">U, allowable decrease from L, in [mm]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">≤ 3/16 [5]</td> <td style="text-align: center;">≤ 1/16 [2]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1/4 [6]</td> <td style="text-align: center;">≤ 3/32 [2.5]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">≥ 5/16 [8]</td> <td style="text-align: center;">≤ 1/8 [3]</td> </tr> </table> In all cases, the undersize portion of the weld shall not exceed 10% of the weld length. On web-to-flange welds on girders, underrun shall be prohibited at the ends for a length equal to twice the width of the flange.	L, specified nominal weld size, in [mm]	U, allowable decrease from L, in [mm]	≤ 3/16 [5]	≤ 1/16 [2]	1/4 [6]	≤ 3/32 [2.5]	≥ 5/16 [8]	≤ 1/8 [3]	X	X	X
L, specified nominal weld size, in [mm]	U, allowable decrease from L, in [mm]										
≤ 3/16 [5]	≤ 1/16 [2]										
1/4 [6]	≤ 3/32 [2.5]										
≥ 5/16 [8]	≤ 1/8 [3]										
(7) Undercut (A) For material less than 1 in [25 mm] thick, undercut shall not exceed 1/32 in [1 mm], with the following exception: undercut shall not exceed 1/16 in [2 mm] for any accumulated length up to 2 in [50 mm] in any 12 in [300 mm]. For material equal to or greater than 1 in [25 mm] thick, undercut shall not exceed 1/16 in [2 mm] for any length of weld. (B) In primary members, undercut shall be no more than 0.01 in [0.25 mm] deep when the weld is transverse to tensile stress under any design loading condition. Undercut shall be no more than 1/32 in [1 mm] deep for all other cases.	X										
(8) Porosity (A) CJP groove welds in butt joints transverse to the direction of computed tensile stress shall have no visible piping porosity. For all other groove welds and for fillet welds, the sum of the visible piping porosity 1/32 in [1 mm] or greater in diameter shall not exceed 3/8 in [10 mm] in any linear inch of weld and shall not exceed 3/4 in [20 mm] in any 12 in [300 mm] length of weld. (B) The frequency of piping porosity in fillet welds shall not exceed one in each 4 in [100 mm] of weld length and the maximum diameter shall not exceed 3/32 in [2.5 mm]. Exception: for fillet welds connecting stiffeners to web, the sum of the diameters of piping porosity shall not exceed 3/8 in [10 mm] in any linear inch of weld and shall not exceed 3/4 in [20 mm] in any 12 in [300 mm] length of weld. (C) CJP groove welds in butt joints transverse to the direction of computed tensile stress shall have no piping porosity. For all other groove welds, the frequency of piping porosity shall not exceed one in 4 in [100 mm] of length and the maximum diameter shall not exceed 3/32 in [2.5 mm].	X										
		X	X								
		X	X								

Note: An "X" indicates applicability for the connection type; a shaded area indicates non-applicability.

3.3. Sertifikat Kelayakan Penggunaan Instalasi (SKPI)

Dari hasil pemeriksaan pada menara pemboran, maka akan dihasilkan laporan yang menjadi bahan kelengkapan untuk penerbitan SKPI rig. Setiap SKPI rig harus dilakukan re-sertifikasi setiap lima (5) tahun sekali sesuai dengan Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi Nomor : 84.K/ 38/ DJM/ 1998 Pasal 5 ayat 1.

Dengan diterbitkannya SKPI rig, maka suatu instalasi rig dapat dinyatakan aman sesuai dengan data name plate yang terdapat pada rig dan sesuai dengan standar yang digunakan oleh manufaktur (API RP 4F).



Gambar 15 Contoh *name plate* rig.

IV. KESIMPULAN

1. Menara rig merupakan peralatan yang penting dalam operasi pemboran dan/atau *workover*.
2. NDT memiliki peran penting dalam memastikan bahwa komponen dari suatu struktur atau sistem melaksanakan fungsinya secara baik, efektif, dapat diandalkan dan dengan biaya yang terjangkau
3. Macam – macam NDT yang dapat dilakukan pada pemeriksaan menara rig, antara lain:
 - a. Liquid Penetrant (PT)
 - b. Ultrasonic Testing (UT)
 - c. Magnetic Particle Inspection (MPI)
4. Teknik yang dapat dilakukan dalam melakukan Magnetic Particle Inspection (MPI), antara lain:
 - a. Prod
 - b. Magnetisasi Longitudinal
 - c. Magnetisasi *Circular*
 - d. Yoke
 - e. *Multidirectional*
5. Indikasi cacat yang muncul pada pemeriksaan *Magnetic Particle Inspection* (MPI) harus dicocokkan dengan standar yang digunakan. Jika tidak diterima maka diperbaiki dan dilakukan pemeriksaan kembali untuk memastikan indikasi cacat yang ditemukan telah hilang.
6. Dengan diterbitkannya SKPI rig, maka suatu instalasi rig dapat dinyatakan aman sesuai dengan data *name plate* yang terdapat pada rig dan sesuai dengan standar yang digunakan oleh manufaktur (API RP 4F).

DAFTAR PUSTAKA

American Society of Mechanical Engineers, *Nondestructive Examination (Section V)*, New York, 2010

American Petroleum Institute, *Specification for Drilling and Well Servicing Structures (API Specification 4F) – Third Edition*, Washington, 2008

American Welding Society, *Structural Welding Code – Steel (AWS D1.1)*, Florida, 2010

Badan Standarisasi Nasional, *Operasi Pemboran Darat dan Lepas Pantai Yang Aman di Indonesia – Pelaksanaan (SNI 13-6910)*, Jakarta, 2002

Century Dinamik Drilling, *Inspection Rig 14 Report RIS*, Jakarta, 2007

Moduspec, *Rig Inspection Land Rig, Jack Up and Platform*, Lloyd's Register Energy, 2010