

UJI IN-SITU METALOGRAPHY PADA INSPEKSI SISTEM PERPIPAAN HEADER MANIFOLD STASIUN PENGUMPUL GAS UNTUK MEMERIKSA KERUSAKAN YANG DIAKIBATKAN OLEH PERGESERAN INSTALASI.

Achmad Hata
Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bandung
E-mail: hattaachmad@gmail.com

Abstrak

In-situ metallographic ialah pengujian metallographic yang dilakukan pada instalasi Stasiun Pengumpul Gas (SPG) dalam keadaan sedang beroperasi. Hal ini diimpelntasikan pada SPG Merbau telah mengalami pergeseran instalasi, sehingga menyebabkan seluruh pipa yang relatif berdiameter kecil yang mengarah kepada manifold mengalami pembengkokan. Disamping itu juga instalasi ini sudah beroperasi lebih kurang 20 tahun. Prosedur pengujian In-situ metallographic dimulai dengan pemilihan titik-titik pada lokasi yang perlu diuji, yaitu lokasi kritis yang terkena deformasi atau pembengkokan. Pada lokasi atau titik terpilih dilakukan penggerindaan/pemolesan atau bahkan proses etsa (etching) hingga siap untuk diobservasi dengan menggunakan mikroskop (handy microscope). Setelah struktur mikro benda spesimen terlihat jelas dibawah observasi mikroskop, replika (Microset surface replication) diaplikasikan pada permukaan metallographic. Hal ini dimaksudkan untuk mengkopi permukaan metallographic pada benda spesimen kepada replika untuk dianalisa atau diobservasi di laboratorium. Pengujian In-situ metallographic dilakukan berdasarkan standar "ASTM E1351-90, Standard practice for production and evaluation of field metallographic replicas".

Hasil uji In-situ metallographic secara keseluruhan tidak menunjukkan adanya indikasi yang menuju ke arah kerusakan atau kegagalan operasi dari instalasi SPG Merbau. Hal ini dibuktikan dengan beberapa hal, yaitu Gambar struktur mikro hasil uji in-situ metallographic tidak ada satupun yang menunjukkan perubahan yang signifikan, yaitu tidak adanya perubahan struktur mikro menjadi struktur martensit pada ketiga daerah uji yaitu logam dasar (base metal), logam las (weld metal), dan daerah terkena pengaruh panas (Heat Affected Zone/HAZ). Struktur mikro martensit mempunyai butiran yang halus dan bersifat keras dan getas, sehingga dengan timbulnya struktur ini dapat menyebabkan instalasi menjadi kritis. Ditambah lagi, hasil uji kekerasan pada daerah uji in-situ metallographic terdapat penurunan dan juga peningkatan angka kekerasan, namun semuanya tidak ada yang menunjukkan angka yang signifikan dan berpengaruh terhadap kekuatan. Hal ini dibandingkan berdasarkan kepada standar ASTM A370-97a Tabel-3. Secara keseluruhan dari hasil uji in-situ metallographic dapat disimpulkan bahwa tidak ada perubahan yang dapat menyebabkan atau mengarah kepada kerusakan atau kegagalan operasi dari pada instalasi SPG tersebut.

Kata kunci : Stasiun Pengumpul Gas (SPG), In-situ Metallographic, HAZ

Pendahuluan

Instalasi Stasiun Pengumpul Gas di Merbau yang telah beroperasi selama lebih kurang 20 tahun dan telah mengalami pergeseran instalasinya yang menyebabkan mengalami pembengkokan pada beberapa pipa-pipa pada beberapa lokasi kritis, seperti pada area sambungan las. Instalasi ini beroperasi pada temperature 90^o C dan tekanan 1000 Psi. Instalasi SPG ini memerlukan inspeksi

untuk menentukan kemungkinan terjadinya kerusakan serta metode perbaikan yang optimum. Namun inspeksi ini harus dilakukan dengan tanpa melakukan penghentian operasi dari stasiun ini, hal ini dilakukan untuk menghindari kerugian yang diakibatkan oleh tidak dapat berproduksinya instalasi ini.

Disamping menggunakan metode uji tanpa merusak (Non-Destructive Test/NDT) seperti; Ultrasonic Test

(UT), Dye Penetrant Test (PT) dan juga Radiography Test. Untuk memastikan tidak terjadi kerusakan struktur mikro (microstructure) pada material yang terkena pembengkokan, maka dilakukan uji Metallographic. Pada pengujian ini material harus diambil sampel, yang artinya harus memotong sebagian dari pipa dan hal ini tidak mungkin dilakukan. Pengujian In-situ Metallographic dilakukan untuk menghindari proses merusak pada material uji dalam hal ini pipa. Lokasi pengujian dipilih pada beberapa lokasi sebagai contoh seperti ditunjukkan pada Gambar-1.



Gambar-1. Lokasi Pengujian In-situ Metallographic

Tujuan

Tujuan penulisan ini ialah untuk menunjukkan dengan bukti apakah instalasi SPG ini masih layak operasi atau harus dilakukan perbaikan, serta apabila harus dilakukan perbaikan, bagian mana dan bagaimana metode perbaikan yang direkomendasikan. Indikasi dari kondisi tersebut dapat ditunjukkan dari hasil pengujian yang berupa; kondisi struktur mikro dan kekerasan atau bahkan retakan pada daerah material uji tersebut.

Metodologi Penelitian

Metode pengujian/penelitian meliputi teknik pemeriksaan seperti langkah-langkah sebagai berikut:

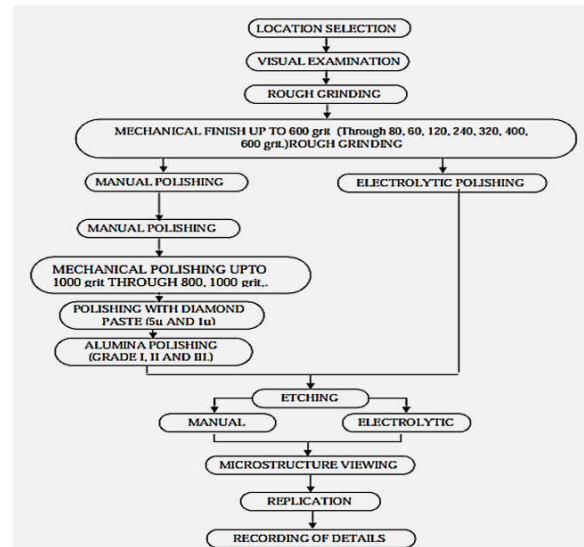
- Penentuan lokasi bagian pipa yang diperkirakan mengalami deformasi, diambil 3 (tiga) sampel untuk setiap lokasi, yaitu pada logam induk (base metal), logam las (weld metal) dan daerah terkena pengaruh panas (Heat affected zone/HAZ).
- Penggerindaan pada permukaan yang akan diuji dengan menggunakan mesin poles (polishing machine) dan kertas ampelas (polishing disk).
- Pemolesan halus menggunakan mesin poles dan polishing cloth disk.
- Proses Etsa (etching process)
- Observasi struktur mikro dengan menggunakan mikroskop optik (Handy Microscope)
- Penempelan Replika pada area uji.

Langkah-langkah diatas dilakukan pada pipa di lapangan, lalu dilanjutkan dengan langkah-langkah

berikut yang dilakukan di Laboratorium, seperti:

- Observasi dan Pemotretan Replika
- Pemrosesan hasil pemotretan atau pencetakan.
- Analisa hasil dan
- Pembuatan laporan

Langkah-langkah diatas dapat di persamakan dengan diagram alir seperti ditunjukkan pada Gambar-2.



Gambar-2. Diagram Alir Proses In-Situ Metallographic

Inspeksi dan Evaluasi

Metode Inspeksi dan evaluasi ditentukan dan diperlukan untuk mendapatkan kondisi sistem perpipaan serta data-data yang akan diperlukan dalam proses penyelesaian pekerjaan ini. Metode Inspeksi dan Evaluasi dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu :

□ Survey, Pengukuran Pergeseran dan Inspeksi Visual Sistem Perpipaan.

Survey ini dimaksudkan untuk mengambil informasi selengkap-lengkapny mengenai sistem perpipaan SPG yang menalami deformasi disekitar Header Manifold, yang diperlukan untuk menentukan titik-titik lokasi pengujian *In-situ Metallographic*.

□ Pengukuran Pergeseran atau Deformasi Pipa

Semua pergeseran atau perubahan dimensi dari posisi awalnya diukur dan dicatat untuk mengetahui sejauh mana pergeseran terjadi sehingga deformasi dapat dihitung dan ditentukan. Semua data diperlukan untuk menentukan titik-titik lokasi pengujian *In-situ Metallographic*.

□ Pegujian In-situ Metallographic

Pengujian In-situ Metallographic dilakukan dengan berdasarkan pada standar "ASTM E1351-90,

Standard practice for production and evaluation of field metallographic replicas"

Prosedur Pengujian

Setelah lokasi pengujian ditentukan, maka langkah berikutnya adalah melakukan prosedur pengujian *In-situ metallographic*, yaitu:

- **Penyiapan Spesimen dan Peralatan**

• **Pengerindaan/Mechanical Polishing Methods.**

Komponen *in-service* biasanya selalu terdapat lapisan cat, korosi atau oksidasi atau terjadi dekarburisasi pada lapisannya, semua jenis lapisan ini harus dihilangkan sebelum proses penempelan replika pada permukaan mikro dilakukan. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan peralatan mesin poles atau gerinda tangan selama tidak menimbulkan gangguan pada permukaan yang diakibatkan oleh pemanasan yang berlebihan atau deformasi plastis.

Proses pemolesan mekanik dilakukan dengan menggunakan beberapa tingkat ukuran kehalusan (grit size). Tergantung dari jenis material, berbagai macam piringan (disk) kertas abrasive silicon carbide dengan beberapa ukuran grit (lihat Gambar-3).

Pemolesan dilanjutkan dengan menggunakan piringan kain poles (polishing cloth disks) dengan diberi pasta intan (diamond paste) atau serbuk alumina (aluminum oxide) dengan variasi ukuran grit sebelum dilakukan proses etsa. Proses pemolesan diatas menggunakan mesin poles tangan yang mungkin digerakan oleh motor listrik maupun tenaga angin (turbo) (lihat Gambar-4).



Gambar -3. Proses Pengerindaan dan Pemolesan (Polishing)



Gambar-4. Mesin Poles Tangan dan Polishing Cloth Disk

• **Proses Etsa (Etching)**

Proses etsa dilakukan dengan menggunakan cairan etsa yang berfungsi untuk memperjelas atau menimbulkan struktur mikro, seperti misalnya fitur creep cavity, dsb. Pada baja paduan yang mempunyai lebih dari satu fasa, proses etsa dapat memperjelas perbedaan yang kontras antara region yang berbeda. Proses etsa juga dipengaruhi oleh orientasi kristal sehingga membentuk batas yang kontras diantara struktur butiran-butiran. Observasi mikroskop dengan spesimen tanpa proses etsa hanya akan menampakkan sedikit fitur struktur mikro seperti inklusi, retak atau cacat lainnya. Proses etsa digunakan untuk memperjelas dan kadang mengidentifikasi fitur struktur mikro atau fasa.

Proses etsa biasanya dilakukan hanya dengan memberikan larutan seperti ditunjukkan pada Tabel-1 pada permukaan spesimen selama beberapa menit, lalu dibersihkan dengan air yang mengalir, bilas dengan alkohol dan dikeringkan dengan semburan udara. Proses etsa untuk berbagai material mungkin berbeda, seperti: untuk copper dan brass dilakukan dengan cara dicelupkan (immerse) atau diseka/dilap (swab). Khusus untuk material stainless proses etsa dilakukan dengan cara elektrolit.

Tabel-1. Larutan yang Digunakan untuk Proses Etsa pada beberapa Material

Materials	Composition	Application Procedure
Iron & Steel	1-5 Parts Nitric Acid 100 Parts Alcohol	Immerse/Swab
Copper & Brass	1 Part Ammonium Hydroxide	Swab
	1 Part 3% Hydrogen Peroxide 1 Part Water	
	5 g Ferric Chloride, 10 ml Hydrochloric Acid 100 ml Water	Immerse
Aluminum	5-10 g Ammonium Persulphate 1 ml Hydrofluoric Acid 99 ml Water	Immerse
	10 g Sodium Hydroxide, 100 ml Water	Immerse
Stainless Steels	10 g Oxalic Acid 100 ml Water	Use Electrolytically
	5 ml Sulfuric Acid 100 ml Water	Use Electrolytically

• **Observasi Mikroskop**

Permukaan hasil pemolesan atau proses etsa dengan tingkat kehalusan yang tinggi harus dipastikan terlebih dahulu struktur mikro-nya dengan cara diobservasi dengan menggunakan mikroskop optik (*handy microscope*). Struktur mikro permukaan hasil poles yang baik akan tampak terlihat dengan menggunakan mikroskop. **Error! Reference source not found.** menunjukkan proses observasi permukaan hasil proses pemolesan dengan menggunakan *handy microscope*.



Gambar-5. Observasi Permukaan Hasil Proses Pemolesan pada Pipa

• **Proses Penempelan Replika**

Proses replika permukaan spesimen dilakukan salah satunya dengan menggunakan *Microset Surface Replication*. *replication*. *replication*. Metallographic dengan Metallographic dengan resolusi *Metallographic* dengan resolusi tinggi hingga lebih baik dari 0.1 mikron dapat dihasilkan dengan menggunakan peralatan dan material ini. Material replika terbuat dari dua bagian polimer dengan formula khusus yang dikemas dalam suatu cartridge yang dapat dikeluarkan berupa campuran cairan kental (fully mixed semi-viscous liquid) dengan menggunakan alat khusus seperti ditunjukkan pada Gambar-6. Replika ditembakkan pada pipa spesimen, kemudian ditekan dengan kaca preparat seperti ditunjukkan pada Gambar-7.

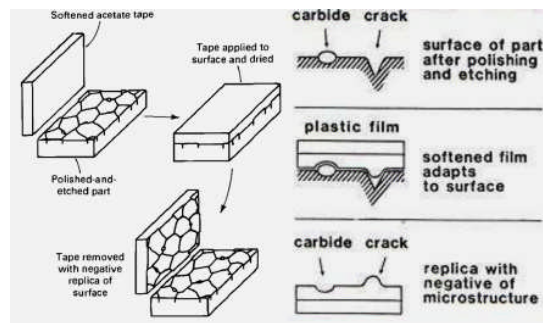


Gambar-6. Microset Surface Replication Kit dan Penempelan Replika pada Material



Gambar-7. Replika yang Terpasang pada Spesimen Tertempel pada Preparat

Replika akan kering dengan cepat dan tertempel pada kaca preparat serta mudah dilepas dari permukaan material spesimen dan siap dibawa ke laboratorium untuk dianalisa.



Gambar-8. Ilustrasi Proses Replika Permukaan Metallographic

Proses aplikasi replika dapat diilustrasikan seperti ditunjukkan pada Gambar-8, permukaan metallographic diaplikasikan larutan replika dalam hal ini berupa lembaran (softenned asetat tape). Dibiarkan hingga mengering, kemudian dilepas dari permukaan metallographic hingga membentuk kopi dari permukaan spesimen. Apabila dilihat dibawah mikroskop dengan iluminasi co-axial, maka akan berpenampakan mengkilat seperti metal. Hal ini dapat menampakkan detail permukaan seperti struktur mikro, retak mikro dan pitting (bintik-bintik) dapat diobservasi dibawah mikroskop dengan pembesaran yang tinggi.

Replika dapat dibuat pada beberapa bentuk dan ukuran dengan metode aplikasi yang sesuai, resolusi yang tinggi pada seluruh permukaan.

Replika dapat dilepas dari permukaan spesimen dengan detail yang hampir sama dengan permukaan spesimen tanpa kerusakan dan membentuk replika dari fraktur permukaan, lubang ulir, bintik-bintik korosi, kerusakan mekanik permukaan, dsb.

• Observasi Replika

Bagian yang paling penting dari kegiatan uji In-situ metallographic adalah observasi replika dibawah mikroskop dengan spesifikasi yang sesuai.

Observasi dengan mikroskop menentukan dengan jelas karakteristik struktur mikro sebagai ukuran butiran, ukuran, bentuk dan distribusi fasa sekunder termasuk keretakan jika ada.

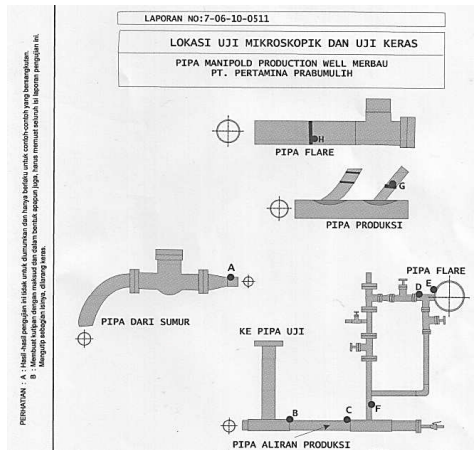
Observasi metallographic dapat memberikan informasi kuantitatif ukuran butiran, dimana akan menentukan jenis fasa seperti: ferit, pearlit, dendrit, martensit dll.

Prosedur:

1. Gunakan Mikroskop Metalurgi untuk mengobservasi spesimen dengan berbagai skala pembesaran.
2. Ambil foto pada spesimen dengan pembesaran yang paling optimum dan cetak

Hasil Inspeksi dan Pembahasan

Pengujian dilakukan pada beberapa lokasi dengan 3 (tiga) daerah, yaitu; logam dasar (base metal), logam las (weld metal) dan daerah terkena pengaruh panas (HAZ) seperti ditunjukkan pada Gambar-9. Salah satu hasil pengujian tersebut dapat ditunjukkan pada Tabel-2 dan Gambar-10.

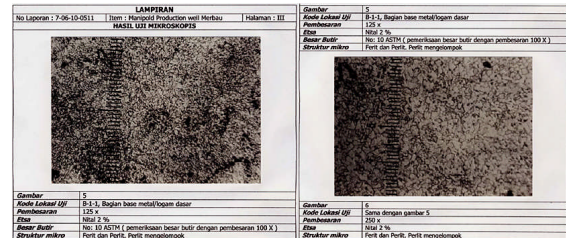


Gambar-9. Cuplikan Laporan In-Situ Metallography

Tabel-2.

Salah Satu Hasil Uji In-situ Metallographic

DATA TEKNIS PERALATAN		3.2. Uji Struktur Mikro dan Uji Keras Pada Perangkaan Luar Pipa Aliran Produksi					
- Nama Alat	: Manifold	Line 1 Lokasi B					
- Tahun pembuatan	: -						
- Tekanan Operasi	: -						
- Material pipe	: API SE X52						
Bagian							
- Base Metal/Logam dasar							
- Daerah pengaruh panas							
- Logam las							
- ASTM A312 TP 316L							
Bagian							
- Logam las							
No.	Kode lokasi	Bagian	Gambar lampiran	Kondisi Struktur Mikro	Nilai Keras Brinell (HB)	Nilai Keras Brinell Berdasarkan Standar	Evaluasi Nilai Keras Brinell
1.	B-1-1	Base Metal/Logam dasar	3 & 4	Normal	125-130-134	137*	Sedikit peningkatan
2.	B-1-2	Daerah Pengaruh Panas	7 & 8	Normal	125-130-134	137*	Sedikit penurunan
3.	B-1-3	Logam Las	9 & 10	Normal	134-139-142	145**	Sedikit peningkatan



Gambar-10. Salah Satu Foto Hasil Uji In-situ Metallographic

Simpulan

Hasil uji In-situ metallographic secara keseluruhan tidak menunjukkan adanya indikasi yang menuju ke arah kerusakan atau kegagalan operasi dari instalasi SPG Merbau. Hal ini dibuktikan dengan beberapa hal sebagai berikut:

- Gambar struktur mikro hasil uji in-situ metallographic tidak ada satupun yang menunjukkan perubahan yang signifikan, misalnya tidak adanya perubahan struktur mikro menjadi struktur martensit pada ketiga daerah uji yaitu logam dasar (base metal), logam las (weld metal), dan daerah terkena pengaruh panas (Heat Affected Zone/HAZ).
- Seiring dengan tidak adanya perubahan struktur mikro yang menyebabkan efek yang tidak baik, hasil uji kekerasan pada daerah uji in-situ metallographic terdapat penurunan dan juga peningkatan angka kekerasan, namun semuanya tidak ada yang menunjukkan angka yang signifikan dan berpengaruh terhadap kekuatan. Hal ini dibandingkan berdasarkan kepada standar ASTM A370-97a

Secara keseluruhan dari hasil uji in-situ metallographic dapat disimpulkan bahwa tidak ada perubahan yang dapat menyebabkan atau mengarah kepada kerusakan atau kegagalan operasi dari pada instalasi Stasiun Pengumpul Gas Merbau.

Daftar Pustaka

- [1] PT. LAPI ITB, 2010, "Jasa Konsultasi Inspeksi dan Penyusunan Rencana Perbaikan Sistem Perpipaan Header Manifold".
- [2] ASM Handbook, Volume 17: "Non-destructive Evaluation and Quality Control", Replition Microscopy Techniques for NDE, 1989 ASM International.
- [3] ASM E1351-90, Standard practice for production and evaluation of field metallographic replicas"
- [4] Juan M. SALGADO LOPIZ, 2011, In situ metallography as non-destructive test to analyze the microstructural damage in the petrochemical industry", 5th, Pan Americaas Non-Destructive