

Pengaruh jenis pengujian specimen hasil pengelasan dan ketebalan coating terhadap visualisasi hasil uji retak

Redi Bintarto^{a,1}, Erwin Sulisty^b, Teguh Dwi Widodo^c, Rudianto Raharjo^d, Muhammad Aprilliano Aptana^e

^{a,b,c,d,e}Program Studi Teknik Mesin, Universitas Brawijaya, Malang

¹redibintarto@ub.ac.id

ABSTRACT

Pada hasil pengujian material hasil las, analisis keretakan menjadi hal yang sangat penting dikarenakan keretakan akan menyebabkan penurunan kekuatan secara drastis. Untuk itu diperlukan metode yang mampu memberikan hasil analisis akurat untuk dapat mengetahui tingkat kekuatan material hasil las. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbedaan metode pengujian retak pada specimen hasil pengelasan. Metode yang dilakukan adalah dengan melakukan pengelasan pada specimen, dengan sebagian specimen diberikan lapisan cat. Hasil dari pengelasan dengan perlakuan berbeda tersebut dibandingkan dengan sensitivitas magnetic particle test metode visible wet dan wet fluorescent dengan menggunakan permanent yoke. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa sensitivitas wet fluorescent lebih tinggi atau baik daripada sensitivitas visible wet. Hal ini dikarenakan serbuk magnet yang digunakan dapat mempengaruhi sensitivitasnya. Pada pengujian visible wet, serbuk magnet yang digunakan yaitu MPI black ink. Sedangkan variasi penambahan ketebalan coating tidak berpengaruh signifikan terhadap kemampuan pembacaan indikasi apabila ketebalan coating hanya 100 mikron. Namun variasi penambahan ketebalan coating dapat berpengaruh signifikan apabila ketebalan coating lebih atau sama dengan 200 mikron. Hal ini disebabkan karena semakin tebal ketebalan coating, maka lapisan coating tersebut akan menutupi cacat atau indikasi yang terdapat pada specimen. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan perbandingan lebih banyak lagi dengan menambah jenis non destructive testing terhadap tingkat visualisasi retak.

Keywords: Magnetic Particle Testing, Sensitivity, Coating, Visible Wet, Wet Fluorescent

Received 2 September 2024; Presented 2 Oktober 2024; Publication 20 Januari 2025

DOI: 10.71452/590893

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di bidang manufaktur saat ini mengalami peningkatan pesat, terutama dalam manufaktur yang melibatkan bahan logam. Untuk menghasilkan produk manufaktur berkualitas, diperlukan teknologi penyambungan logam, salah satunya melalui pengelasan logam. Pengelasan logam merupakan proses penyambungan logam dengan mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi, sehingga membentuk logam yang menyatu (Santoso dkk., 2015).

Ada berbagai metode untuk meningkatkan kualitas hasil pengelasan, salah satunya adalah proses pelapisan atau coating. Coating merupakan tahap akhir dalam produksi, yang biasanya dilakukan setelah benda kerja selesai dibentuk, melalui pengerjaan mesin dan penghalusan permukaan. Tujuan coating adalah memberikan karakteristik khusus pada permukaan benda kerja, seperti kekerasan, ketahanan aus, dan lainnya (Darmawi, 2018).

Pengelasan logam dapat mempengaruhi sifat fisik maupun mekanis logam, seperti terjadinya cacat atau defect (Winardi dkk., 2020). Untuk memastikan kualitas produk manufaktur, salah satu metode yang digunakan adalah uji non-destruktif (Non-Destructive

Test/NDT). NDT merupakan metode inspeksi atau perawatan untuk mendeteksi cacat pada permukaan maupun bagian dalam material, hasil pengelasan, bagian fabrikasi, dan komponen tanpa merusak sifat fisik material tersebut (Chuse, 2021).

Salah satu metode NDT adalah magnetic particle testing (MPT), yaitu pengujian tanpa merusak dengan bantuan medan magnet untuk mendeteksi diskontinuitas pada material dengan partikel magnetik (Pardede & Putra, 2015). Namun, MPT hanya dapat diterapkan pada material ferromagnetik, dan medan magnet harus memotong atau tegak lurus daerah retak (Irwansyah, 2019). Pada MPT, terdapat dua jenis partikel yang sering digunakan, yaitu visible wet dan wet fluorescent.

Sensitivitas (sensitivity) adalah kemampuan magnetic particle test dalam mendeteksi diskontinuitas pada atau dekat permukaan material ferromagnetik (Chuse, 2021). Visible wet dan wet fluorescent memiliki sensitivitas yang berbeda terhadap benda dengan perlakuan khusus, seperti ketebalan coating tertentu, disebabkan oleh perbedaan sifat kedua partikel tersebut. Partikel visible wet sensitif terhadap cahaya putih dengan panjang gelombang 4000 – 7000 angstrom (Chuse, 2021), sementara partikel fluorescent digunakan dengan black light, yang

memiliki panjang gelombang 3200 – 4000 angstrom (Chuse, 2021).

Berdasarkan hal tersebut, dilakukan penelitian mengenai analisis perbandingan sensitivitas magnetic particle testing antara metode visible wet dan wet fluorescent pada hasil pengelasan yang dilapisi coating.

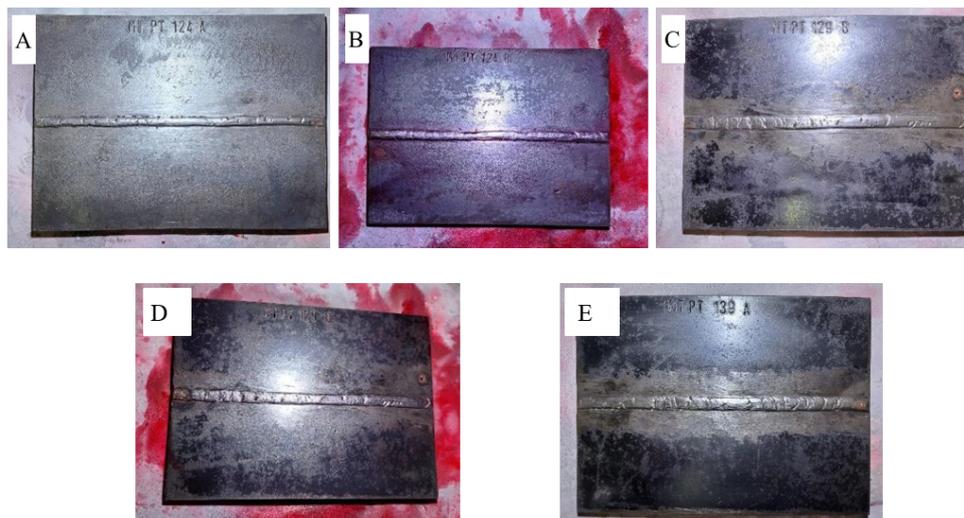
METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental dengan melakukan uji coba pada satu atau lebih variabel yang mempengaruhi variabel lainnya. Tujuan dari metode ini adalah untuk membandingkan sensitivitas uji magnetic particle test antara metode visible wet dan wet fluorescent menggunakan permanent yoke terhadap hasil pengelasan yang dilapisi coating. Fokus utama penelitian adalah pengaruh ketebalan coating 100 mikron, 200 mikron, 300 mikron, 400 mikron, dan 500 mikron, yang akan dibandingkan dengan spesimen lain yang mendapatkan perlakuan berbeda.

HASIL DAN PEMBAHASAN

UJI VISUAL HASIL PENGELASAN

Pada proses pembuatan spesimen, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1, terdapat 5 spesimen dengan parameter yang telah disesuaikan berdasarkan teori. Beberapa parameter yang digunakan meliputi penggunaan double V grooves, serta jarak pengelasan sejauh 2 mm dengan metode pengelasan SMAW. Dalam pembuatan spesimen, elektroda berdiameter 3,2 mm digunakan, yang telah disesuaikan dengan ketebalan material spesimen, yaitu 5 mm. Material spesimen yang digunakan adalah baja ASTM A36 dengan kandungan karbon sebesar 0,29%.

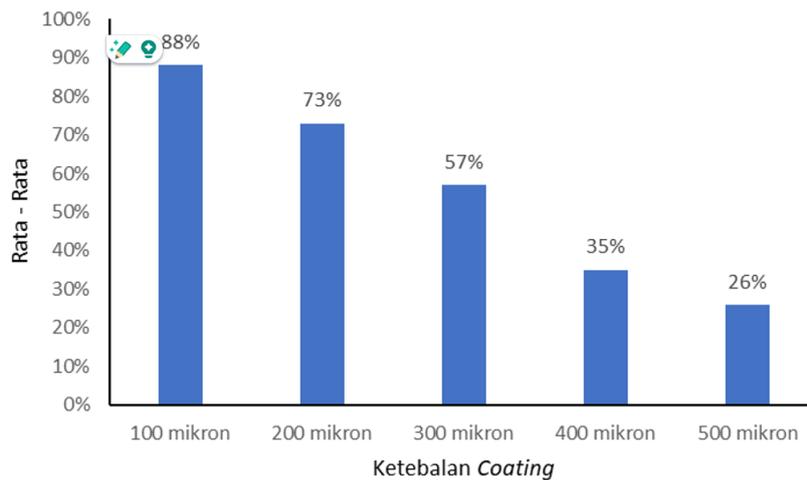


Gambar 1. Spesimen dalam pengujian

ANALISA DATA PENGUJIAN VISIBLE WET

Gambar 2 memperlihatkan perbandingan sensitivitas antara visible wet dan wet fluorescent pada lima ketebalan coating, yaitu 100 mikron, 200 mikron, 300 mikron, 400 mikron, dan 500 mikron. Pada ketebalan coating 100 mikron, sensitivitas wet fluorescent lebih tinggi 5% dibandingkan visible wet. Untuk ketebalan coating 200 mikron, sensitivitas wet fluorescent lebih unggul 6%. Pada ketebalan 300 mikron, sensitivitas

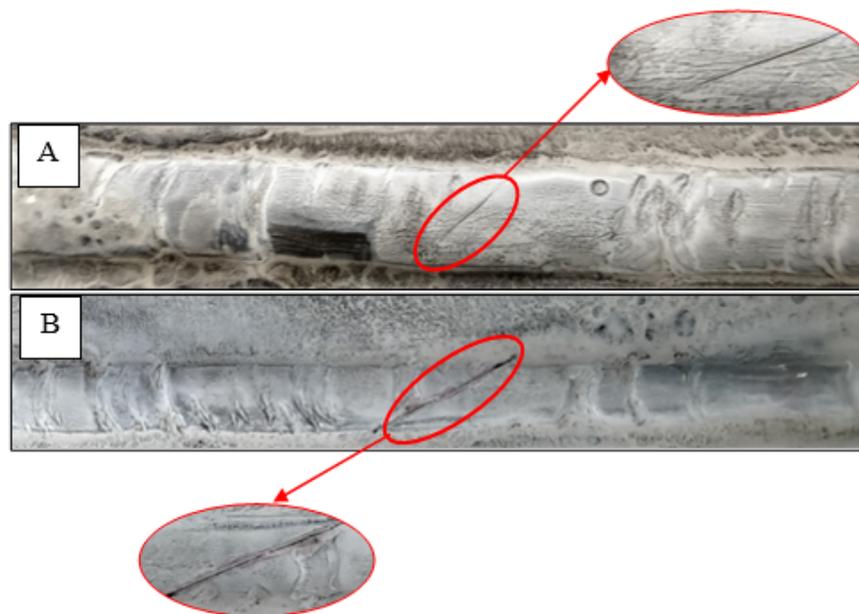
wet fluorescent lebih besar 11% dibandingkan visible wet. Sementara pada ketebalan 400 mikron, perbedaannya mencapai 22%, dan pada ketebalan 500 mikron, sensitivitas wet fluorescent lebih tinggi 23% dibandingkan visible wet. Dari penjelasan pada paragraf kedua, dapat disimpulkan bahwa sensitivitas pengujian wet fluorescent lebih tinggi dibandingkan dengan pengujian visible wet. Hal ini disebabkan oleh kemampuan fluorescent yang membuat partikel magnetik tampak bercahaya, sehingga indikasi pada spesimen menjadi lebih mudah terdeteksi.



Gambar 2. Grafik Data Pengujian *Visible Wet*

Pengujian visible wet dilakukan menggunakan cleaner, white contrast paint, MPI black ink, dan permanent yoke dengan metode continuous wet, yaitu penyemprotan MPI black ink dan pengaplikasian yoke dilakukan bersamaan. Pengujian ini dilakukan lima kali pada ketebalan coating 100 hingga 500 mikron.

Hasilnya menunjukkan penurunan sensitivitas seiring bertambahnya ketebalan coating, yaitu 88% pada 100 mikron, 73% pada 200 mikron, 57% pada 300 mikron, 35% pada 400 mikron, dan 26% pada 500 mikron. Penurunan sensitivitas ini terjadi karena lapisan coating yang lebih tebal cenderung menutupi cacat pada spesimen.



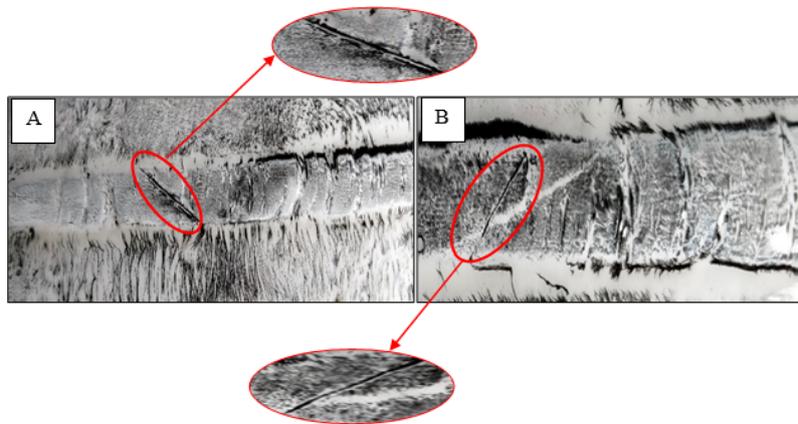
Gambar 3. Hasil pengujian *visible wet* pada ketebalan 100 mikron yang menunjukkan indikasi cacat berupa *crack*

Gambar 3 menunjukkan indikasi cacat berupa retak (*crack*) pada spesimen dengan ketebalan coating 100 mikron, dengan dua retakan yang terdeteksi: satu sepanjang 1,5 mm di bagian A dan satu lagi sepanjang 1,7 mm di bagian B. Penyebaran panas pada logam induk dipengaruhi oleh suhu logam cair

dan kecepatan pengelasan, dengan kenaikan suhu cepat di batas HAZ dan logam cair, diikuti penurunan suhu cepat setelah pengelasan, dikenal sebagai efek quenching. Proses ini mengubah struktur mikro logam, di mana austenit terbentuk pada suhu tinggi dan martensit terbentuk saat suhu turun. Daerah dekat

garis fusi mengalami pertumbuhan butir besar, sementara daerah yang lebih jauh memiliki butir lebih kecil. Perubahan struktur mikro akibat variasi

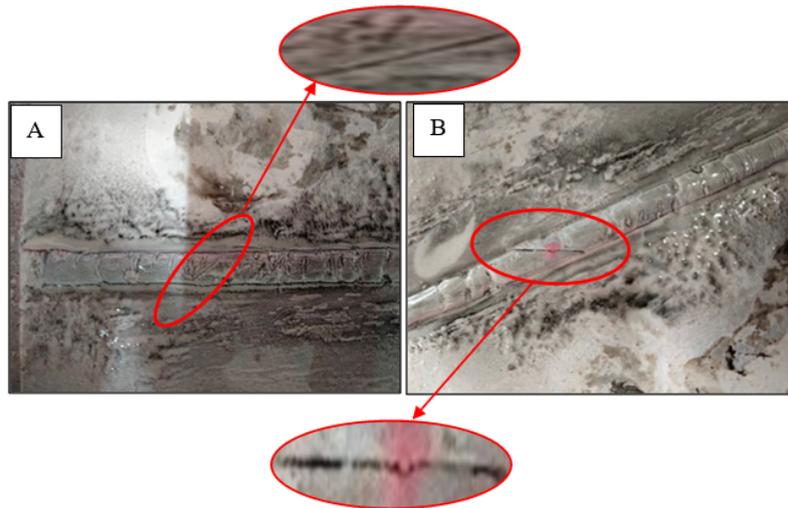
suhu ini menyebabkan terjadinya retak. Untuk mencegah retakan, pendinginan pasca-pengelasan perlu diperlambat.



Gambar 4. Hasil pengujian visible wet pada ketebalan 200 mikron yang menunjukkan indikasi cacat berupa crack

Gambar 4 menunjukkan adanya cacat berupa retakan (crack) pada spesimen dengan ketebalan coating 200 mikron. Terdapat dua retakan yang terdeteksi, satu sepanjang 1,2 mm pada bagian A dan satu lagi sepanjang 1,5 mm pada bagian B. Penyebaran panas pada logam induk dipengaruhi oleh suhu logam cair dan kecepatan pengelasan, dengan kenaikan suhu cepat di batas HAZ dan logam cair, lalu penurunan suhu cepat setelah pengelasan, yang disebut efek quenching. Proses ini mengubah struktur mikro logam, di mana austenit terbentuk pada suhu tinggi dan martensit terbentuk saat suhu turun. Dekat garis

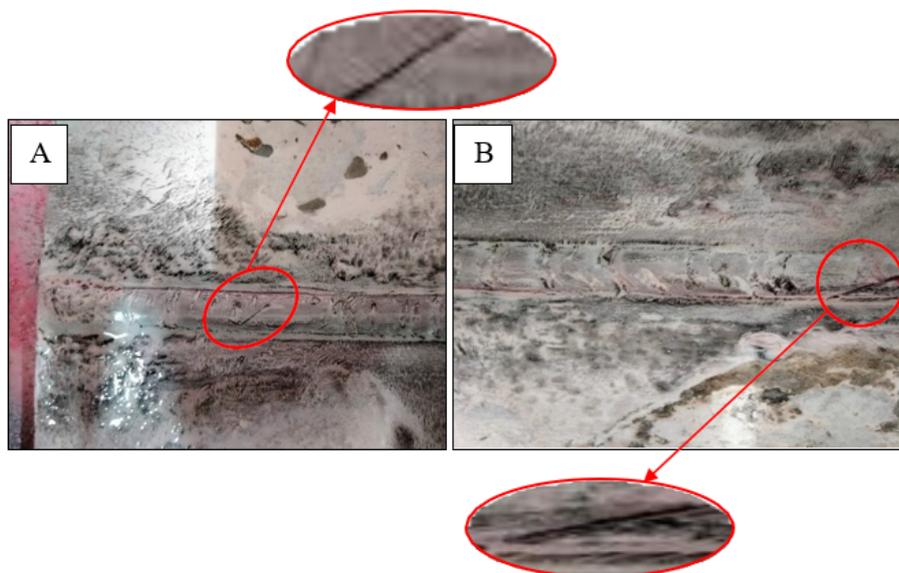
fusi, ukuran butir lebih besar akibat suhu tinggi, sedangkan semakin jauh dari garis fusi, ukuran butir semakin kecil karena suhu lebih rendah. Perubahan struktur mikro ini menyebabkan retakan, dan untuk mencegahnya, pendinginan setelah pengelasan perlu diperlambat.



Gambar 5. Hasil pengujian visible wet pada ketebalan 300 mikron yang menunjukkan indikasi cacat berupa crack

Gambar 4.5 menunjukkan cacat berupa retakan (crack) pada spesimen dengan ketebalan coating 300 mikron. Terdapat dua retakan, satu sepanjang 0,9 mm di bagian A dan satu lagi sepanjang 1,2 mm di bagian B. Penyebaran panas pada logam induk dipengaruhi oleh suhu logam cair dan kecepatan pengelasan. Kenaikan suhu cepat di batas HAZ dan logam cair, diikuti penurunan suhu setelah pengelasan, dikenal

sebagai efek quenching. Proses ini menyebabkan transformasi struktur mikro, di mana austenit terbentuk pada suhu tinggi dan martensit saat suhu turun. Ukuran butir lebih besar di dekat garis fusi karena suhu tinggi, sedangkan ukuran butir mengecil semakin jauh dari garis fusi. Perubahan ini memicu retakan. Untuk mencegah retakan, proses pendinginan setelah pengelasan harus diperlambat.



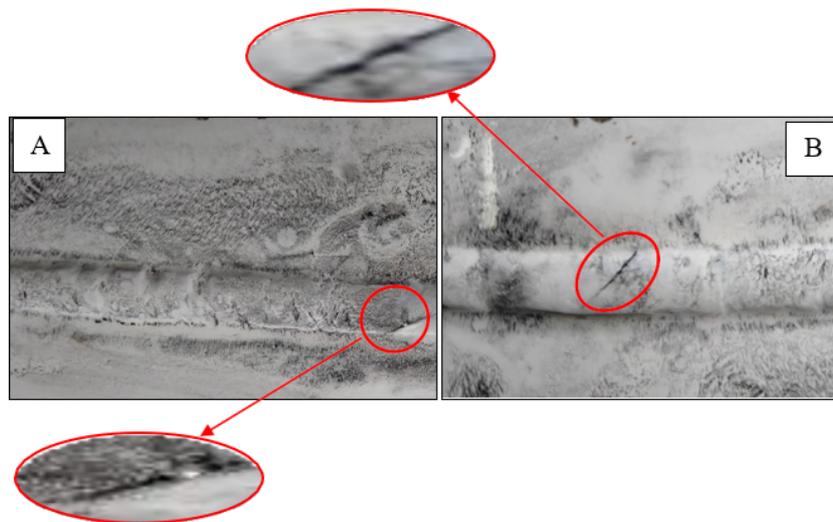
Gambar 6. Hasil pengujian visible wet pada ketebalan 400 mikron yang menunjukkan indikasi cacat berupa crack

Gambar 6 di atas adalah gambar yang menunjukkan indikasi cacat yang terdapat pada spesimen dengan pengujian visible wet. Indikasi

cacat tersebut ditemukan pada ketebalan coating sebanyak 400 mikron. Indikasi cacat tersebut merupakan cacat crack. Lingkaran merah bagian

A pada gambar 4.6 menunjukkan indikasi cacat dengan panjang 0.5 mm. Sedangkan lingkaran merah pada bagian B gambar 4.6 menunjukkan indikasi cacat dengan panjang 0.8 mm. Penyebaran panas pada logam induk dipengaruhi oleh temperatur panas dari logam cair dan kecepatan dari pengelasan. Pada batas HAZ dan logam cair temperatur naik sangat cepat sampai batas pencairan logam dan temperatur turun sangat cepat juga setelah proses pengelasan selesai. Hal ini dapat disebut juga sebagai efek *quenching*. Pada daerah ini biasanya terjadi transformasi struktur mikro. Struktur mikro menjadi *austenit* ketika temperatur naik (panas) dan menjadi *martensit* ketika temperatur turun (dingin). Daerah yang terletak dekat garis fusi

ukuran butirnya akan cenderung besar yang disebabkan oleh adanya temperatur tinggi, menyebabkan *austenit* mempunyai kesempatan besar untuk menjadi homogen. Sedangkan daerah yang semakin menjauhi garis fusi ukuran butirnya semakin mengecil. Hal ini disebabkan oleh temperatur yang tidak begitu tinggi menyebabkan *austenit* tidak mempunyai waktu yang banyak untuk menjadi lebih homogen. Transformasi struktur mikro yang terjadi akibat perubahan temperatur menyebabkan terjadinya retak (*crack*). Cara untuk mengatasi atau mencegah agar cacat *crack* ini tidak muncul adalah memperlambat pendinginan setelah proses pengelasan.

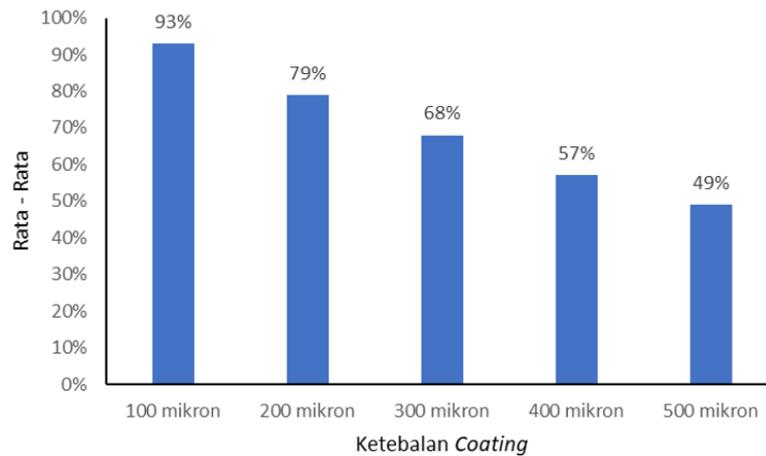


Gambar 7. Hasil pengujian *visible wet* pada ketebalan 500 mikron yang menunjukkan indikasi cacat berupa *crack*

Gambar 7 di atas adalah gambar yang menunjukkan indikasi cacat yang terdapat pada spesimen dengan pengujian *visible wet*. Indikasi cacat tersebut ditemukan pada ketebalan *coating* sebanyak 500 mikron. Indikasi cacat tersebut merupakan cacat *crack*. Lingkaran merah bagian A pada gambar 4.7 menunjukkan indikasi cacat dengan panjang 0.3mm. Sedangkan lingkaran merah pada bagian B gambar 4.7 menunjukkan indikasi cacat dengan panjang 0.7 mm.

Penyebaran panas pada logam induk dipengaruhi oleh temperatur panas dari logam cair dan kecepatan dari pengelasan. Pada batas *HAZ* dan logam cair temperatur naik sangat cepat sampai batas pencairan logam dan temperatur turun sangat cepat juga setelah proses pengelasan selesai. Hal ini dapat disebut juga sebagai efek *quenching*. Pada daerah ini biasanya

terjadi transformasi struktur mikro. Struktur mikro menjadi *austenit* ketika temperatur naik (panas) dan menjadi *martensit* ketika temperatur turun (dingin). Daerah yang terletak dekat garis fusi ukuran butirnya akan cenderung besar yang disebabkan oleh adanya temperatur tinggi, menyebabkan *austenit* mempunyai kesempatan besar untuk menjadi homogen. Sedangkan daerah yang semakin menjauhi garis fusi ukuran butirnya semakin mengecil. Hal ini disebabkan oleh temperatur yang tidak begitu tinggi menyebabkan *austenit* tidak mempunyai waktu yang banyak untuk menjadi lebih homogen. Transformasi struktur mikro yang terjadi akibat perubahan temperatur menyebabkan terjadinya retak (*crack*). Cara untuk mengatasi atau mencegah agar cacat *crack* ini tidak muncul adalah memperlambat pendinginan setelah proses pengelasan.



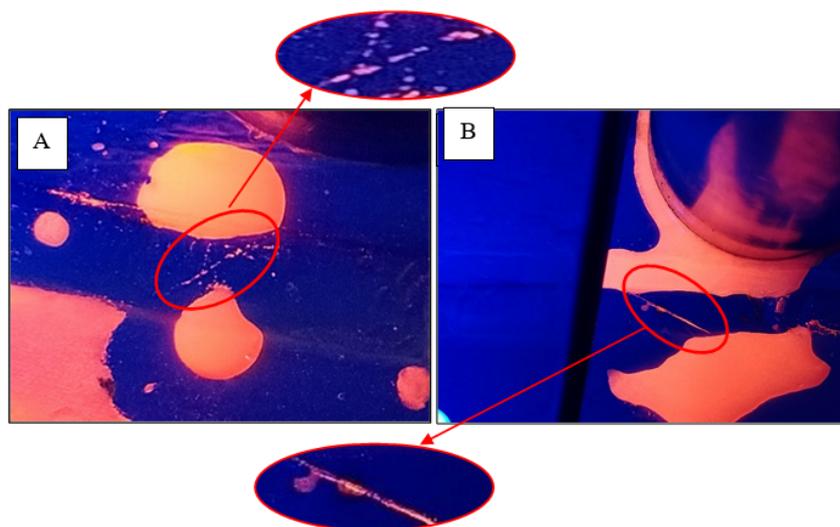
Gambar 8. Grafik hasil pengujian Wet Fluorescent

Pengujian *wet fluorescent* dilakukan dengan menggunakan *cleaner*, *black light*, *MPI black ink*, *magnaflux 14 hf*, serta *permanent yoke*. Pengujian ini menggunakan metode *continuous wet*. *Continuous wet* adalah metode inspeksi dimana penyemprotan *magnaflux 14 hf* serta pengaplikasian *permanent yoke* dilakukan secara bersamaan. Pengujian ini dilakukan dibawah *black light*. Kemudian pengujian ini dilakukan sebanyak 5 kali yaitu pada ketebalan *coating* 100 mikron, 200 mikron, 300 mikron, 400 mikron, dan 500 mikron.

Pada gambar 8 di atas menunjukkan data yang didapatkan dari pengujian *wet fluorescent*. Rata – rata untuk ketebalan 100 mikron didapatkan sebanyak

93%, ketebalan 200 mikron sebanyak 79%, ketebalan 300 mikron sebanyak 68%, ketebalan 400 mikron sebanyak 57%, dan ketebalan 500 mikron sebanyak 49%.

Pada gambar 8 di atas menunjukkan bahwa rata – rata sensitivitas semakin menurun seiring meningkatnya tingkat ketebalan *coating*. Hal ini disebabkan karena semakin tebal ketebalan *coating*, maka lapisan *coating* tersebut akan menutupi cacat atau indikasi yang terdapat pada spesimen. Maka dari itu indikasi yang dapat dideteksi juga semakin kecil sehingga menyebabkan kemampuan mendeteksi dari *wet fluorescent* juga semakin menurun seiring meningkatnya ketebalan *coating*.

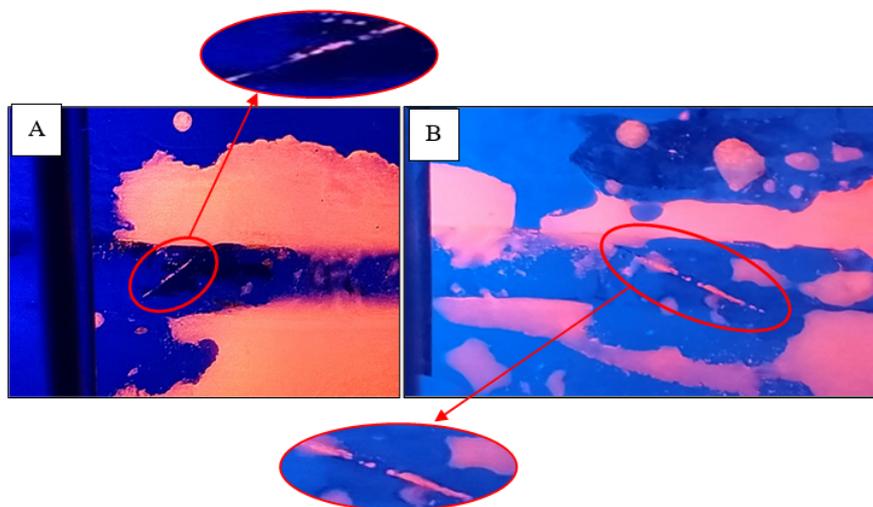


Gambar 9. Hasil pengujian wet fluorescent pada ketebalan 100 mikron yang menunjukkan indikasi cacat berupa crack

Gambar 9. di atas adalah gambar yang menunjukkan indikasi cacat yang terdapat pada spesimen dengan pengujian *wet fluorescent*. Indikasi cacat tersebut ditemukan pada ketebalan *coating* sebanyak 100 mikron. Indikasi cacat tersebut merupakan cacat *crack*. Lingkaran merah bagian A pada gambar 4.9 menunjukkan indikasi cacat dengan panjang 1.5mm. Sedangkan lingkaran merah pada bagian B gambar 9 menunjukkan indikasi cacat dengan panjang 1.8 mm.

Penyebaran panas pada logam induk dipengaruhi oleh temperatur panas dari logam cair dan kecepatan dari pengelasan. Pada batas *HAZ* dan logam cair temperatur naik sangat cepat sampai batas pencairan logam dan temperatur turun sangat cepat juga setelah proses pengelasan selesai. Hal ini dapat disebut juga sebagai efek *quenching*. Pada daerah ini biasanya

terjadi transformasi struktur mikro. Struktur mikro menjadi *austenit* ketika temperatur naik (panas) dan menjadi *martensit* ketika temperatur turun (dingin). Daerah yang terletak dekat garis fusi ukuran butirnya akan cenderung besar yang disebabkan oleh adanya temperatur tinggi, menyebabkan *austenit* mempunyai kesempatan besar untuk menjadi homogen. Sedangkan daerah yang semakin menjauhi garis fusi ukuran butirnya semakin mengecil. Hal ini disebabkan oleh temperatur yang tidak begitu tinggi menyebabkan *austenit* tidak mempunyai waktu yang banyak untuk menjadi lebih homogen. Transformasi struktur mikro yang terjadi akibat perubahan temperatur menyebabkan terjadinya retak (*crack*). Cara untuk mengatasi atau mencegah agar cacat *crack* ini tidak muncul adalah memperlambat pendinginan setelah proses pengelasan.

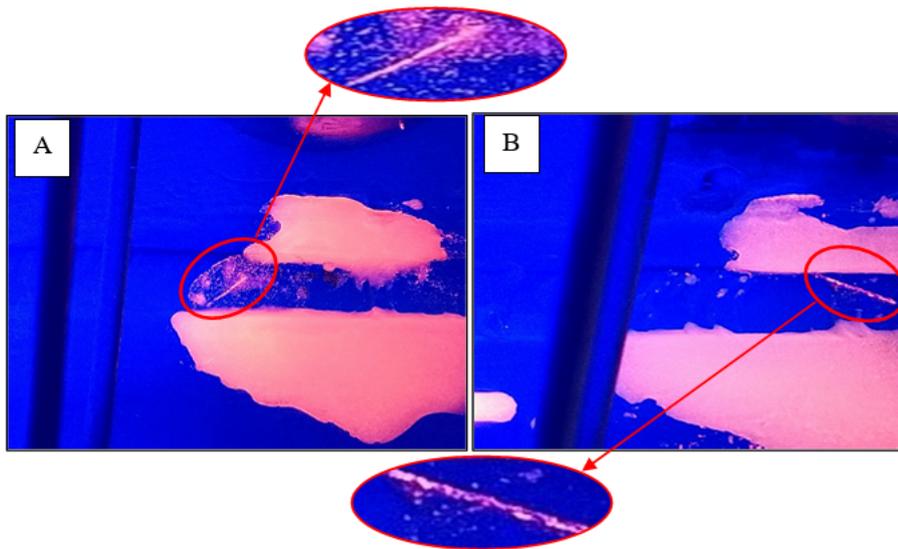


Gambar 10. Hasil pengujian wet fluorescent pada ketebalan 200 mikron yang menunjukkan indikasi cacat berupa crack

Gambar 10 di atas adalah gambar yang menunjukkan indikasi cacat yang terdapat pada spesimen dengan pengujian *wet fluorescent*. Indikasi cacat tersebut ditemukan pada ketebalan *coating* sebanyak 200 mikron. Indikasi cacat tersebut merupakan cacat *crack*. Lingkaran merah bagian A pada gambar 4.10 menunjukkan indikasi cacat dengan panjang 1.3 mm. Sedangkan lingkaran merah pada bagian B gambar 10 menunjukkan indikasi cacat dengan panjang 1.6 mm.

Penyebaran panas pada logam induk dipengaruhi oleh temperatur panas dari logam cair dan kecepatan dari pengelasan. Pada batas *HAZ* dan logam cair temperatur naik sangat cepat sampai batas pencairan logam dan temperatur turun sangat cepat juga setelah proses pengelasan selesai. Hal ini dapat disebut juga sebagai efek *quenching*. Pada daerah ini biasanya

terjadi transformasi struktur mikro. Struktur mikro menjadi *austenit* ketika temperatur naik (panas) dan menjadi *martensit* ketika temperatur turun (dingin). Daerah yang terletak dekat garis fusi ukuran butirnya akan cenderung besar yang disebabkan oleh adanya temperatur tinggi, menyebabkan *austenit* mempunyai kesempatan besar untuk menjadi homogen. Sedangkan daerah yang semakin menjauhi garis fusi ukuran butirnya semakin mengecil. Hal ini disebabkan oleh temperatur yang tidak begitu tinggi menyebabkan *austenit* tidak mempunyai waktu yang banyak untuk menjadi lebih homogen. Transformasi struktur mikro yang terjadi akibat perubahan temperatur menyebabkan terjadinya retak (*crack*). Cara untuk mengatasi atau mencegah agar cacat *crack* ini tidak muncul adalah memperlambat pendinginan setelah proses pengelasan.

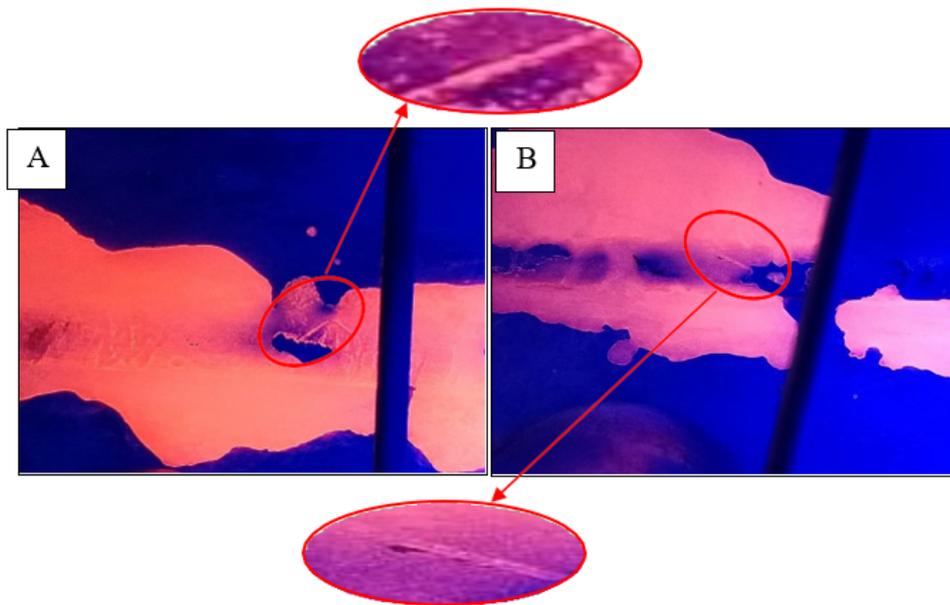


Gambar 11. Hasil pengujian wet fluorescent pada ketebalan 300 mikron yang menunjukkan indikasi cacat berupa crack

Gambar 11 di atas adalah gambar yang menunjukkan indikasi cacat yang terdapat pada spesimen dengan pengujian wet fluorescent. Indikasi cacat tersebut ditemukan pada ketebalan coating sebanyak 300 mikron. Indikasi cacat tersebut merupakan cacat crack. Lingkaran merah bagian A pada gambar 4.11 menunjukkan indikasi cacat dengan panjang 1.1 mm. Sedangkan lingkaran merah pada bagian B gambar 4.11 menunjukkan indikasi cacat dengan panjang 1.4 mm.

Penyebaran panas pada logam induk dipengaruhi oleh temperatur panas dari logam cair dan kecepatan dari pengelasan. Pada batas HAZ dan logam cair temperatur naik sangat cepat sampai batas pencairan logam dan temperatur turun sangat cepat juga setelah proses pengelasan selesai. Hal ini dapat disebut juga sebagai efek quenching. Pada daerah ini biasanya terjadi

transformasi struktur mikro. Struktur mikro menjadi austenit ketika temperatur naik (panas) dan menjadi martensit ketika temperatur turun (dingin). Daerah yang terletak dekat garis fusi ukuran butirnya akan cenderung besar yang disebabkan oleh adanya temperatur tinggi, menyebabkan austenit mempunyai kesempatan besar untuk menjadi homogen. Sedangkan daerah yang semakin menjauhi garis fusi ukuran butirnya semakin mengecil. Hal ini disebabkan oleh temperatur yang tidak begitu tinggi menyebabkan austenit tidak mempunyai waktu yang banyak untuk menjadi lebih homogen. Transformasi struktur mikro yang terjadi akibat perubahan temperatur menyebabkan terjadinya retak (crack). Cara untuk mengatasi atau mencegah agar cacat crack ini tidak muncul adalah memperlambat pendinginan setelah proses pengelasan.



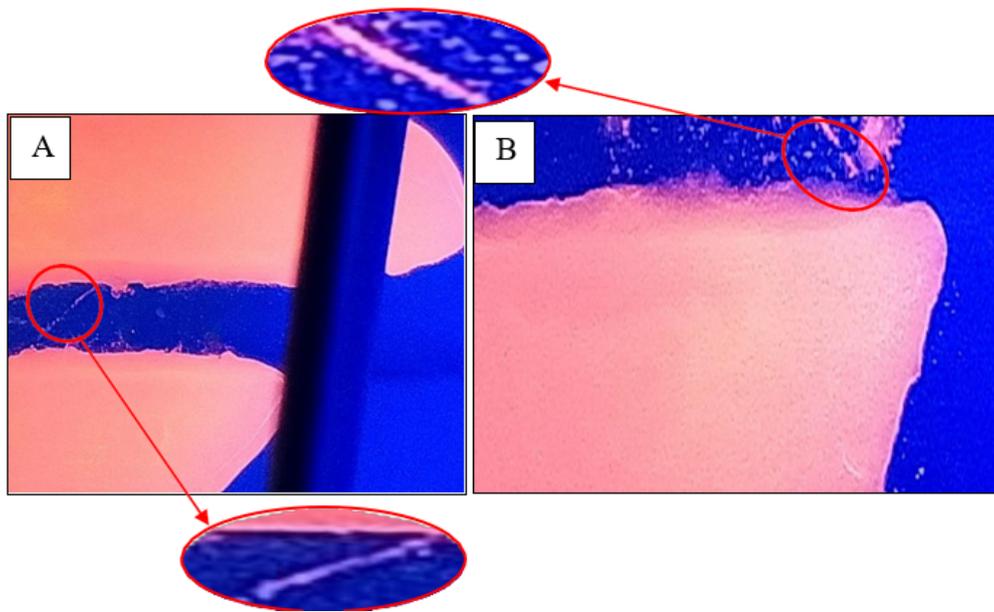
Gambar 12. Hasil pengujian wet fluorescent pada ketebalan 400 mikron yang menunjukkan indikasi cacat berupa crack

Gambar 12 di atas adalah gambar yang menunjukkan indikasi cacat yang terdapat pada spesimen dengan pengujian *wet fluorescent*. Indikasi cacat tersebut ditemukan pada ketebalan *coating* sebanyak 400 mikron. Indikasi cacat tersebut merupakan cacat *crack*. Lingkaran merah bagian A pada gambar 4.12 menunjukkan indikasi cacat dengan panjang

0.9 mm. Sedangkan lingkaran merah pada bagian B gambar 4.12 menunjukkan indikasi cacat dengan panjang 1.2 mm.

Penyebaran panas pada logam induk dipengaruhi oleh temperatur panas dari logam cair dan kecepatan dari pengelasan. Pada batas *HAZ* dan logam cair temperatur naik sangat cepat sampai batas pencairan logam dan temperatur turun sangat cepat juga setelah proses pengelasan selesai. Hal ini dapat disebut juga

sebagai efek *quenching*. Pada daerah ini biasanya terjadi transformasi struktur mikro. Struktur mikro menjadi *austenit* ketika temperatur naik (panas) dan menjadi *martensit* ketika temperatur turun (dingin). Daerah yang terletak dekat garis fusi ukuran butirnya akan cenderung besar yang disebabkan oleh adanya temperatur tinggi, menyebabkan *austenit* mempunyai kesempatan besar untuk menjadi homogen. Sedangkan daerah yang semakin menjauhi garis fusi ukuran butirnya semakin mengecil. Hal ini disebabkan oleh temperatur yang tidak begitu tinggi menyebabkan *austenit* tidak mempunyai waktu yang banyak untuk menjadi lebih homogen. Transformasi struktur mikro yang terjadi akibat perubahan temperatur menyebabkan terjadinya retak (*crack*). Cara untuk mengatasi atau mencegah agar cacat *crack* ini tidak muncul adalah memperlambat pendinginan setelah proses pengelasan.



Gambar 13. Hasil pengujian wet fluorescent pada ketebalan 500 mikron yang menunjukkan indikasi cacat berupa crack

Gambar 13 di atas adalah gambar yang menunjukkan indikasi cacat yang terdapat pada spesimen dengan pengujian *wet fluorescent*. Indikasi cacat tersebut ditemukan pada ketebalan *coating* sebanyak 500 mikron. Indikasi cacat tersebut merupakan cacat *crack*. Lingkaran merah bagian A pada gambar 4.13 menunjukkan indikasi cacat dengan panjang

0.8 mm. Sedangkan lingkaran merah pada bagian B gambar 4.13 menunjukkan indikasi cacat dengan panjang 1.0 mm.

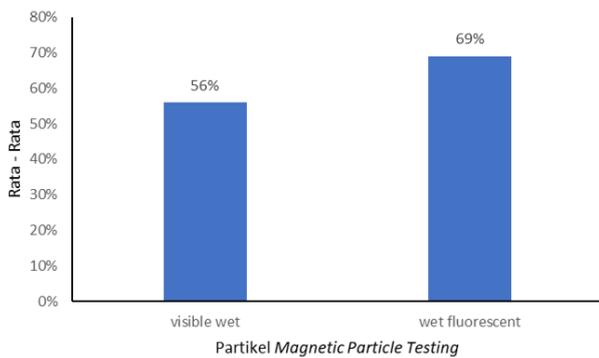
Penyebaran panas pada logam induk dipengaruhi oleh temperatur panas dari logam cair dan kecepatan dari pengelasan. Pada batas *HAZ* dan logam cair temperatur naik sangat cepat sampai batas pencairan logam dan temperatur turun sangat cepat juga setelah proses pengelasan selesai. Hal ini dapat disebut juga

PERBANDINGAN SENSITIVITAS ANTARA VISIBLE WET DAN WET FLUORESCENT

Berdasarkan data hasil percobaan, dapat dilihat bahwa hasil dari uji menghasilkan data sebagai berikut: Tabel 4.3 menunjukkan perbandingan sensitivitas antara visible wet dan wet fluorescent terhadap lima ketebalan coating, yaitu 100 mikron, 200 mikron, 300 mikron, 400 mikron, dan 500 mikron. Pengambilan data tersebut didapatkan dari tabel 4.1 dan 4.2. Gambar 4.14 menunjukkan grafik

sebagai efek *quenching*. Pada daerah ini biasanya terjadi transformasi struktur mikro. Struktur mikro menjadi *austenit* ketika temperatur naik (panas) dan menjadi *martensit* ketika temperatur turun (dingin). Daerah yang terletak dekat garis fusi ukuran butirnya akan cenderung besar yang disebabkan oleh adanya temperatur tinggi, menyebabkan *austenit* mempunyai kesempatan besar untuk menjadi homogen. Sedangkan daerah yang semakin menjauhi garis fusi ukuran butirnya semakin mengecil. Hal ini disebabkan oleh temperatur yang tidak begitu tinggi menyebabkan *austenit* tidak mempunyai waktu yang banyak untuk menjadi lebih homogen. Transformasi struktur mikro yang terjadi akibat perubahan temperatur menyebabkan terjadinya retak (*crack*). Cara untuk mengatasi atau mencegah agar cacat *crack* ini tidak muncul adalah memperlambat pendinginan setelah proses pengelasan.

perbandingan rata-rata sensitivitas antara visible wet dan wet fluorescent.



Gambar 14. Hasil perbandingan rata-rata sensitivitas

Table 1. Perbandingan Sensitivitas antara Visible wet dan wet fluorescent

100		200		300		400		500	
A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
2	2	2	1	2	0	2	0	2	0
1.6 & 2.1 mm	1.5 & 1.8 mm	1.6 & 2.1 mm	1.6 mm	1.6 & 2.1 mm		1.6 & 2.1 mm		1.6 & 2.1 mm	

Tabel 1 menunjukkan perbandingan jumlah *relevant indication* pada metode *visible wet*. Pada tabel 4.4 terdapat perbandingan indikasi yang termasuk dalam *relevant indication* sebelum dan sesudah *dicoating*.

Indikasi retak dapat dikatan relevan apabila indikasi tersebut memiliki ukuran lebih besar atau sama dengan 1.5 mm (Chuse, 2021). Untuk ketebalan *coating* 100 mikron, jumlah *relevant indication* setelah *coating* terdapat 2 indikasi yaitu 1.5 mm dan 1.7 mm. Jumlah indikasi tersebut sama dengan jumlah indikasi sebelum *dicoating*. Untuk ketebalan 200 mikron, jumlah *relevant indication* setelah *coating* terdapat 1 indikasi yaitu 1.5 mm. Sedangkan untuk ketebalan *coating* 300 mikron, 400 mikron, dan 500 mikron tidak memiliki *relevant indication* setelah *coating*.

ANALISA PADA WET FLUORESCENT

Tabel 2 menunjukkan perbandingan jumlah *relevant indication* pada metode *visible wet*. Pada tabel 4.5 terdapat perbandingan indikasi yang termasuk dalam *relevant indication* sebelum dan sesudah *dicoating*.

Indikasi retak dapat dikatan relevan apabila indikasi tersebut memiliki ukuran lebih besar atau sama dengan 1.5 mm (Chuse, 2021). Untuk ketebalan *coating* 100 mikron, jumlah *relevant indication* setelah *coating* terdapat 2 indikasi yaitu 1.5 mm dan 1.8 mm. Jumlah indikasi tersebut sama dengan jumlah indikasi sebelum *dicoating*. Untuk ketebalan 200 mikron, jumlah *relevant indication* setelah *coating* terdapat 1 indikasi yaitu 1.6 mm. Sedangkan untuk ketebalan *coating* 300 mikron, 400 mikron, dan 500 mikron tidak memiliki *relevant indication* setelah *coating*.

Table 2. Perbandingan Sensitivitas Pada Wet Fluorescent

100 mikron		200 mikron		300 mikron		400 mikron		500 mikron	
Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
2	2	2	1	2	0	2	0	2	0
(1.6 & 2.1 mm)	(1.5 & 1.8 mm)	(1.6 & 2.1 mm)	(1.6 mm)	(1.6 & 2.1 mm)		(1.6 & 2.1 mm)		(1.6 & 2.1 mm)	

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa sensitivitas metode wet fluorescent lebih tinggi dibandingkan metode visible wet. Hal ini sejalan dengan teori yang menyatakan bahwa jenis serbuk magnetik yang digunakan mempengaruhi tingkat sensitivitas. Pada metode visible wet, serbuk magnetik yang digunakan adalah MPI black ink, yang setelah diaplikasikan pada spesimen akan meninggalkan indikasi cacat berupa warna hitam. Sementara itu, pada metode wet fluorescent, serbuk magnetik yang digunakan adalah magnaflux 14 hf, yang dengan bantuan cahaya hitam (black light) akan membuat partikel magnetik tampak bercahaya, sehingga lebih mudah untuk mendeteksi adanya cacat pada spesimen. Selain itu, penelitian menunjukkan bahwa variasi ketebalan coating tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap pembacaan indikasi cacat jika ketebalannya hanya 100 mikron. Namun, ketika ketebalan coating mencapai 200 mikron atau lebih, pengaruhnya menjadi signifikan. Hal ini disebabkan oleh semakin tebalnya coating yang menutupi cacat pada spesimen, sehingga mengurangi jumlah indikasi cacat yang dapat terdeteksi. Akibatnya, kemampuan deteksi dari metode visible wet dan wet fluorescent cenderung menurun seiring dengan peningkatan ketebalan coating.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada Fakultas Teknik dan Departemen Mesin Universitas Brawijaya untuk kelancaran penelitian yang dipublikasikan dalam jurnal ini.

KONTRIBUSI PENULIS

Redi Bintarto adalah penulis original paper, Erwin Sulistyono mereview, Teguh dan Rudianto Raharjo mensupervisi penelitian.

DANA PENELITIAN

Penelitian ini didanai dengan biaya mandiri oleh semua penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chuse, R. (2021). ASME Boiler and Pressure Vessel Code. New York: American Society for Testing and Materials.
- [2] Darmawi. (2018). Buku Pendukung Perkuliahan Pengendalian Korosi Dan Perlakuan Permukaan Pelapisan Logam. Palembang: Universitas Sriwijaya.
- [3] Irwansyah. (2019). Deteksi Cacat Pada Material Dengan Teknik Pengujian Tidak Merusak, Jurnal Lensa. 2 (48):7-13.
- [4] Pardede, L. & Putra, W.H.A. (2015). Analisa Perbandingan Sensitivitas Metode Magnetic Particle Inspection (MPI) Menggunakan Metode Visible Dry, Visible Wet, dan Wet Fluorescent Terhadap Pendeteksian Panjang Retak pada Permukaan dan Toe Sambungan Las di Kapal yang Dilapisi Nonconductive Coating, Jurnal Sains Dan Seni ITS. 4 (1):1-6.
- [5] Santoso, T.B., Solichin, & Hutomo, P.T. (2015). Pengaruh Kuat Arus Listrik Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Las SMAW Dengan Elektroda E016, Jurnal Teknik Mesin. 23 (1):56-64.
- [6] Winardi, Y., Fadelan, Munaji & Krisdiantoro, W.N. (2020). Pengaruh Elektroda Pengelasan Pada Baja AISI 1045 Dan SS 202 Terhadap Struktur Mikro Dan Kekuatan Tarik, Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha. 8 (2):86-93.