

STUDI PENGAMATAN PITTING KOROSI 304 STAINLESS STEEL PADA JALUR GESEK SETELAH UJI TRIBOCORROSION

Ismail Rahmadtulloh¹

¹Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai
e-mail: ismailrahmadtulloh2@gmail.com

Abstrak

Meningkatnya penggunaan 304SS dalam dunia industri dan konstruksi diperlukan kajian korosi terhadap material tersebut. Korosi yang terjadi tentunya akan menyebabkan berkurang kekuatan dan manfaat dari material tersebut. Korosi sumuran (*pitting corrosion*) merupakan korosi yang terjadi akibat perbedaan potential antara material penyusun. Dalam pengujian setelah *tribocorrosion* dimana terdapat lubang-lubang hitam di permukaan 304SS. Pada jalur gesek *tribocorrosion* korosi sumuran menyebar secara merata pada jalur gesekan. Hasil pengamatan menunjukkan korosi sumuran terlihat jelas dan yang memiliki diameter yang beragam $3\mu\text{m} - 6\mu\text{m}$.

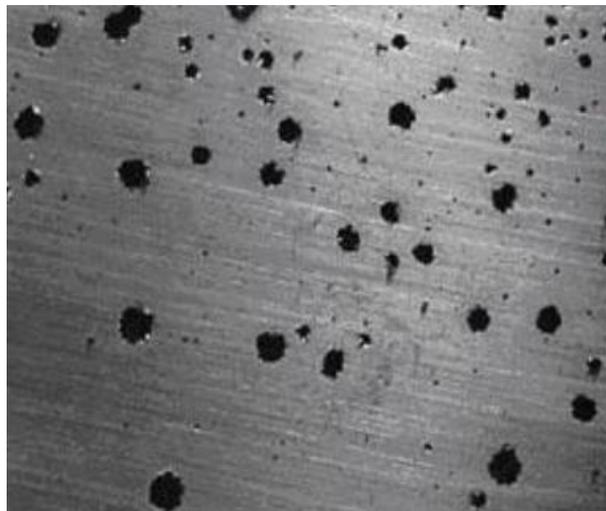
Kata Kunci: 304SS, Korosi dan Pitting Corrosion.

PENDAHULUAN

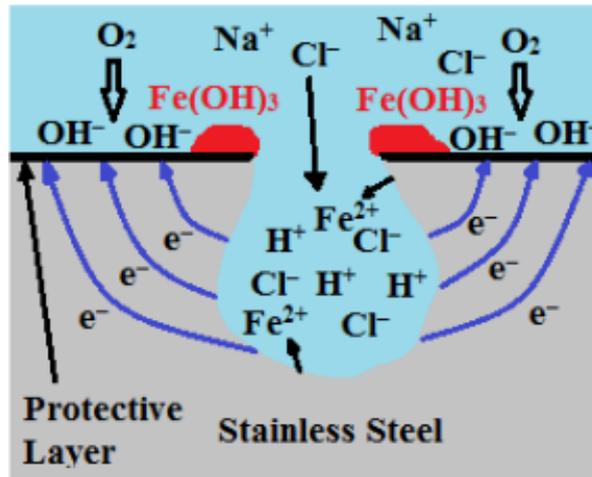
Penggunaan 304 stainless steel saat ini sangat populer dan memiliki banyak keunggulan di berbagai bidang. Diantara keunggulannya adalah memiliki ketahanan korosi dan sifat mekanik yang baik sehingga cocok digunakan diberbagai bidang (Sun and Rana, 2011). Akan tetapi, dalam penggunaan tetap akan terserang korosi dan menurunkan nilai ekonomis material tersebut. Ketahanan korosi pada 304 stainless steel menunjukkan kekerasan sampel menurun setelah mengalami korosi pada medium korosif NaCl 3.5% (Novita, Ginting and Astuti, 2018).

Sun *et. al* mengungkapkan adanya banyak lubang kecil yang terlihat menggunakan mikroskopis, terutama di dalam jalur keausan, dengan hanya beberapa lubang yang ditemukan di luar jalur keausan (Sun and Rana, 2011). Korosi yang berbentuk seperti lubang kecil pada permukaan logam disebut korosi sumuran atau pitting corrosion. Jenis korosi ini sangat berbahaya karena sulit untuk diketahui karena berdiameter kecil dan terkadang diabaikan.

Pitting korosi disebabkan karena komposisi logam yang tidak homogen yang dimana pada daerah batas timbul korosi yang berbentuk sumur (Gambar 1). Korosi jenis ini dapat dicegah dengan cara memilih bahan yang *homogeny*, diberikan inhibitor, diberikan *coating* dari zat agresif (Utomo, 2012).



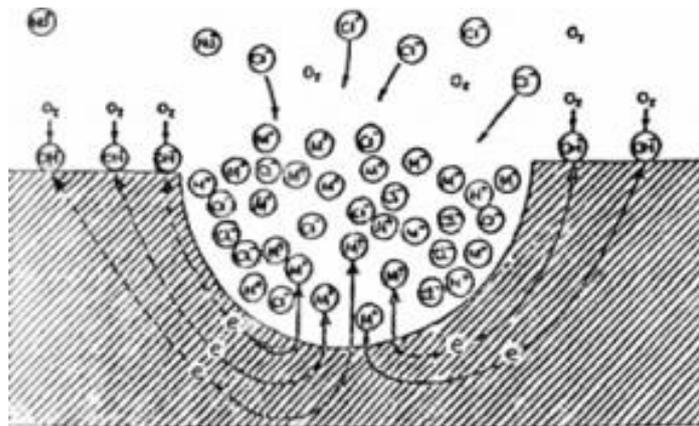
Gambar 1. Korosi Sumuran (*pitting corrosion*)
Sumber: Utomo (2012)



Gambar 2. Skema reaksi kimia yang terjadi selama proses korosi pitting
Sumber: Nazari and Shi (2018)

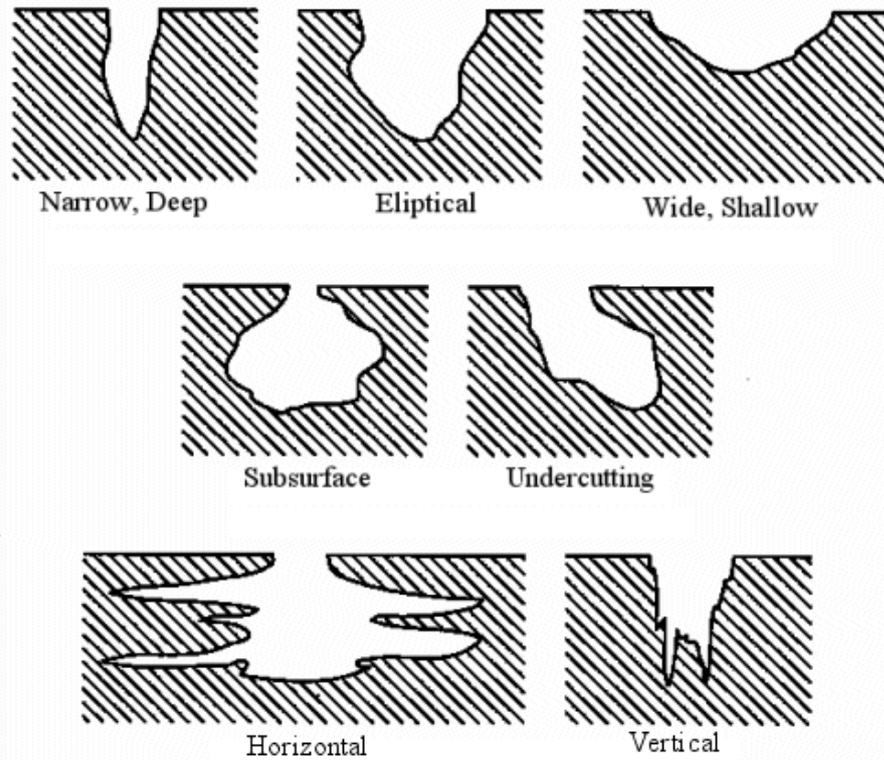
KAJIAN PUSTAKA

Korosi sumuran atau *pitting corrosion* merupakan bentuk korosi lokal dimana akan membentuk lubang di permukaan material. dibandingkan dengan uniform corrosion (korosi merata), karena produk korosi yang terbentuk akan menutupi pitting (lubang) sehingga sulit untuk diidentifikasi (Ginjar, 2016). Korosi *pitting* salah satu jenis korosi yang paling merusak, karena sulit untuk diprediksi, dideteksi, dan dikarakterisasi dimana membentuk sel korosi kecil dengan permukaan normal sekitarnya. Setelah bakal lubang dimulai maka akan tumbuh menjadi "lubang" atau "rongga" yang terus merusak dan menggali material tersebut. Lubang biasanya menembus dari permukaan ke bawah dalam arah vertical. Pitting berbahaya karena dapat menyebabkan kegagalan struktur dengan kehilangan logam keseluruhan yang relatif rendah.



Gambar 3. Mekanisme korosi sumuran

Gambar 3 merupakan mekanisme *pitting* korosi ini terbentuknya material yang bersifat anodik yang dikarenakan adanya kerusakan lapisan pasif pada permukaan logam. Gambar 2 merupakan Skema reaksi kimia yang terjadi selama proses korosi pitting diasumsikan bahwa film pasif baru tidak akan terbentuk dalam sistem ini. Dalam model ini, Nazari *et. al* menjelaskan reaksi elektrokimia dari *electrolyte* dan *stainless steel* menyebabkan oksidasi $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$ dan reduksi $\frac{1}{2}O_2 + H_2O + 2e^- \rightarrow 2OH^-$, sehingga kemungkinan reaksi $Fe + \frac{1}{2}O_2 + 2H_2O \rightarrow Fe(OH)_2$ (Nazari and Shi, 2018).



Gambar 4. Bentuk-bentuk pitting corrosion (Jones, 1996)

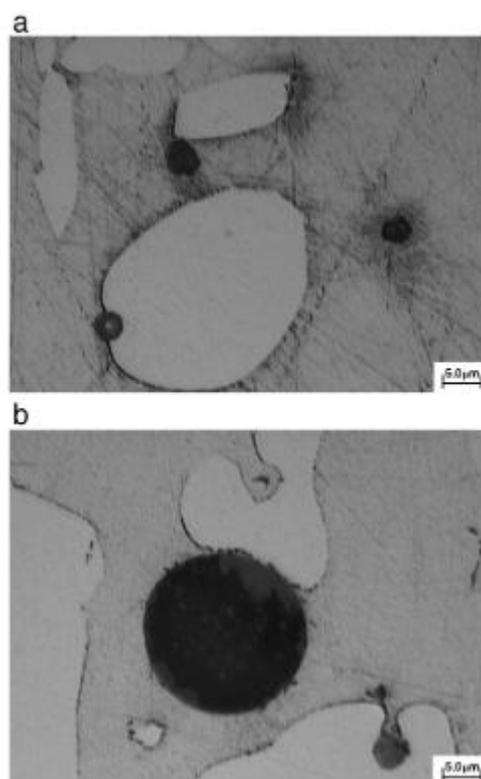
Gambar 4 merupakan proses terjadinya korosi pitting. bentuk rongga hasil dari korosi pitting terdiri dari bentuk. Bentuk korosi lubang hanya dapat diketahui melalui metalografi dimana sampel lubang dipotong melintang bentuk lubang, ukuran lubang, dan kedalaman lubang penetrasi dapat ditentukan. Salah satu faktor penyebab korosi *pitting* adalah konsentrasi ionklorida, temperatur dan pH.

Reduksi		Respon		
		jam ke-1	jam ke-4	jam ke-8
0%	Foto			
	Jumlah pitting $\varnothing > 100\mu\text{m}$	18	35	16
	\varnothing pitting terbesar	204.24 μm	355.26 μm	473.47 μm
30%	Foto			
	Jumlah pitting $\varnothing > 100\mu\text{m}$	29	50	29
	\varnothing pitting terbesar	229.25 μm	414.13 μm	569.22 μm
50%	Foto			
	Jumlah pitting $\varnothing > 100\mu\text{m}$	45	63	24
	\varnothing pitting terbesar	306.77 μm	532.82 μm	681.26 μm

Gambar 5. Tabel Perbandingan Evolusi Diameter dan Jumlah Pitting Terhadap Waktu dan Derajat Pengerolan

Ginanjae et. al telah melakukan penelitian mengenai studi ketahanan korosi dan kerentanan terhadap pitting corrosion paduan aluminium hasil pengerolan dingin dan melakukan perhitungan diameter secara manual dengan menggunakan bantuan mikroskop. Perhitungan diameter dan jumlah pitting dilakukan dengan interval setiap 1 (satu) jam selama 9 (sembilan) jam. Dan seperti yang terlihat pada Gambar 5 semakin besar derajat pengerolan maka diameter pitting semakin besar dan jumlah pitting semakin banyak, serta semakin lama terkorosi diameter pitting semakin besar (Ginanjar, 2016).

Dalam kasus lain korosi pitting terjadi ketika logam tidak dirawat dengan baik dan terkena kontaminasi lingkungan seperti embun dan partikel debu. Area di bawah tetesan tidak cukup teroksigenasi sementara area sekitarnya teroksigenasi dengan baik. Hal ini menghasilkan korosi aerasi diferensial di mana area sekitarnya bersifat katodik dan area kecil di bawah tetesan dan partikel debu menjadi anodik. Elektron mengalir melalui logam dan bertemu dengan air dan oksigen. Ion terbentuk dan diinjeksi bersama untuk menghasilkan karat. Lubang, retakan, dan celah terbentuk di dalam logam saat karat dihasilkan.



Gambar 6. Lubang diamati setelah polarisasi (a) 1A dan (b) 3A.

Nascimento et al meneliti *pitting corrosion* pada *stainless steels* dalam *3.5%NaCl solution* dan dilihat pada gambar 6(a) dan (b) menunjukkan spesimen sampel 1A dan 3A, masing-masing, diamati setelah tes elektrokimia terdapat lubang-lubang tersebut secara istimewa berinti di batas δ atau di dalam domain ferit. (Nascimento *et al.*, 2008)

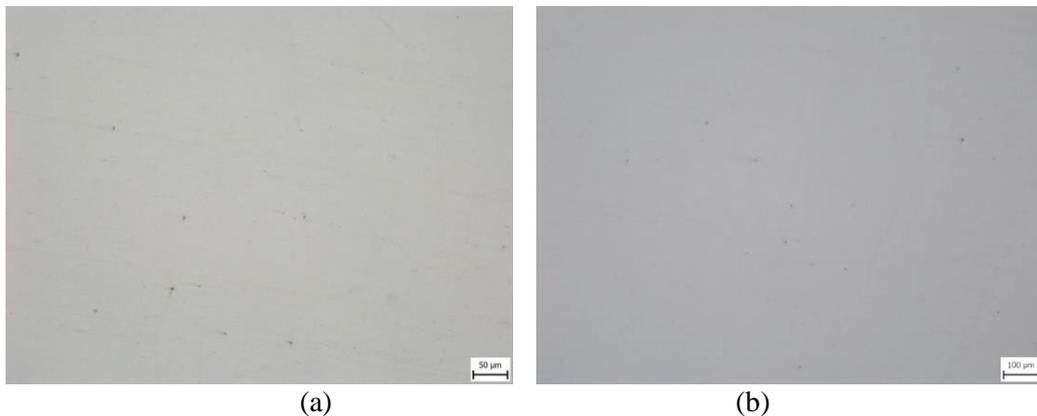
METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini sampel baja yang digunakan adalah stainless steel tipe 304 dengan ukuran 4 cm x 4 cm. Dimana komposisi (wt%) Cr 18.50, Si 0.59, Mn 0.88, Ni 8.12, Mo 0.30, C 0.05, P 0.015, S 0.028, Fe Bal (Zhang *et al.*, 2014). Sebelum dilakukan percobaan 304SS diampas secara dengan kertas SiC hingga nomor 1500, kemudian dilakukan pembersihan dengan aseton dan dikeringkan (Gambar 6). Selama pengujian, pin alumina yang berputar dengan ZrO₂ ball with 5.33 mm.



Gambar 7. Dimensi Spacimen 304SS

Larutan yang digunakan adalah NaCl 3,5wt%. Ag/AgCl digunakan sebagai elektroda referensi dan kawat platina digunakan sebagai elektroda lawan. Rentang uji korosi adalah -0,3V di bawah dan 2V di atas potensial rangkaian terbuka (OCP), dan laju pemindaian adalah 2 mV/s. Pengujian dilakukan dengan menggunakan potensiostat seri Biologis SP-200.

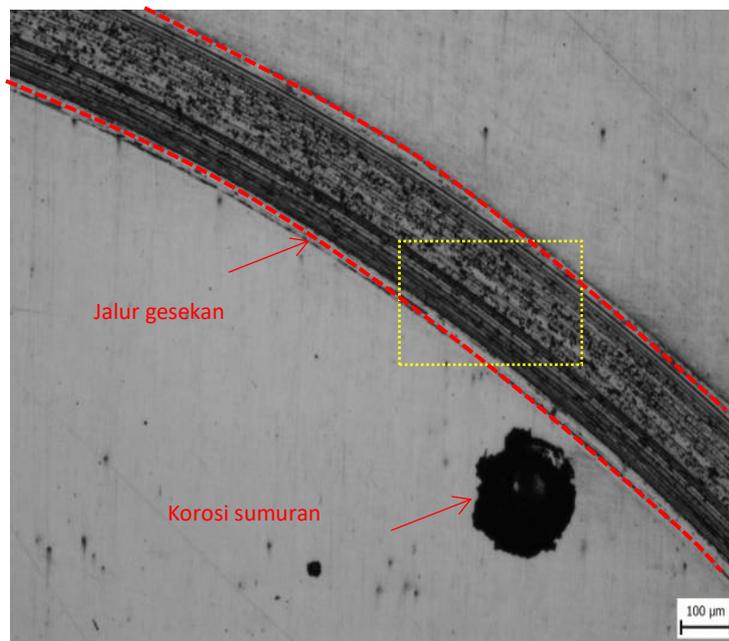


Gambar 8. (a) dan (b) Permukaan 304SS sebelum pengujian *tribocorrosion*.

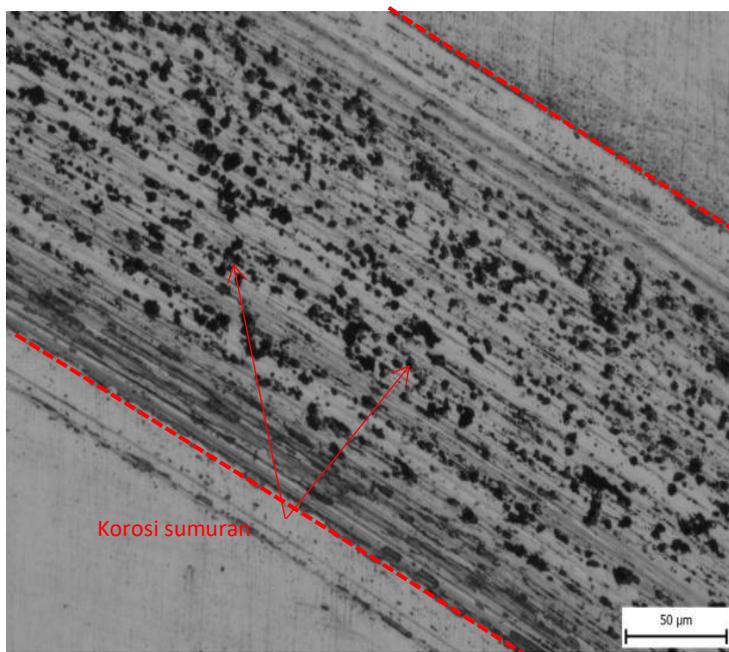
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada gambar 8a merupakan hasil pengujian setelah *tribocorrosion* dimana terdapat lubang-lubang hitam di permukaan 304SS. Pada jalur gesek *tribocorrosion* korosi sumuran menyebar secara merata pada jalur gesekan. Gambar 8b merupakan perbesaran pada jalur gesekan, korosi sumuran terlihat jelas dan yang memiliki diameter yang beragam $3\mu\text{m} - 6\mu\text{m}$. Kecilnya diameter korosi sumuran pada jalur gesekan kemungkinan disebabkan karena adanya pengulangan beban 2N secara berkala.

Korosi sumuran (*pitting*) terbentuk karena adanya ion Cl^- dan H^+ . Ion Cl^- yang terserap akan bereaksi dengan ion logam pada lapisan film pelindung dan menghasilkan lubang akibat pelepasan partikel di permukaan logam. Sehingga ketika dilakukan pembebanan 2N maka partikel akan mudah terlepas dari permukaan material 304SS.



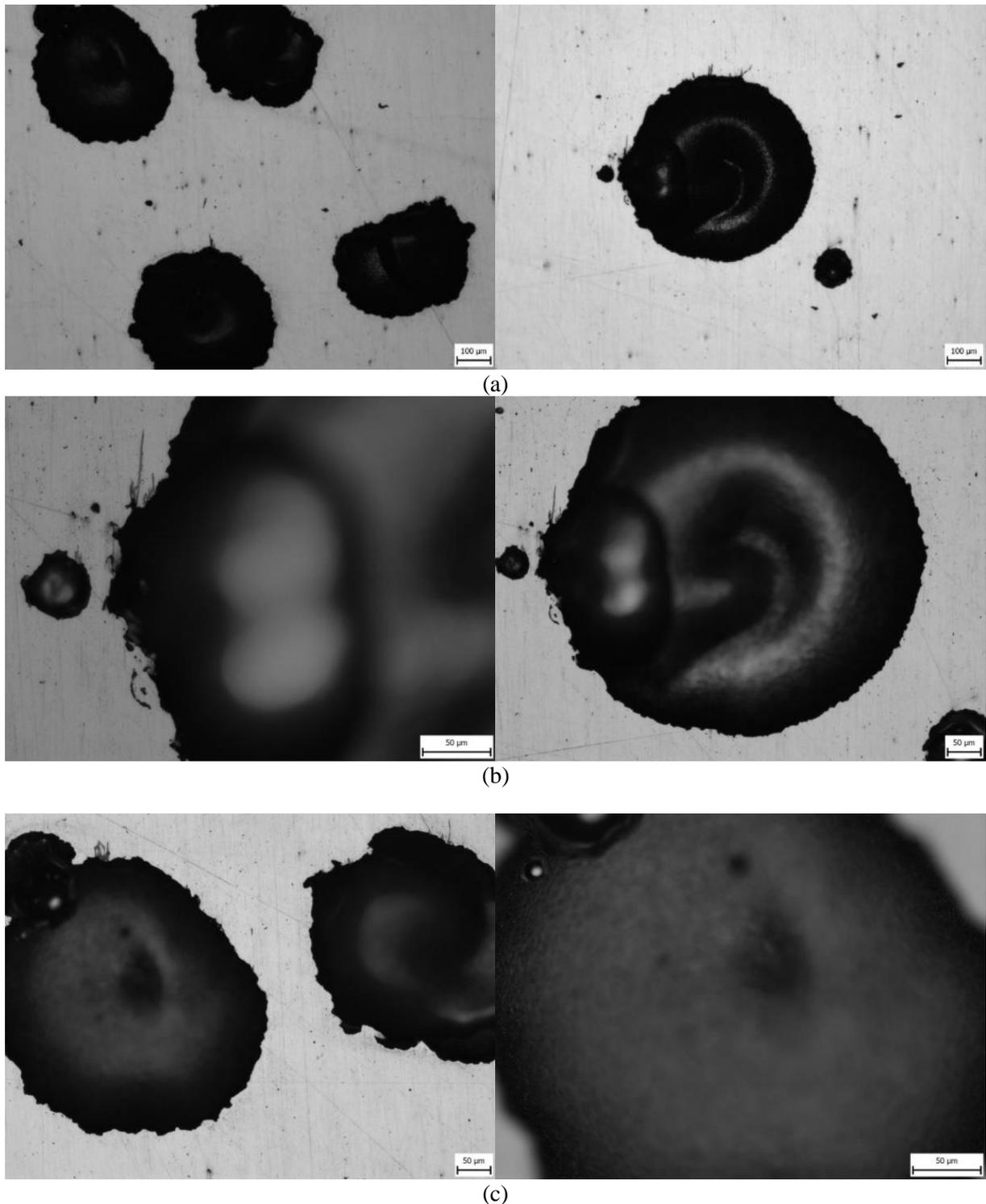
(a)



(b)

Gambar 9. (a) Permukaan 304SS setelah pengujian *tribocorrosion* dan (b) Perbesaran permukaan 304SS setelah pengujian *tribocorrosion*.

Gambar 10 merupakan pengamatan korosi *pitting* dengan mikroskop. Dari pengamatan diperoleh korosi sumuran juga terjadi di luar jalur gesek dengan diameter lubang lebih besar $13\mu\text{m} - 210\mu\text{m}$ dibandingkan dengan korosi sumuran di dalam jalur gesek. Hal ini dikarenakan tidak adanya pengulangan beban yang terjadi di luar jalur gesek setelah uji *tribocorrosion*.



Gambar 10. (a) Permukaan 304SS setelah pengujian *tribocorrosion* perbesaran 5x, (b) Permukaan 304SS setelah pengujian *tribocorrosion* perbesaran 10x, (c) Permukaan 304SS setelah pengujian *tribocorrosion* perbesaran 20x.

KESIMPULAN

Pada penelitian yang telah dilakukan di peroleh pengamatan korosi pitting pada 304SS dimana pada jalur gesek *tribocorrosion* korosi sumuran menyebar secara merata pada jalur gesekan. Hasil pengamatan menunjukkan korosi sumuran terlihat jelas dan yang memiliki diameter yang beragam $3\mu\text{m} - 6\mu\text{m}$ dan korosi sumuran juga terjadi di luar jalur gesek dengan diameter lubang lebih besar $13\mu\text{m} - 210\mu\text{m}$.

SARAN

Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan pengamatan alat *Scanning Electron Microscopy* dan EDX untuk mengetahui detail dari korosi *pitting* pada 304SS setelah uji tribocorrosion.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih atas dukungan penelitian ini kepada Ming Chi University of Technology .

DAFTAR PUSTAKA

- Ginanjjar, S. (2016) ‘Studi Ketahanan Korosi Dan Kerentanan Terhadap Pitting Corrosion Paduan Aluminium Hasil Pengerolan Dingin’, pp. 01–45.
- Jones, D. A. (1996) *Principles and prevention of corrosion*, Prentice-Hall International, NJ, USA, *Encephale*. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.encep.2012.03.001>.
- do Nascimento, A. M. *et al.* (2008) ‘Pitting corrosion resistance of cast duplex stainless steels in 3.5%NaCl solution’, *Materials Characterization*, 59(12), pp. 1736–1740. doi: 10.1016/j.matchar.2008.03.015.
- Nazari, M. H. and Shi, X. (2018) *Vehicle Risks of Winter Road Operations and Best Management Practices, Sustainable Winter Road Operations*. doi: 10.1002/9781119185161.ch12.
- Novita, S., Ginting, E. and Astuti, W. (2018) ‘Analisis Laju Korosi dan Kekerasan pada Stainless Steel 304 dan Baja Nikel Laterit dengan Variasi Kadar Ni (0 , 3 , dan 10 %) dalam Medium Korosif’, *JURNAL Teori dan Aplikasi Fisika*, 06(01), pp. 21–32. Available at: <https://jurnal.fmipa.unila.ac.id/jtaf/article/download/1822/1346>.
- Sun, Y. and Rana, V. (2011) ‘Tribocorrosion behaviour of AISI 304 stainless steel in 0.5 M NaCl solution’, *Materials Chemistry and Physics*, 129(1–2), pp. 138–147. doi: 10.1016/j.matchemphys.2011.03.063.
- Utomo, B. (2012) ‘Jenis Korosi Dan Penanggulangannya’, *Kapal*, 6(2), pp. 138–141. doi: 10.12777/kpl.6.2.138-141.
- Zhang, Y. *et al.* (2014) *Influence of microstructure evolution on tribocorrosion of 304SS in artificial seawater*, *Corrosion Science*. Elsevier Ltd. doi: 10.1016/j.corsci.2014.07.062.