

Investigation of Plate Scale Testing for Heat Exchanger with Various Acid Solutions

[Investigasi Pengujian Kerak Plat untuk Heat Exchanger dengan Variasi Larutan Asam]

Alzan Laga Garida¹⁾, Prantasi Harmitjahjanti²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: prantasiharmitjahjanti@umsida.ac.id

Abstract. *This study examines the effectiveness of three types of chemical liquids in descaling Heat Exchanger Plate and Gasket and their impact on corrosion. The experimental method was carried out by immersing the plate in three fluids: Phosphoric Acid/H₃PO₄ (yellow), Hydrogen peroxide/H₂O₂ (red), and Chemical Descaler P 100 (green) for 30 minutes. Test results showed that Chemical Descaler P 100 had the most effective descaling ability, but also caused significant uniform attack. Phosphoric Acid descaled well without causing significant corrosion, while H₂O₂ showed pitting corrosion but was less effective in descaling. In conclusion, phosphoric acid, characterized by its yellow color, gave the best results with adequate descaling and the least corrosion impact.*

Keywords - *Heat Exchanger, Plate and Gasket, corrosion, phosphoric acid(H₃PO₄), hydrogen peroxide (H₂O₂), Chemical Descaler P 100, metallographic test.*

Abstrak. *Penelitian ini mengkaji efektivitas tiga jenis cairan kimia dalam membersihkan kerak pada Plat And Gasket Heat Exchanger serta dampaknya terhadap korosi. Metode eksperimen dilakukan dengan merendam plat dalam tiga cairan: Asam Fosfat/H₃PO₄ (kuning), Hidrogen peroksida/H₂O₂ (merah), dan Chemical Descaler P 100 (hijau) selama 30 menit. Hasil pengujian menunjukkan bahwa Chemical Descaler P 100 memiliki kemampuan pembersihan kerak yang paling efektif, namun juga menyebabkan korosi seragam (uniform attack) yang signifikan. Asam Fosfat membersihkan kerak dengan baik tanpa menyebabkan korosi yang berarti, sedangkan H₂O₂ menunjukkan korosi sumur (pitting corrosion) tetapi kurang efektif dalam membersihkan kerak. Kesimpulannya, asam fosfat, yang ditandai dengan warna kuning, memberikan hasil terbaik dengan pembersihan kerak memadai dan dampak korosi paling minimal.*

Kata Kunci - *Heat Exchanger, Plat And Gasket, korosi, asam fosfat (H₃PO₄), hidrogen peroksida (H₂O₂), Chemical Descaler P 100, uji metalografi.*

I. PENDAHULUAN

Heat exchanger adalah suatu objek perangkat paling penting dan sering ditemukan di lokasi perindustrian yang berfungsi untuk mentransfer energi panas internal dengan menggunakan perantara dua fluida atau lebih berupa cairan, uap ataupun berupa gas dengan suhu yang berbeda [1]. Hal ini tergantung pada jenis-jenis sistem yang digunakan. Dalam suatu proses perpindahan panas yakni dapat berupa gas ke gas, cair ke gas, ataupun cair ke cair[2]. Dengan melalui suatu proses pemisah padat yang mencegah kedua fluida tersebut untuk tercampur ataupun saling berkontak langsung. Hal ini dalam sector perindustriannya, lebih banyak dalam dimanfaatkan sebagai system pendingin dikarenakan mampu mencegah peralatan atau zat yang mudah menguap dari *overheating*. Fungsi *heat exchanger* memiliki jangkauan dalam aplikasi industri yang sangat luas [3].

Heat exchanger dimanfaatkan dengan digunakannya sebagai sistem pendingin (*recuperator*) atau pemanas (*regenerator*) [4]. Hal ini bertujuan dikarenakan banyak proses dalam industri yang membutuhkan tingkat panas tertentu agar dapat bekerja dengan baik bahkan dalam suatu pabrik industri pun sistem ini sangat membantu serta menjaga mesin, bahan kimia, air, gas ataupun zat lainnya dengan suhu yang aman[5]. Bahkan selain itu alat ini dapat digunakan atau berfungsi untuk menangkap dan mentransfer uap atau pembuangan panas yang dilepaskan sebagai bentuk produk sampingan yakni dari suatu proses atau operasi, sehingga dengan hal ini bentuk uap atau panas tersebut dapat dimanfaatkan lebih efisien dan juga lebih baik karena memberikan hasil penghematan biaya dalam suatu operational pabrik[6].

Heat exchanger ini juga bisa digunakan pada hampir semua sector termasuk paling utama dalam industri makanan, minuman, obat-obatan, metalurgi, gas dan minyak dan masih banyak yang lain[7]. Hal ini pada dasarnya alat ini dapat membantu mengoptimalkan proses suatu pemanasan maupun proses pendinginan dengan cara yang sangat efisien, sehingga dapat disimpulkan menghemat sumber daya dan energi secara signifikan.

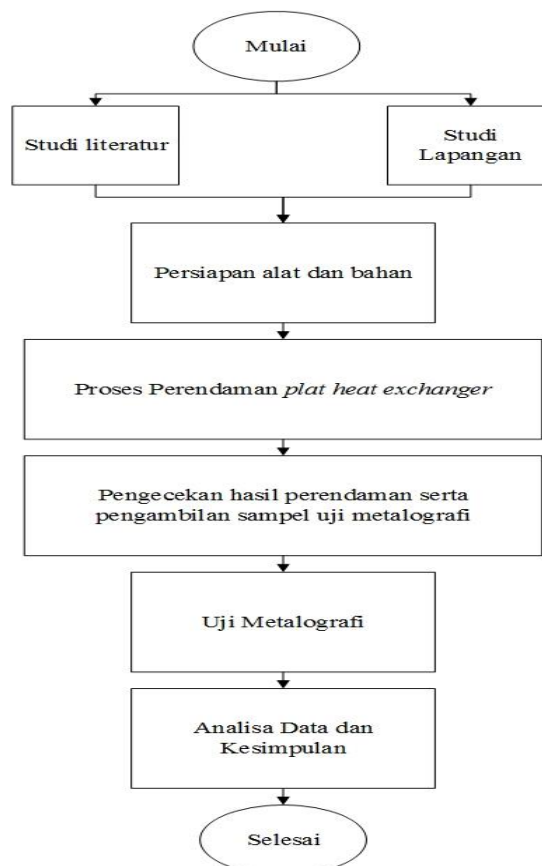
Heat exchanger atau yang biasa kita sebut sebagai alat penukar panas, merupakan alat dengan fungsi untuk memindahkan energi panas antara dua lebih dan terjadi pada temperatur yang berbeda antara fluida, hal ini dimana fluida tersebut ada yang bertindak sebagai fluida panas (*hotfluid*) dan yang lain bertindak sebagai fluida dingin (*coldfluid*)[8]. Prinsip kerja *heat exchanger* didasarkan pada hukum termodinamika kedua, yang menyatakan bahwa perpindahan panas dapat terjadi secara spontan melalui benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah, tetapi tidak dapat mengalir secara spontan pada arah sebaliknya[9]. *Heat exchanger* dibagi menjadi dua jenis berdasarkan proses perpindahannya, antara lain *direct contact* dan *indirect contact*. *Direct contact heat exchanger* yaitu *heat exchanger* dimana perpindahan panas antara fluida panas dan fluida dingin secara langsung terjadi kontak atau tanpa ada pembatas[10].

Sebaliknya jika untuk *indirect heat exchanger*, merupakan perpindahan panas antara kedua fluida dibatasi oleh suatu dinding pembatas, selain itu *heat exchanger* juga dapat dibagi berdasarkan jumlah fluida kerja, jenis material yang digunakan, dan desain konstruksi[11]. Dengan demikian, prinsip kerja *heat exchanger* didasarkan pada hukum termodinamika kedua dan bekerja dengan memindahkan energi panas dari suatu fluida ke fluida yang lainnya yang memiliki suhu berbeda tanpa harus mencampurkan kedua fluida tersebut ataupun membuat mereka berkontak langsung.

Berbagai tipe *Heat exchanger* yang biasa digunakan di industrial adalah *Plate Heat exchanger*, *air Heat exchanger*, *Adia batic wheel Heat exchanger*, *Plate Fin Heat exchanger*, *Pillow Plate Heat exchanger*, *Fluids Heat exchanger*, *Directcontact Heat exchanger*, dan *Shell and Heat exchanger*. *Heat exchanger* tipe plate merupakan modul yang banyak digunakan dalam industri. *Heat exchanger* tipe plate memiliki berbagai macam ukuran dan kapasitas yang dijual di pasaran sehingga industrial dengan ukuran dan kapasitas kecil, sedang dan besar tersedia di berbagai pasar. . Pada penelitian ini *Heat exchanger* tipe *Plate* akan di teliti lebih mendalam berdasarkan pertimbangan terutama bagian *cleaning plate* tersebut agar dapat menggantikan *cleaning* konvensional serta memiliki jangka waktu pemakaian plat yang panjang.

II. METODE

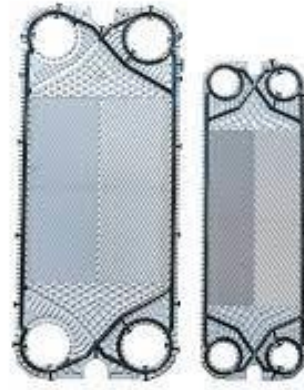
Pada Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang sumber datanya diperoleh dari studi literatur yang berasal dari referensi artikel/jurnal. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

A. Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan yaitu *Plat Heat Exchanger* dengan ukuran 100 cm x 35 cm yang terbuat dari material stainless steel seperti **Gambar 2**, yang berfungsi sebagai media pertukaran panas pada alat yang dinamakan *Heat Exchanger*. Kemudian ada beberapa alat bantu yang digunakan untuk menghilangkan kerak yaitu bak penampungan, sarung tangan, alat ukur pH air, gelas ukur serta alat uji metalografi.



Gambar 2. Heat exchanger dan plat Heat Exchanger

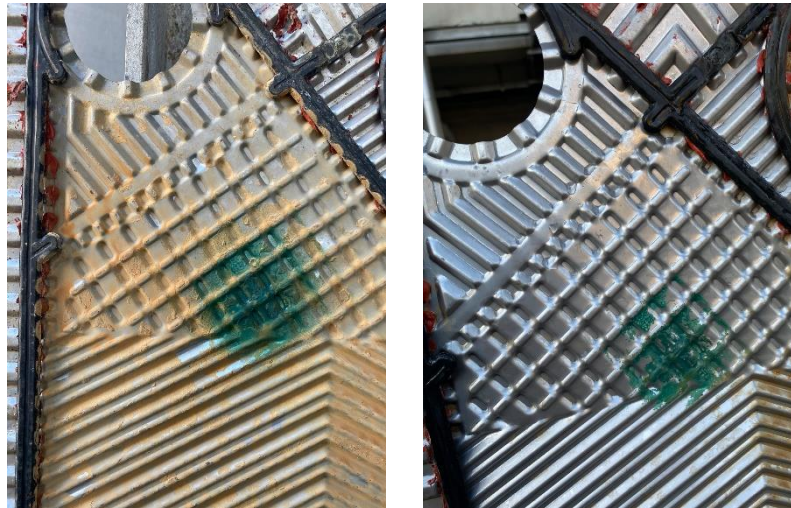
B. Proses Penelitian

Pada langkah awal ini menggunakan 3 variasi cairan yang akan digunakan sebagai cairan perendam yang bertujuan untuk menghilangkan kerak akibat pemakaian *Plat And Gasket Heat Exchanger* pada mesin *Heat Exchanger*. 3 variasi cairan tersebut terdiri dari *phosphoric Acid* (asam fosfat) yang diberi kode warna kuning sebagai tanda, kemudian ada cairan Hidrogen peroksida (H_2O_2) yang ditandai dengan warna merah dan yang terakhir Chemical Descaler P 100 menggunakan kode warna hijau sebagai penanda seperti pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Proses Perendaman *Plat And Gasket Heat Exchanger*

Pada proses perendaman dilakukan selama 30 menit. Selama proses tersebut hal yang perlu dicek adalah Ph air apakah cairan tersebut sudah pas dengan perbandingan larutan asam dan air sebanyak 10 : 1 yang berarti menggunakan 20 liter air dan 2 liter larutan asam. Setelah melewati 30 menit *Plat And Gasket Heat Exchanger* akan di bersihkan atau di netralkan dengan air agar sisa – sisa dari larutan asam tersebut bisa hilang dan akan siap di lakukan proses uji metalografi seperti pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Hasil dari perendaman

Sebelum memasuki tahap uji metalografi *Plat And Gasket Heat Exchanger* akan diambil 3 sampel kecil untuk di uji pada alat uji metalografi dikarenakan *Plat And Gasket Heat Exchanger* terlalu besar jika langsung di uji menggunakan alat uji metalografi [12].

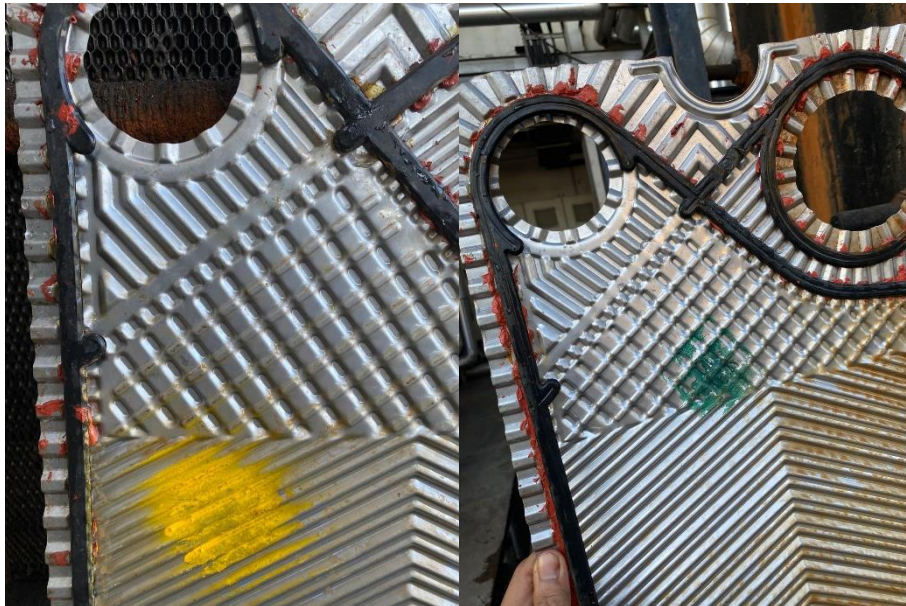
C. Uji Metalografi

Metalografi merupakan analisis dari suatu struktur dan komponen fisis suatu logam atau paduan yang dapat dilihat secara langsung secara visual maupun dengan bantuan peralatan seperti mikroskop optik, mikroskop elektron, dan difraksi *sinar-x*[13]. Pengujian metalografi dilakukan dengan menggunakan “*Reflected Metallurgical Microscope*” dengan perbesaran 200x dikarenakan menyesuaikan bentuk bidang sampel untuk bisa dibaca secara merata[14]. Pengambilan sampel sendiri dibagi menjadi 3 pada setiap *Plat And Gasket Heat Exchanger* total menjadi 9 sampel yang akan di uji. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat korosi yang dihasilkan oleh cairan kimia yang digunakan untuk membersihkan *Plat And Gasket Heat Exchan ger*[15].

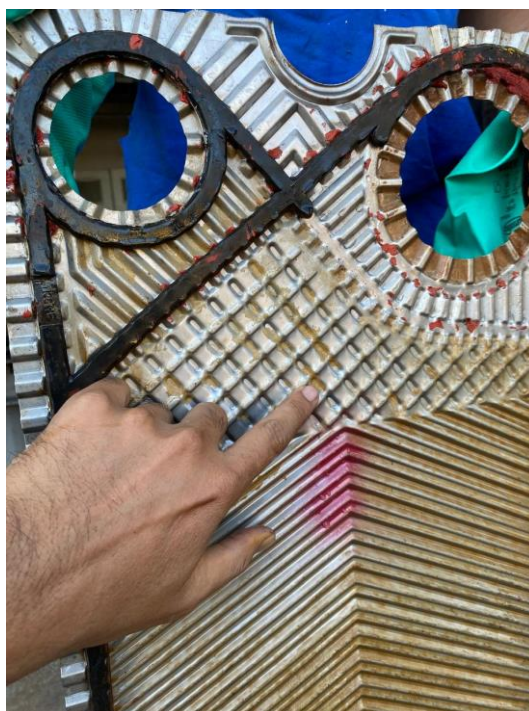
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pembersihan Kerak

Pada pengujian kali ini memiliki tujuan pembersihan kerak dengan menggunakan cairan kimia dan hanya direndam selama 30 menit. 3 cairan yang digunakan tersebut yaitu Asam fosfat (Bertanda kuning), H₂O₂ (Bertanda Merah), Chemical Descaler P 100 (Bertanda Hijau). Dari ketiga cairan tersebut secara pengamatan visual cairan yang memiliki efek pembersihan paling baik ada pada Chemical Descaler P 100 (Bertanda Hijau) dan asam fosfat (Bertanda kuning) sesuai **Gambar 5**, sedangkan yang paling buruk ada pada cairan H₂O₂ (Bertanda Merah) sesuai **Gambar 6**.



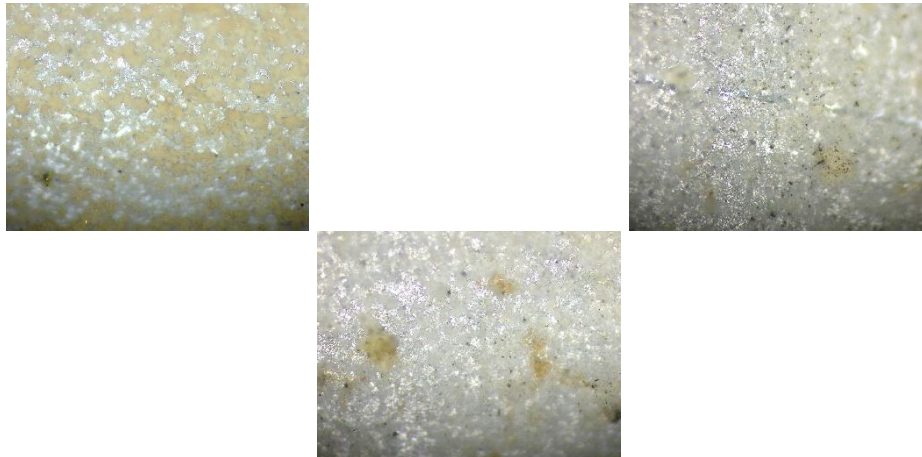
Gambar 5. Hasil Perendaman dengan cairan menggunakan Chemical Descaler P 100 (Bertanda Hijau) dan asam fosfat (Bertanda kuning)



Gambar 6. Hasil Perendaman dengan cairan menggunakan cairan H₂O₂ (Bertanda Merah)

B. Hasil Uji Metalografi

Hasil dari uji metalografi menggunakan “*Reflected Metallurgical Microscope*” dengan perbesaran 200x dikarenakan menyesuaikan bentuk bidang sampel untuk bisa dibaca secara merata pada alat metalografi terhadap 3 plat yang direndam dengan 3 cairan yang berbeda – beda yang dapat di jelaskan sebagai berikut :



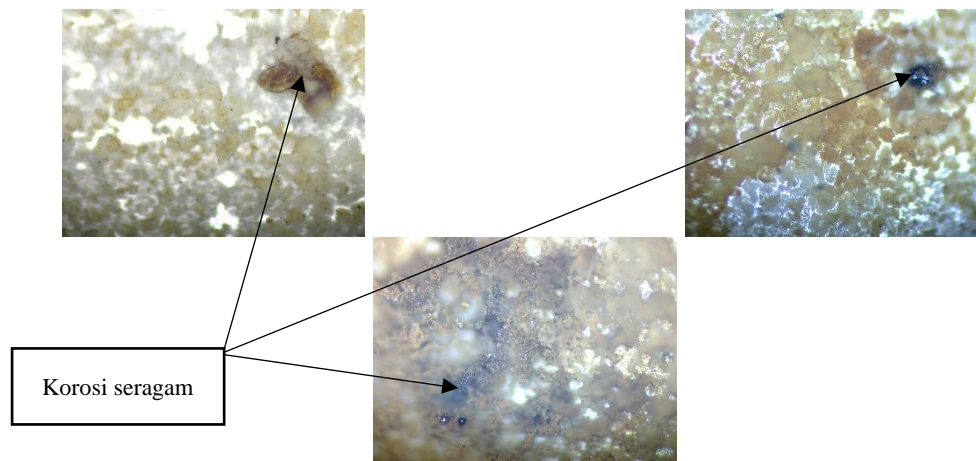
Gambar 7. Hasil Uji Mikro *Plat And Gasket Heat Exchanger* yang direndam dengan cairan kuning.

Sesuai **Gambar 7.** dari uji mikro diatas dari 3 sampel menunjukkan bahwa untuk cairan bertanda kuning (phosphoric Acid) hanya sampel pertama yang hampir tertutup oleh pengkeroposan permukaan benda kerja secara signifikan sedangkan kedua sampel lain nya mengalami pengkeroposan pada beberapa titik.



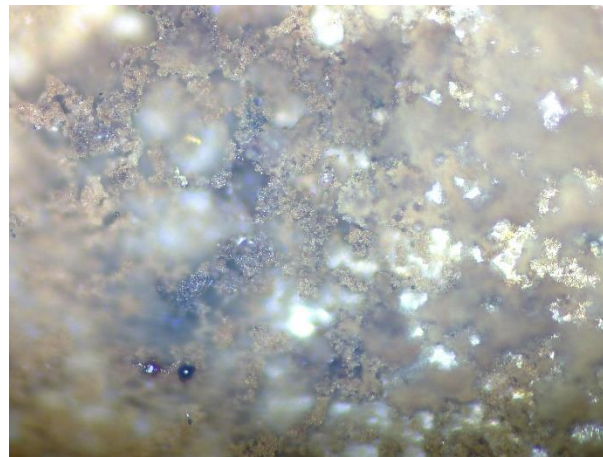
Gambar 8. Hasil Uji Mikro *Plat And Gasket Heat Exchanger* yang direndam dengan cairan merah..

Dari hasil pengamatan mikro pada **Gambar 8.** menunjukkan bahwa untuk cairan bertanda merah (H_2O_2) menunjukkan bahwa Sebagian permukaan terjadi tanda-tanda pengkeroposan terutama dalam bentuk bulatan hitam atau yang biasa disebut pitting corrosion (korosi sumur). Korosi sumur menyebar pada beberapa permukaan sampel.



Gambar 9. Hasil Uji Mikro *Plat And Gasket Heat Exchanger* yang direndam dengan cairan hijau.

Dari hasil pengamatan mikro **Gambar 9.** menunjukkan bahwa untuk cairan bertanda **hijau** (Chemical Descaler P 100) menunjukkan bahwa terjadi pengkeroposan permukaan yang signifikan. Berbentuk bintik-bintik berwarna coklat kehitaman. Pada mikroskop cenderung berbentuk uniform attack (korosi seragam) yang menyebar pada permukaan sampel.



Gambar 10. hasil uji mikro terburuk

Gambar 10. menunjukkan betapa berdampak nya pemilihan cairan yang tepat untuk pembersihan *Plat And Gasket Heat Exchanger* agar plat bisa digunakan lebih lama. Pada gambar tersebut hampir seluruh foto mikro nya di penuhi oleh uniform attack (korosi seragam) yang menyebar pada permukaan sampel

IV. SIMPULAN

Dari hasil pengamatan mikroskop metalografi dan pengelihatian visual terhadap tiga jenis cairan, terlihat adanya perbedaan yang signifikan dalam tingkat pengkeroposan permukaan benda kerja dan kebersihan terhadap kerak. Cairan bertanda kuning (Asam Fosfat) tidak menunjukkan tanda-tanda pengkeroposan permukaan secara signifikan, yang menunjukkan bahwa cairan ini memiliki efek korosi yang minimal terhadap benda kerja yang diuji dan dari segi pembersihan masih ada di batas normal untuk kerak yang hilang. Di sisi lain, cairan bertanda merah (H_2O_2) menunjukkan adanya pitting corrosion (korosi sumur) yang ditandai dengan munculnya bulatan hitam di beberapa permukaan sampel dan untuk kebersihan terhadap kerak cairan H_2O_2 masih belum dapat maksimal terhadap pembersihan terhadap kerak. Hal ini mengindikasikan bahwa H_2O_2 memiliki kemampuan untuk menyebabkan kerusakan lokal pada permukaan benda kerja.

Sementara itu, cairan bertanda hijau (Chemical Descaler P 100) menunjukkan adanya pengkeroposan permukaan yang signifikan, yang ditandai dengan bintik-bintik coklat kehitaman yang tersebar secara uniform attack (korosi seragam) pada permukaan sampel, tetapi secara pembersihan terhadap kerak sangat baik karena hampir menghilangkan semua kerak yang ada. Kesimpulan dari data ini adalah bahwa meskipun Chemical Descaler P 100 menunjukkan efek korosi yang paling kuat dengan korosi seragam, cairan ini memiliki kemampuan pembersihan kerak

yang paling efektif, diikuti oleh Asam Fosfat yang memiliki efek korosi minimal dan pembersihan kerak yang memadai, sementara H₂O₂ menyebabkan korosi lokal namun kurang efektif dalam membersihkan kerak. Jadi pemakaian yang paling memungkinkan untuk mendapatkan pemberishan kerak tetapi memiliki dampak korosi paling rendah ada pada perendaman cairan menggunakan asam fosfat yang menggunakan tanda warna kuning.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya ucapkan kepada Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang telah memberikan ilmu dan wawasan yang bermanfaat serta rekan aslab, himpunan mahasiswa dan teman-teman yang telah membantu untuk menyelesaikan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] D. Suastiyanti, Y. Fatanur, and P. Rupajati, "Analisis Kerusakan Tube Heat Exchanger Menggunakan Metode Remote Field Testing (RFT)," *Jurnal Teknik Mesin ITI*, vol. 4, no. 3, pp. 73-83, 2020.
- [2] Z. N. Jofalo And P. H. Tjahjanti, "Analisa Laju Penembusan Korosi Pada Baja Karbon Rendah Dengan Coating Aluminium Analysis Of Corrosion Breakdown Rate In Low Carbon Steel With Aluminum Coating," *Vol. 1, No. 1*, 2021.
- [3] A. Journal, "Pengoperasian Dan Perawatan Sistem Pendingin Pada Mesin Induk Kapal Km . Sido Mulyo Santoso Di Ppn Sibolga Operation And Maintenance Of Cooling System On Main Engine Km . Sido Mulyo Santoso At Ppn Sibolga," *Vol. 2, No. April*, Pp. 93–100, 2021.
- [4] I. E. Rahayu And S. N. Izzah, "Analisis Kinerja Heat Exchanger Pada Preheater Cdu V Di Kilang Ru V Balikpapan," *Vol. 1, No. 1*, Pp. 1–9, 2021, Doi: 10.46964/Jimsi.V1i1.614.
- [5] D. Pangestu, Pengaruh Proses Quenching pada Stainless Steel 316L dengan Media Pendingin Inhibitor Tanin terhadap Proses Laju Korosi, Nilai Kekerasan, dan Struktur Mikro di Lingkungan Geothermal, M.S. thesis, UPN Veteran Yogyakarta, 2024.
- [6] J. T. Kimia, P. N. Malang, J. Soekarno, And H. No, "Evaluasi Efisiensi Heat Exchanger (He - 4000) Dengan Metode Kern," *Vol. 6, No. 9*, Pp. 415–421, 2020.
- [7] I. Alief, I. Qbal, et al., "Efektivitas Perubahan Fase Material KCl/H₂O sebagai Sistem Pendingin Ikan Laut," *Jurnal Fisika Unand*, vol. 13, no. 1, pp. 8-14, 2024
- [8] G. Marausna and I. R. Putra, "Analisa Performa Heat Exchanger dengan Penambahan Vortex Generator Tipe Wirecoil Guna Mencegah Icing pada Karburator," *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, vol. 10, no. 1, pp. 31-43, 2024.
- [9] F. Az Zahra and H. D. E. Pratama, Optimasi Kinerja Heat Exchanger pada Unit Asam Fosfat, M.S. thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2023.
- [10] N. A. Zafira, "Studi Penambahan Asap Cair Tempurung Kelapa Food Grade (Grade 2) sebagai Inhibitor Kerak Magnesium Karbonat (MgCO₃) Menggunakan Metode Seeded Experiment," 2023.
- [11] A. T. Wahyudi, F. Leestiana, And R. Widodo, "Evaluasi Kinerja Heat Exchanger Pada Fasilitas Kilang Ppsdm Migas Dengan Metode Perhitungan Fouling Factor," 2022.
- [12] E. Penambahan, B. O. Suhu, S. Fisis, And S. Kristal, "Efek Penambahan Sio 2 Dan B 2 O 3 Terhadap Suhu Sintering , Sifat Fisis, Struktur Kristal Dan Mikrostruktur Pada Keramik Sic," *Vol. 4, No. 1*, Pp. 18–26, 2020.
- [13] S. Suwarso, et al., "Perawatan Penukar Panas/Heat Exchanger untuk Meningkatkan Kinerja Mesin Pendingin pada Kapal Niaga," *Innovative: Journal of Social Science Research*, vol. 4, no. 3, pp. 11586-11597, 2024.
- [14] T. Cahyono And P. H. Tjahjanti, "Analisa Pengelasan Tungsten Inert Gas (Tig) Pada Material Titanium (Ti-6al-4v)," *No. 2*, Pp. 1–13, 2024.
- [15] P. H. Tjahjanti, R. Firdaus, And A. N. Irfian, "Corrosion Protection Of Low Carbon Steel By Coating Of Graphene Oxide Nanoparticles And Galvanization Process," *Vol. 12, No. 1*, Pp. 20–27, 2022, Doi: 10.22052/Jns.2022.01.003.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.