ANALISIS SIFAT MATERIAL SB 171 C70600 DAN SB 111 C71500 DALAM MENGURANGI DAMPAK KOROSI PADA TUBE HEAT EXCHANGER DI KILANG PENGOLAHAN MINYAK

M Deki Zatniko[1], Aldo Ramadan Rambe[2], Friska Rifki Yumaisya[3], Fitriani Pakpahan[4], Aldillah Herlambang[5], Oki Alfernando[6], Rizka Shafira[7]

[1,2,3,4,5,6,7]*Universitas Jambi*
E-mail : dekim624@gmail.com[1], aldoramadhanrambe.012@gmail.com[2], friskarifkiyumaisya@gmail.com[3], fitri23pakpahan@gmail.com[4], aldillah.herlambang@unja.ac.id[5], alfernandooki@unja.ac.id[6], rizka.shafira@unja.ac.id[7]

ABSTRACT

This study aims to analyze the properties of SB 171 C70600 and SB 111 C71500 materials in an effort to minimize the risk of corrosion in the E-3-05 A&C line tube bundle components in an oil refinery. Initially, ASTM A213 Grade T11 (Cr-Mo alloy steel) was used, but it proved unsuitable for corrosive environments, so SB 171 C70600 was chosen as a replacement. The method used included a literature study of the ASME BPVC 2023 specification. The results showed that SB 171 C70600, which contains copper and nickel, has high corrosion resistance, especially in seawater environments, as well as good thermal conductivity. Compared with ASTM A213, this material is superior in terms of corrosion resistance. The selection of this material has been proven to be able to maintain heat transfer efficiency, reduce the risk of leakage, and extend the service life of the components. Therefore, the use of this material is highly recommended for heat exchanger applications that work in corrosive environmental conditions.

Keywords : *Material , Tube, corrosion, Heat exchanger.*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sifat material SB 171 C70600 dan SB 111 C71500 dalam upaya meminimalisir risiko korosi pada komponen channel tube bundle E-3-05 A&C di kilang minyak. Pada awalnya, ASTM A213 Grade T11 (baja paduan Cr-Mo), namun terbukti tidak cocok untuk lingkungan korosif, sehingga dipilih SB 171 C70600 sebagai pengganti.n Metode yang digunakan meliputi studi literatur terhadap spesifikasi ASME BPVC 2023. Hasil menunjukkan bahwa SB 171 C70600, yang mengandung tembaga dan nikel, memiliki ketahanan tinggi terhadap korosi, khususnya dalam lingkungan air laut, serta konduktivitas termal yang baik. Dibandingkan ASTM A213, material tersebut lebih unggul dari sisi ketahanan terhadap korosi. Pemilihan material ini terbukti mampu menjaga efisiensi perpindahan panas, mengurangi risiko kebocoran, dan memperpanjang umur pakai komponen Dengan demikian, penggunaan material ini sangat direkomendasikan untuk aplikasi heat exchanger yang bekerja dalam kondisi lingkungan yang korosif.

Kata Kunci : *Bahan, Tube, Korosi, Heat Exchanger.*

PENDAHULUAN

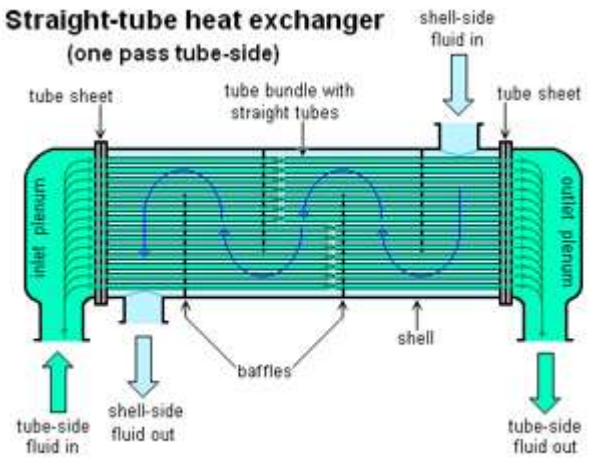
Peristiwa perpindahan panas banyak dijumpai dalam industry - industri perminyakan, misalnya pada proses pendinginan atau pemanasan umpan yang akan masuk ke reaktor atau suatu pembangkit tenaga. Salah satu tahapan pada proses pengolahannya adalah proses pertukaran panas yang terjadi pada *heat exchanger* dimana temperatur yang diinginkan harus dijaga konstan dengan memanipulasi laju fluida pemanas yakni berupa *steam*.[1)] Penukar panas atau dalam industri kimia populer dengan istilah bahasa Inggrisnya, *heat exchanger* (HE). Jenis *Heat Exchanger* yang umum digunakan di Kilang Pengolahan Minyak adalah tipe *Shell and Tube Heat Exchanger*, (Gambar 1).



Gambar 1. *Shell And Tube Heat Exchanger*[1)]

Korosi merupakan salah satu permasalahan utama dalam pengoperasian heat exchanger, tepatnya pada tipe tube heat exchanger yang banyak digunakan di industri manufaktur dan kilang minyak. Kondisi operasi yang melibatkan fluida agresif, seperti air laut atau zat kimia korosif, dapat mempercepat degradasi material, menurunkan efisiensi perpindahan panas, serta meningkatkan risiko kebocoran dan kegagalan sistem. Oleh karena itu, pemilihan material konstruksi menjadi faktor krusial dalam menjaga keandalan dan umur pakai alat.

Dalam hal ini kerusakan yang sering terjadi pada unit *heat exchanger* di Kilang Pengolahan Minyak adalah pada tube bundelnya, dimana sering mengalami serangan korosi (Gambar 2). Dan apabila salah satu dari komponen *heat exchanger* mengalami kerusakan,. Pada kasus ini dijumpai adanya *tube heat exchanger* yangmengalami korosi cukup parah.



Gambar 2. Photo *Heat Exchanger* Yang Mengalami Serangan Korosi [2)]

Pada penelitian ini, dilakukan analisis terhadap penggunaan material berbasis SB 171 C70600 dan SB 111 C71500, sebagai solusi untuk meminimalisir risiko korosi pada komponen tube heat exchanger. Kedua material tersebut dikenal memiliki ketahanan korosi yang tinggi, khususnya pada lingkungan laut, serta memiliki konduktivitas termal yang baik sehingga tetap mampu mempertahankan kinerja perpindahan panas.

METODE

Metode yang digunakan meliputi studi literatur, analisis spesifikasi material serta evaluasi kesesuaian material terhadap kondisi operasi. Hasil analisis menunjukkan bahwa SB 171 C70600 lebih unggul dalam keseimbangan antara ketahanan korosi dan efisiensi termal, sedangkan SB 111 C71500 menawarkan ketahanan korosi yang lebih tinggi pada lingkungan yang lebih agresif meskipun dengan biaya yang relatif lebih besar. Dengan demikian, pemilihan kedua material ini dapat menjadi penggunaan kedua material ini dapat menjadi solusi yang tepat untuk meningkatkan kinerja, keandalan, serta umur pakai tube heat exchanger, sekaligus mengurangi risiko kerusakan akibat korosi dalam jangka panjang.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Kriteria Material ASTM A213 Grade T11

Material ini mampu bekerja pada kondisi tekanan tinggi secara stabil serta memiliki kekuatan mekanik selama operasi jangka panjang. Namun material ini tetap memiliki keterbatasan, seperti kecenderungan membentuk kerak oksida yang dapat menghambat perpindahan panas serta penurunan kekuatan pada suhu tinggi dalam jangka panjang, sehingga membutuhkan pengendalian kondisi operasi. Material ini juga memiliki keterbatasan dalam menahan korosi suhu tinggi sehingga berisiko mengalami kerusakan seperti penipisan dinding, retakan, hingga kegagalan

komponen apabila tidak diimbangi dengan kontrol kualitas fluida dan sistem perawatan yang baik(Wang., et al.,2024).

Aspek Ekonomi Material ASTM A213 Grade T11

Aspek ekonomi material ASTM A213 Grade T11 sebagai baja paduan rendah terletak pada keseimbangan antara biaya investasi awal dan biaya operasional jangka panjang. Material ini memiliki ketahanan yang baik terhadap korosi dan oksidasi pada temperatur tinggi sehingga mampu mempertahankan integritas struktur dalam waktu lama dan mengurangi frekuensi perawatan maupun penggantian.

Dalam pengaplikasian heat exchanger, pemilihan material yang tahan terhadap degradasi sangat penting karena kerusakan seperti korosi dan scaling dapat meningkatkan biaya operasional serta menurunkan efisiensi sistem. Oleh karena itu, penggunaan T11 memberikan keuntungan ekonomi karena mampu menekan biaya pemeliharaan, mengurangi risiko downtime, dan menjaga kinerja peralatan tetap optimal, sehingga secara keseluruhan lebih ekonomis dalam siklus hidup penggunaan meskipun bukan material dengan biaya awal paling rendah.

Aspek Lingkungan dan keselamatan Material

Material ini umumnya aman untuk lingkungan namun jika material mengalami degradasi seperti korosi atau fouling, efisiensi sistem akan menurun sehingga konsumsi energi meningkat dan berdampak pada peningkatan emisi ke lingkungan. Oleh karena itu, meskipun material ini secara langsung tidak mencemari lingkungan, kinerjanya sangat berpengaruh terhadap dampak lingkungan secara tidak langsung melalui efisiensi energi dan emisi yang dihasilkan(Wang., et al., 2022).

Aspek keselamatan material ini pada dasarnya cukup aman bagi manusia maupun lingkungan selama material dioperasikan sesuai batas desainnya, karena material ini memang dirancang untuk bekerja pada suhu dan tekanan yang disesuaikan. Namun, ,risiko keselamatan tetap muncul jika terjadi overheating, korosi, atau pembentukan kerak oksida pada permukaan pipa, karena kondisi tersebut dapat menghambat perpindahan panas, menimbulkan penipisan dinding, dan akhirnya menyebabkan pipa pecah. Kegagalan seperti ini berpotensi melepaskan uap bertekanan tinggi yang membahayakan pekerja dan mengganggu operasi sistem(Fatriansyah., et al.,2024).

Re-evaluasi

Berdasarkan hasil analisi, matrerial yang digunakan pada tube heat exchanger yaitu ASTM A213 GRADE T11 menunjukkan adanya kegagalan berupa kerusakan akibat korosi sumuran (pitting corrosion) yamg terjadi pada permukaan dalam dan luar tube hingga menyebabkan penipisan dan putusnya material. Fenomena ini disebabkan oleh adanya deposit yang mengandung unsur sulfur (S) dan klorida (Cl) yang bersifat agresif terhadap material berbasis baja paduan, sehingga mempercepat laju degradasi materisl dalam kondisi operasi tertentu (Sunandrio., et al ., 2014). Hal ini menunjukkann bahwa meskipun ASTM A213 Grade T111 memiliki kekuatan mekanik yang baik dan mampu bekerja pada suhu serta tekanan tinggi, material ini kurang sesuai untuk lingkungan yang bersifat korosif.

Sebagai upaya re-evaluasi, dilakukan usulan penggunaan material aloternatif berbasis paduan tembaga- nikel (Cu-Ni), yaitu SB 171 C71500 dan SB 111 C71500, yang diketahui memiliki ketahanan korosi lebih baik dibandingkan baja karbon maupun baja paduan. Material SB 171 C70600 (Cu- Ni 90/10) memiliki keunggukann dalam ketahanan terhadap korosi, terutama pada

lingkunga air laut, serta memiliki konduktivitas termal yang baik sehingga mampu mempertahankan efisiensi perpindahan panas pada heat exchanger. Selain itu kandungan tembaga dan nikel pada material ini memiliki kelemahan pada aspek kekuatan mekanik yang relatif lebih rendah dibandingkan baja paduan, sehingga dalam aplikasinya perlu mempertimbangkan ketebalan material atau desain meknik yang lebih optimal.

Tabel 1. Data Perbandingan Sifat Material

Parameter	ASTM A213 T11	SB 171 C70600	SB 111 C71500
Jenis material	baja paduan (Fe-Cr-Mo)	Cu-Ni 90/10	Cu-Ni 70/30
Tensile strength (MPa)	±415-585	229	> 430
Yield Strength (MPa)	±205	87.03.00	> 400
Ketahanan korosi	Rendah	tinggi	sangat tinggi
Corrosion rate (mm/tahun)	Tinggi (tidak stabil)	rendah	0,0036-0,0121
Ketahan terhadap Cl- & S	Rendah	baik	sangat baik
Konduktivitas termal	Sedang	tinggi	tinggi
Aplikasi lingkungan	Non- korosif	air laut	air laut + Sulfida

Hasil re-evaluasi menunjukkan bahwa material ASTM A213 Grade T11 kurang optimal digunakan pada lingkungan korosif karena memiliki risiko kegagalan yang tinggi akibat korosi sumuran. Material SB 171 C70600 dapat menjadi alternatif yang lebih baik dengan peningkatan signifikan pada ketahanan korosi, namun masih memiliki keterbatasan pada kekuatan mekanik. Sementara itu, SB 111 C71500 merupakan material yang paling unggul dintara ketiga material ini karena memiliki kombinasi sifat ketahanan korosi yang sangat baik, kestabilan laju korosi, serta performa yang optimal pada lingkungan agresif. Oleh karena itu, dalam kondisi operasi heat exchanger yang melibatkan fluida korosif seperti air laut dan senyawa sulfida, material SB 111 C71500 direkomendasikan sebagai pilihan utama untuk meningkatkan umur dan kendala sistem. Berdasarkan tabel diatas, ASTM A213 Grade T11 memiliki kekuatan mekanik yang tinggi, namun ketahanan korosinya rendah sehingga rentan mengalami pitting corrosion pada lingkungan yang mengandung klorida dan sulfur (Sunandrio.,et al., 2014).

Material SB 171 C70600 menunjukkan ketahanan korosi yang lebih baik serta konduktivitas termal yang tinggi, meskipun kekuatan mekaniknya lebih rendah dibandingkan T11 (Malau., et al., 2025). Sementara itu, SB 111 C71500 memiliki performa paling optimal dengan ketahanan korosi sangat tinggi, laju korosi rendah dan stabil, serta kekuatan mekanik yang lebih baik dibandingkan C70600 (Gao., et al ., 2021).

Risiko dan Implikasi

Penggunaan material ASTM A213 Grade T11 pada lingkungan yang mengandung ion klorida (Cl^-) dan sulfur (S) memiliki risiko tinggi terhadap terjadinya korosi sumuran (pitting corrosion). Korosi ini bersifat lokal namun progresif, sehingga dapat menyebabkan penipisan dinding material secara cepat hingga terjadi kebocoran atau kegagalan pada tube heat exchanger (Sunandrio., et al., 2014).

Kegagalan material tersebut berdampak langsung pada penurunan efisiensi perpindahan panas serta terganggunya kinerja operasional sistem. Selain itu, kebocoran fluida juga berpotensi menimbulkan risiko keselamatan dan pencemaran lingkungan, terutama jika fluida yang digunakan bersifat berbahaya. Dari aspek ekonomi, kondisi ini dapat meningkatkan biaya perawatan, penggantian komponen, serta downtime produksi yang tidak direncanakan.

Penggunaan material alternatif berbasis Cu-Ni seperti SB 171 C70600 dan terutama SB 111 C71500 dapat mengurangi risiko tersebut karena memiliki ketahanan korosi yang lebih baik dan mampu membentuk lapisan pelindung pada permukaan material. Dengan demikian, pemilihan material yang tepat tidak hanya meningkatkan keandalan sistem, tetapi juga memperpanjang umur pakai dan menekan biaya operasional (Gao., et al., 2021).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, material ASTM A213 Grade T11 memiliki kekuatan mekanik yang baik dan sesuai untuk kondisi suhu serta tekanan tinggi, namun kurang tahan terhadap lingkungan korosif yang mengandung ion klorida dan sulfur sehingga berisiko mengalami pitting corrosion. Material SB 171 C70600 menunjukkan ketahanan korosi yang lebih baik, konduktivitas termal tinggi, serta mampu meningkatkan efisiensi perpindahan panas, sehingga layak digunakan pada lingkungan air laut normal. Sementara itu, SB 111 C71500 memiliki performa paling unggul karena mampu memberikan ketahanan korosi sangat tinggi, laju korosi rendah dan stabil, serta kekuatan mekanik yang baik pada lingkungan agresif. Dengan demikian, pemilihan material berbasis Cu-Ni, khususnya SB 111 C71500, menjadi solusi terbaik untuk meningkatkan keandalan, umur pakai, dan menekan risiko kerusakan pada tube heat exchanger di kilang pengolahan minyak.

DAFTAR PUSTAKA

Fatriansyah, J.F., Nurullia, Z.N., Federico, A. & Priadi, D., 2023. Development of dynamic risk-based inspection using forward difference approach for pipe failure due to uniform corrosion. *Journal of Materials Exploration and Findings*, 2(1), Article 5. https://doi.org/10.7454/jmef.v2i1.1002

Gao, X. & Liu, M., 2022. Corrosion behavior of high-strength C71500 copper–nickel alloy in simulated seawater with high concentration of sulfide. *Materials*, 15(23), pp. 8513. https://doi.org/10.3390/ma15238513

Liu, Y., Wang, J., Liu, T., Wei, Z., Luo, B., Chi, M., Zhang, S., Cai, C., Gao, C., Zhao, T., Wang, S. & Nie, S., 2025. Triboelectric tactile sensor for pressure and temperature sensing in high-temperature applications. *Nature Communications*, 16, Article 383. https://doi.org/10.1038/s41467-024-55771-0

Malau, M.D., Priambadi, I.G.N. & Didin, 2025. Analisis sifat material SB 171 C70600 dalam meminimalisir risiko korosi pada tube bundle E-3-05 A&C pada kilang minyak. *Jurnal Riset dan Aplikasi Teknik Industri*, 3(1), pp. 103–109.

Sunandrio, H. & Sutarjo, 2014. Serangan korosi sumuran (pitting corrosion) pada tube heat exchanger di kilang pengolahan minyak. *M.P.I.*, 8(3), pp. 93–100.

Pratama, M.H.R., Akrom, M., Santosa, A.P., Rosyid, M.R. & Mawaddah, L., 2025. Klasifikasi otomatis korosi menggunakan convolutional neural network dan transfer learning dengan model MobileNetV2. *Jurnal Algoritma*, 22(1), pp. 138–148. https://doi.org/10.33364/algoritma/v.22- 1.2182

Putra, A.A.D., Setiawati, N.L.P.L.S. & Utami, N.M.C., 2025. Identifikasi aktivitas pemborosan pada proses perakitan tube bundle heat exchanger E-201-22AB menggunakan pendekatan process activity mapping (PAM). *Jurnal Riset Multidisiplin Edukasi*, 2(7), pp. 1005–1022.