KAJIAN TEKNIS PENGGUNAAN CARBON STEEL DAN STAILESS STEEL PADA TANGKI PENYIMPANAN DI INDUSTRI KIMIA : TINJAUAN KETAHANAN KOROSI DAN KELAYAKAN MATERIAL

Liri Jaskia Olipianti[1], Sabrina Zanzabila Lukman[2], Aldillah Herlambang[3], Oki Alfernando[4], Rizka Shafira[5]

[1,2,3,4,5]*Universitas Jambi*
E-mail : Jaskialiri@gmail.com

ABSTRACT

Material selection is a crucial aspect in the design of storage tanks in the chemical industry, particularly in addressing corrosion issues that can reduce equipment performance and service life. This study aims to conduct a technical review of the use of carbon steel and stainless steel by examining their corrosion resistance and material feasibility under various environmental conditions. The method used is a literature study with a comparative analysis approach based on several recent scientific journals. The parameters evaluated include corrosion rate, mechanical strength, environmental conditions, as well as economic and safety aspects. The results of the study indicate that carbon steel has advantages in terms of cost and ease of fabrication; however, it has relatively low corrosion resistance, with a higher corrosion rate compared to stainless steel. On the other hand, stainless steel exhibits better corrosion resistance due to the presence of a passive layer formed by chromium content, making it more stable in aggressive environments. In addition, environmental factors such as chloride content, temperature, and microbial activity also influence the corrosion rate of materials. Under certain conditions, carbon steel may also experience a reduction in mechanical properties due to microstructural changes. Therefore, material feasibility highly depends on operating conditions and the type of fluid being stored. This study concludes that stainless steel is more suitable for storage tanks in corrosive environments, while carbon steel can still be used under less severe conditions with additional protection. Proper material selection will enhance system reliability and reduce the risk of failure in the chemical industry.

Keywords : *Carbon Steel; Stainless Steel; Storage Tank; Corrosion; Corrosion Resistance; Material Feasibility; Chemical Industry*

ABSTRAK

Pemilihan material merupakan aspek penting dalam perancangan tangki penyimpanan di industri kimia, terutama dalam menghadapi permasalahan korosi yang dapat menurunkan kinerja dan umur pakai peralatan. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan kajian teknis terhadap penggunanan carbon steel dan stailess steel dengan meninjau ketahanan korosi serta kelakan material dalam berbagai kondisi lingkungan. Metode yang digunakan adalah studi literatur dengan pendekatan analisis komparatif terhadap beberapa jurnal ilmiah terbaru. Parameter yang diuji meliputi laju korosi, kekuatan mekanik, kondisi lingkungan, serta aspek ekonomi dan keselamatan. Hasil kajian menunjukkan bahwa carbon steel memiliki keunggulan dari segi biaya dan kemudahan fabrikasi, namun memiliki ketahanan korosi yang relative rendah, dengan laju korosi yang lebih tinggi dibandingkan stailess steel. Sebaliknya, stailess steel menunjukkan ketahanan korosi yang lebih baik karena adanya lapisan pasif yang terbentuk dari kandungan kromium, sehingga lebih stabil dalam lingkungan yang bersifat agresif. Selain itu, factor lingkungan seoerti kandungan klorida, temperatur, dan aktivitas mikroorganisme turut mempengaruhi laju korosi material. Dalam kondisi tertentu, carbon steel juga berpotensi mengalami penurunan sifat mekanik akibat perubahan mikrostruktur. Oleh karena itu, kelayakan material sangat bergantung pada kondisi operasional dan jenis fluida yang disimpan. Hasil kajian ini menunjukkan bahwa stailess steel lebih layak digunakan pada tangki penyimpanan pada lingkungan korosif, sedangkan carbon steel masih dapat digunakan pada kondisi yang lebih ringan dengan perlindungan tambahan. Pemilihan material yang tepat akan meningkatkan keandalan system dan mengurangi Risiko kegagalan dalan industry kimia.

Kata Kunci : *Carbon Steel; Stailess Steel; Tangka Penyimpanan; Korosi; Ketahanan Korosi; Kelayakan Material; Industri Kimia*

PENDAHULUAN

Dalam industri kimia, tangka penyimpanan merupakan salah satu peralatan penting yang digunakan untuk untuk menampung berbagai jenis fluida, baik bahan baku, produk antara, maupun produk akhir. Oleh karena itu, material yang digunakan harus memiliki ketahanan yang baik terhadap lingkungan yang agresif guna mencegah kerusakan akibat korosi yang dapat menyebabkan kegagalan struktur serta kerugian ekonomi yang signifikan (Paterlini et al. (2024). Di Indonesia sendiri, tangki penyimpanan digunakan secara luas di berbagai sektor industry, mulai dari industry petrokimia, pengelolaan minyak dan gas, hingga industri makanan dan farmasi. Setiap sektor memiliki karakteristik fluida yang berbeda, sehingga kebutuhan material pun berbeda-beda.

Korosi merupakan proses degradasi material logam akibat reaksi kimia atau elektrokimia dengan lingkungannya, yang menyebabkan penurunan kualitas dan performa material seiring waktu. Menurut Shamsuddin et al. (2026), faktor-faktor seperti kandungan klorida, kelembaban, suhu, serta sifat kimia fluida sangat mempengaruhi laju korosi suatu material. Dalam kondisi tertentu, korosi juga dapat menyebabkan timbulnya kebocoran yang berdampak pada keselamatan kerja dan pencemaran kingkungan. Data dari berbagai studi menunjukkan bahwa kerugian akibat korosi di industri kimia global mencapai miliaran dolar setiap tahunnya, sehingga pemilihan material yang tepat menjadi investasi krusial.

Carbon steel dan stailess steel merupakan jenis material yang paling umum digunakan dalam pembuatan tangka penyimpanan. Carbon steel banyak digunakan karena memiliki kekuatan mekanik yang baik serta biaya yang relatif rendah, namun memiliki kelemahan utama berupa ketahanan korosi yang rendah sehingga lebih rentan terhadap degradasi lingkungan. Sebaliknya, stailess steel memiliki ketahanan korosi yang lebih baik karena adanya lapisan pasif yang terbentuk akibat kandungan kromium (Alfattah & Arwati, 2022). Pemilihan di antara kedua material ini, atau bahkan material alternatif lainnya, memerlukan kajian teknis yang komprehensif agar Keputusan yang diambil sesuai kondisi operasional aktual. Selain itu, Nugraha et al. (2024) juga menyatakan bahwa stainless steel memiliki keunggulan dalam hal ketahanan korosi dan kemudahan perawatan, sehingga banyak digunakan dalam peralatan industri.

Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa perbedaan komposisi material memberikan pengaruh signifikan terhadap laju korosi. Carbon steel cenderung mengalami korosi yang lebih cepat dibandingkan stainless steel, terutama pada lingkungan dengan kandungan klorida tinggi (Paterlini et al., 2024). Selain itu, faktor lingkungan dan kondisi operasi juga turut mempengaruhi performa material dalam jangka Panjang, sebagaimana dilaporkan oleh Shamsuddin et al. (2026). Penelitian terbaru juga mulai mempertimbangkan dampak aktivitas mikroorganisme (Microbial Influenced Corrosion / MIC) yang semakin mendapat perhatian dalam industri, terutama pada tangki penyimpanan bahan organik.

Berdasarkan hal tersebut, diperlukan suatu kajian teknis yang tidak hanya membandingkan kedua material, tetapi juga mengevaluasi kelayakan penggunaannya pada tangki penyimpanan di industri kimia beserta alternatif material yang tersedia. Kajian ini bertujuan untuk maninjau ketahanan korosi serta menentukan material yang paling sesuai berdasarkan kondisi opersional¸sehingga dapat mendukung pengambilan keputusan dalam pemilihan material yang optimal. Dengan kajian yang komprehensif ini, diharapkan para perancang dan operator industry kimia dapat membuat Keputusan berbasis data yang lebih baik dalam pemilihan material tangki penyimpanan.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode studi litertur (literature review) dengan pendekatan komparatif untuk menganalisis dan membandingkan ketahanan korosi serta kelayakan penggunaan material carbon steel dan stailess steel pada berbagai lingkungan korosif yang relevan dengan aplikasi tangki penyimpanan di industri kimia, sebagaimana pendekatan yang digunakan dalam penelitian terdahulu (Leal Matilla et al., 2025).

1. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi literatur dengan metode analisis komparatif. Pendekatan ini bertujuan untuk mengevaluasi dan membandingkan ketahanan korosi serta kelayakan penggunaan material carbon steel dan stailess steel pada berbagai kondisi lingkungan yang relevan dengan aplikasi tangki penyimpanan di industri kimia. Metode ini dipilih karna mampu mengintegrasikan berbagai hasil penelitian terdahulu sehingga diperoleh pemahaman yang kompherensif tanpa melakukan pengujian eksperimental secara langsung. Pendekatan serupa juga diterapkan dalam studi tinjauan sistematis yang dilakukan oleh (Leal Matilla et al., 2025) dalam mengevaluasi perilaku baja pada kondisi temperatur tinggi. Kajian ini juga memperluas cakupan ananlisis dengan meneyertakan material alternatif seperti Duplex Stailess, yang semakin banyak digunakan di industri proses modern.

2. Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari jurnal ilmiah nasional dan internasional yang relevan dengan topik korosi material logam. Literatur yang digunakan meliputi penelitian mengenai laju korosi stainless steel 316L dalam media air laut dengan metode elektrokimia (Alfattah & Arwati, 2022), studi korosi atmosfer pada berbagai jenis baja dalam lingkungan urban marine (Paterlini et al., 2024), serta penggunaan stailess steel pada peralatan tangki industri (Nugraha et al., 2024). Sumber data juga mencakup kajian sistematis terhadap perilaku baja pada temperatur tinggi (Leal Matilla et al., 2025) dan evaluasi kinerja stailess steel dalam sel elektrolisis mikroba (Shamsuddin et al., 2026); serta analisis sifat mekanik baja SS 400 dengan metode pengelasan FCAW (Parawangsa & Sumarjo, 2025). Pemilihan literatur dilakukan berdasarkan kesesuaian topik, metode pengujian, serta ketersediaan data yang dapat digunakan untuk analisis perbandingan. Prioritas diberikan kepada jurnal yang terindeks Scopus dan SINTA untuk menjamin kualitas dan validitas data ilmiah yang digunakan.

3. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulam data dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu identifikasi, seleksi, dan klasifikasi literatur. Pada tahap identifikasi, dilakukan penelusuran jurnal yang membahas korosi pada material carbon steel dan stailess steel melalui data ilmiah seperti Scopus, Gogle Scholar dan lain sebagainya. Selanjutnya dilakukan tahap seleksi untuk memilih literatur yang memiliki relevansi tinggi terhadap parameter penelitian. Data yang telah terpilih kemudian diklasifikasi berdasarkan variabel utama, meliputi jenis material, kondisi lingkungan k orosif (seperti air laut, atmosfer, dan media kimia), metode pengujian (elektrokimia, plarisasi, dan kehilangan massa), serta hasil pengujian berupa laju korosi dan karakteristik degradasi material, sebagaimana digunakan dalam penelitian korosi sebelumnya (Shamsuddin et al., 2026). Klasifikasi ini memudahkan proses analisis komparatif yang sistematis dan terstruktur.

4. Metode Analisa Data

Analisis data dilakukan menggunakan metode analisis komparatif deskriptif, yaiitu dengan membandingkan hasil penelitian dari berbagai sumber berdasarkan parameter yang telah ditentukan. Parameter yang digunakan dalam perbandingan meliputi laju korosi (mm/tahun atau mpy), jenis lingkungan korosif (kandungan klodida, pH, dan kelembaban), serta ketahanan material terhadap degradasi. Selain itu, analisis juga mempertimbangkan pengaruh komposisi material terhadap pembentukan lapisan pasif pada stailess steel yang berperan dalam meningkatkan katahanan terhadap korosi (Shamsuddin et al., 2026; Paterlini et al., 2024). Hasil analisis ini kemudian digunakan untuk mengevaluasi kelayakan penggunaan material dalam aplikasi tangka penyimpanan di industry kimia dengna mempertimbangkan kondisi operasional, seperti jenis fluida yang disimpan, Tingkat agresivitas lingkungan, serta kebutuhan perawatan material.

5. Batasan Penelitian

Penelitian ini dibatasi pada kajian material carbon steel dan stainless steel dengan fokus utama pada ketahanan korosi yang berbagai lingkungan. Penelitian ini tidak membahas secara mendalam sifat mekanik material maupun aspek desain struktual tangka sevara terperinci. Selain itu, seluruh data yang digunakan berasal dari hasil penelitian terdahulu tanpa dilakukan pengujian ekperimen secara langsung. Kajian sifat mekanik baja hanya dibahas dalam konteks perilaku pada temperatur tinggi sebagaimana dilaporkan oleh Leal Matilla et al., (2025) dan Parawangsa dan Sumarjo (2025).

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Identifikasi Kebutuhan Material Tangki Penyimpanan

Pemilihan material untuk tangka penyimpanan din indusri kimia tidak dapat dilakukan secara sederhana, karena harus mempertimbangkan berbagai aspek yang saling berkaitan. Dari sisi teknis, material harus mampu menahan beban mekanik serta memiliki ketahanan korosi yang baik terhadap fluida yang disimpan. Carbon steel, meskipun memiliki kekuatan mekanik yang baik, cenderung mengalami korosi lebih cepat terutama pada lingkungan dengan kandungan klorida tinggi, sebagaimana dilaporkan oleh Paterlini et al. (2024). Sebaliknya, stailess steel memiliki ketahanan korosi yang lebih tinggi karena adanya lapisan pasif kromium yang terbentuk secara alami dipermukaanya (Alfattah & Arwati, 2022).

Dari aspek ekonomi, carbon steel lebih unggu dalam hal biaya awal dan kemudahan fabrikasi. Namun demikian, stailess steel memiliki keunggulan dalam hal ketahanan korosi dan kemudahan perawatan, sehingga lebih banyak digunakan dalam peralatan industri yang membutuhkan keandalan jika dilihat dalam jangka Panjang (Nugraha et al. (2024). Kondisi lingkungan seperti kelembaban, suhu, serta kandungan klorida terbukti berpengaruh besar terhadap laju korosi material, dan hal ini menjadi pertimbangan utama dalam pemilihan material tangki penyimpanan (Shamsuddin et al., 2026).

Dari sisi keselamatan, material yang mudah mengelami korosi berisiko menyebabkan kebocoran bahan kimia yang dapat mencemari tanah dan air, serta membahayakan keselamatan pekerja. Risiko ini berkaitan erat dengan fenomena degradasi material akibat korosi yang telah banyak dibahas sebelumnya (Paterlini et al., 2024). Oleh karena itu, pemilihan material yang tepat merupakan aspek krusial dalam perancangan tangki penyimpanan di industri kimia.

2. Karakteristik Korosi Carbon Steel

Carbon steel merupakan material yang banyak digunakan dalam konstruksi tangki penyimpanan karena harganya yang relative terjangkau dan kemudahan dalam proses fabrikasi. Namun demikian, ketahanan korosinya tergolong rendah, khususnya pada lingkungan yang mengandung klorida dalam kadar tinggi. Paterlini et al., (2024) melaporkan bahwa carbon steel mengalami laju korosi atmosfer yang lebih tinggi dibandingkan stailess steel dalam pengujian pada lingkungan urban dan marine. Pada lingkungan dengan paparan klorida tinggi seperti Kawasan pesisir, laju degradasi carbon steel meningkat secara signifikan dibandingkan pada lingkungan yang lebih kering dan bersih.

Faktor temperatur juga memberikan pengaruh penting terhadap perilaku carbon steel. Leal Matilla et al., (2025) dalam tinjauan sistematis mereka terhadap perilaku baja pada temperatur tinggi menyatakan bahwa carbon steel cenderung mengalami perubahan mikrostruktur yang signifikan Ketika terpapar suhu tinggi. Proses pendinginan cepat setelah paparan temperatur tinggi dapat menyebabkan terbentuknya struktur yang meningkatkan kekerasan namun menurunkan keuletan material, sehingga carbon steel menjadi lebih rentan terhadak keretakan. Hal ini menjadi perhatian khusus pada aplikasi tangka penyimpanan yang melibatkan variasi suhu operasi yang signifikan.

Selain faktor fisikokimia, aktivitas biologi juga berperan dalam mempercepat degradasi carbon steel. Shamsuddin et al., (2026) menjelaskan bahwa korosi yang dipengaruhi oleh aktivitas mikrororganisme dapat mempercepat proses degradasi material secara signifikan. Fenomena ini dikenal sebagai Microbial Influenced Corrosion (MIC) dan menjadi tantangan tersendiri dalam aplikasi tangka penyimpanan bahan organik Maupin sistem dengan paparan lingkungan biologi aktif.

3. Karakteristik Korosi Stailess Steel

Stailess steel memiliki mekanisme perlindungan terhadap korosi yang bersumber dari kandungan kromium dalam komposisi paduannya. Kandungan kromium ini memungkinkan terbentiknya lapisan pasif di permukaan material yang berfungsi sebagai penghalang antara logam dengan lingkungan korosif di sekitarnya. Alfattah & Arwati, (2022) dalam penelitian menggunakan metode elektrokimia pada stailess steel 316L di media air laut menunjukkan bahwa material ini memiliki laju korosi yang jauh lebih rendah dibandingkan carbon steel pada kondisi yang sama, dengan nilai 0,03 mm/tahun.

Nugraha et al., (2024) dalam kajian penggunaan stainless steel 304 pada heating tank industri menyatakan bahwa stainless steel memiliki keunggulan nyata dalam hal ketahanan korosi dan kemudahan perawatan. Penggunaan stainless steel pada peralatan tangki industri terbukti memberika performa yang lebih baik dalam jangka panjang dibandingkan material berbasi carbon steel, terutama pada lingkungan yang melibatkan paparan panas dan media kimia tertentu.

Meskipun memiliki ketahanan korosi yang lebih baik, stainless steel tetap tidak sepenuhnya aman terhadap serangan korosi. Shamsuddin et al., (2026) melaporkan bahwa pada lingkungan dengan aktivitas mikroorganisme yang tinggi, stailess steel pun dapat mengalami penurunan performa meskipun dalam laju yang lebih lambat dibandingkan carbon steel. Penelitian tersebut dilakukan dalam konteks sel elektrolisis mikroba yang menunjukkan bahwa pemilihan material haris tetap mempertimbangkan kondisi lingkungan biologis secara spesifik.

4. Perbandingan Laju Korosi Berdasarkan Literatur

Berdasarkan data dari berbagai sumber literatur yang dikaji, perbedaan yang konsisten antara laju korosi carbon steel dan stainless steel pada berbagai lingkungan pengujian. Shamsuddin et al., (2026) meneybutkan bahwa stainless steel memeiliki laju korosi sekitar 0,03 mm/tahun, sedangkan carbon steel dapat mencapai 0,08 mm/tahun pada kondisi lingkungan yang sebanding. Perbedaan ini menunjukkan bahwa stainless steel memiliki performa ketahanan korosi secara konsisten lebih baik.

Table 1. Perbandingan sifat carbon steel dan stailess steel

Material	Laju korosi di air laut (mm/tahun)	Laju korosi di urban-marine (mm/tahun)	Referensi
Carbon steel	Lebih tinggi	0,08-0,015	Paterlini et al., (2024)
Stainless steel 304	Rendah	0,001-0,005	Paterlini et al., (2024)
Stainless steel 316L	0,03	Lebih rendah dari SS 304	Alfattah & Arwati, (2022); Shamsuddin et al., (2026)
Duplex stainless steel	0,08	-	Shamsuddin et al., (2026)

Dari tabel tersebut menggambarkan bahwa pada lingkungan atomsfer urban-marine, Paterlini et al., (2024) mencatat laju korosi carbon steel berada pada kisaran 0,08-0,15 mm/tahun, sementara staniless steel 304 hanya sekitar 0,001-0,005 mm/tahun, pada kondisi paparan yang sama. Perbedaan ini sangat signifikan dan menjadi dasar pertimbangan teknis dalam pemilihan material tangka penyimpanan, terutama untuk instalansi di kawasan dengan Tingkat agresivitas lingkungan yang tinggi.

5. Pengaruh Faktor Lingkungan terhadap Laju Korosi

Faktor lingkungan memiliki peran yang sangat signifikan dalam menentukan laju degradasi material. Paterlini et al., (2024) dalam studi korosi atmosfer pada bagian jenis baja dilingkungan urban dan marine menunjukkan bahwa kandungan klorida merupakan salah satu faktor dominan yang mempengaruhi perbedaan laju korosi antara berbagai jenis material baja. Pada lingkungan marine dengan kandungan klorida tinggi, perbedaan laju korosi stainless steel dan carbon steel menjadi semakin besar.

Tabel 2. Pengaruh Faktor Lingkungan terhadap Laju Korosi Material

Faktor Lingkungan	Pengaruh terhadap Carbon Steel	Pengaruh terhadap Stainless Steel	Sumber
Kandungan klorida tinggi	Mempercepat korosi, laju korosi lebih tinggi	Lapisan pasif dapat terganggu pada konsentrasi ekstrem	Paterlini et al., (2024)
Suhu tinggi (>400C)	Perubahan mikrostruktur, penurunan keuletan	Lebih stabil, mempertahankan kekuatan hingga 870-900C	Leal Matilla et al., (2025)

Kelembaban & atmosfer urban-marine	Korosi atmosfer lebih cepat	Lebih tahan, lapisan pasif tetap terbentuk	Paterlini et al., (2024)
Aktifitas mikroorganisme (MIC)	Degradasi dipercepat oleh biofilm	Lebih tahan, namun tetap dipengaruhi MIC	Shamsuddin et al., (2026)

Suhu operasi merupakan factor lingkungan lain yang penting untuk mempertimbangkan. Leal Matilla et al., (2025) secara khusus mengkaji perilaku carbon steel dan stailess steel pada kondisi temperatur tinggi dan menemukan bahwa staniless steel memiliki stabilitas yang lebih baik. Carbon steel cenderung mengalami perubahan mikrostruktur pada suhu tinggi yang berpotensi menurunkan sifat mekanik dan mempercepat laju degradasi materi secara keseluruhan.

Faktor aktivitas mikroorganisme juga tidak dapat diabaikan dalam konteks tangki penyimpanan industri. Shamsuddin et al., (2026) menjelaskan bahwa MIC merupakan mekanisme korosi yang perlu mendapat perhatian serius, karena dapat mempercepat degradasi material bahkan pada kondisi dimana faltor fisikokimia lainnya relative terkendali. Penelitian tersebut menegaskan pentingnya memepertimbangkan faktor biologis dalam pemilihan material dan stategi perlindungan korosi pada tangki penyimpanan.

6. Pebandingan Sifat Mekanik Material

Selain ketahanan korosi, sifat mekanik material juga merupakan parameter penting dalam pemilihan material tangka penyimpanan. Leal Matilla et al., (2025) dalam tinjauan sistematis mereka menyajikan data perbandingan kekuatan mekanik antara carbon steel dan stainless steel, termasuk perilakunya pada kondisi temperatur tinggi yang relevan dengan berbagai aplikasi industri.

Tabel 3. Perbandingan Sifat Material Berdasarkan Litertur

Material	Teknik strength (MPa)	Ketahanan korosi	Temperatur operasi (C)	Sumber
Carbon steel	400-570	Rendah	Hingga 400	Paterlini et al., (2024); Leal Matilla et al., (2025)
Stainless steel 304	520-750	Tinggi	Hingga 870	Nugraha et al., (2024); Leal Matilla et al., (2025)
Stainless steel 316L	500-750	Sangat tinggi	Hingga 900	Alfattah & Arwati, (2022); Leal Matilla et al., (2025)
Duplex stainless steel	620-850	Sangat tinggi	Hingga 300	Leal Matilla et al., (2025)

Dari tabel tersebut terlihat bahwa stainless steel 316L memiliki keseimbangan yang baik antara kekuatan mekanik dan ketahanan korosi. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Alfattah & Arwati, (2022) yang menunjukkan bahwa stainless steel 316L memiliki ketahanan korosi yang

tinggi dimedia air laut. Sementara itu, Parawangsa dan Sumarjo (2025) dalam kajian sifat mekanik baja SS 400 menunjukkan bahwa pengujian mekanik pada material baja perlu mempertimbangkan pengaruh proses pengerjaan terhadap perubahan sifat akhir material.

Duplex stainless steel yang juga tercantum dalam tabel merupakan material yang disebutkan oleh Leal Matilla et al., (2025) sebagain varian stainless steel dengan kekuatan mekanik yang lebih tinggi dibandingkan stainless steel austenitic konvensional. Namun demikian, kajian lebih mendalam mengenai aplikasinya pada tangki penyimpanan memerlukan referensi spesifik yang membahas material tersebut secara langsung.

7. Analisis Kritis terhadap Kriteria Pemilihan Material

Secara umum, kriteria yang digunakan dalam pemilihan material tangki penyimpanan di industri kimia sudah mencakup aspek dasar dalam rekayasa Teknik. Namun, jika ditinjau lebih mendalam berdasarkan hasil kajian literarut yang dilakukan, masih terdapat beberapa aspek yang perlu mendapat perhatian lebih.

Salah satu aspke penting adalah pengaruh kondisi temperatur tinggi terhadap sifat jangka Panjang material. Leal Matilla et al., (2025) menegaskan bahwa stainless steel memiliki stabilitas mekanik yang lebih dibandingkan carbon steel pada kondisi temperatur tinggi. Sebaliknya, carbon steel cenderung mengalami perubahan mikrostruktur yang dapat menyebabkan peningkatan kerapuhan setelah siklus pemanasan dan pendinginan, yang merupakan kondisi yang mungkin trjadi dalam operasi tangka penyimpanan tertentu.

Factor lain yang sering belum dipertimbangkan secara optimal adalah pengaruh aktivitas mikroorganisme terhadap korosi. Dalam praktik industri, MIC dapat mempercepat degradasi material secara signifikan sebagaimana dijelaskan oleh Shamsuddin et al., (2026). Oleh karena itu, dalam rekayasa modern, pemilihan material tidak hanya harus mempertimbangkan kondisi statis berdasarkan komposisi fluida yang disimpan, tetapi juga kondisi dinamis selama operasi termasuk potensi paparan terhadap lingkungan biologis aktif.

8. Perbandingan Keunggulan dan Keterbatasan Material

Berdasarkan seluruh data literatur yang lebih dikaji, berikut adalah ringkasan perbandingan keunggulan dan keterbatasan masing-masing material yang dapat dijadikan acuan dalam proses pengambilan keputusan pemilihan material tangka penyimpanan.

Tabel 4. Perbandingan Keunggulan dan Keterbatasan Carbon steel dan Stainless steel

Aspek	Carbon steel	Stainless steel
Biaya awal dan fabrikasi	Lebih rendan, mudah difabrikasi	Lebih tinggi
Ketahanan korosi	Rendan, terutama pada lingkungan klorida	Tinggi, karna lapisan pasif kromium
Kekuatan mekanik	Cukup baik (400-570 MPa)	Baik (500-570 MPa untuk 304/316L)
Perilaku pada suhu tinggi	Perubahan mikrostruktur, lebih rapuh	Stabil hingga suhu lebih tinggi
Pengaruh MIC	Degradassi lebih cepat	Lebih tahan, namun tetap rentan
Perawatan jangka Panjang	Membutuhkan perlindungan tambahan	Lebih rendah kebutuhan perawatannya

Kondisi penggunaan	Lingkungan non-korosif atau denganproteksi tambahan	Lingkungan korosif dan aplikasi kritis

Dari tabel tersebut terlihat bahwa kedua material memiliki keunggulan dan keterbatasan masing-masing yang harus dipertimbangkan secara holistik. Carbon steel unggul dari sisi kemudahan pengadaan dan fabrikasi, namun rentan terhadap korosi pada lingkungan agresif sebagaimana dilaporkan oleh Paterlini et al., (2024). Stainless steel, yang kinerjanya didokumentasikan oleh Alfattah & Arwati, (2022) dan Nugraha et al., (2024), memberikan ketahanan korosi yang jauh lebih baik dengan kebutuhan perawatan yang lebih rendah, meskipun biaya awal materialnya lebih tinggi.

9. Risiko dan Implikasi Kegagalan Material

Pemilihan material yang tidak tepat dapat menimbulkan berbagai Risiko, baik dari sisi teknis maupun keselamatan operasional. Pada carbon steel, korosi yang tidak terkendali dapat menyebabkan penipisan dinding tangki yang berujung pada kebocoran dan kegagalan struktual. Dalam beberapa kondisi operasi, korosi yang dipengaruhi oleh aktivitas mikroorganisme dapat mempercepat proses degradasi material sebagaimana dijelaskan oleh Shamsuddin et al., (2026).

Kondisi temperatur tinggi juga dapat meningkatkan Risiko kegagalan material. Leal Matilla et al., (2025) menyatakan bahwa proses pendinginan cepat setelah paparan temperatur tinggi dapat menyebabkan terbentuknya struktur baru pada carbon steel yang meningkatkan kekerasan namun menurunkan keuletan, sehingga material menjadi lebih rapuh dan rentan terhadap keretakan akibat tegangan. Fenomena ini memiliki implikasi serius pada keandalan jangka panjang tangka penyimpanan yang beroperasi pada rentang suhu yang bervariasi.

Dari segi keselamatan, kegagalan material dapat menyebabakan kebocoran bahan kimia berbahaya yang berpotensi menimbulkan kecelakaan keja dan pencemaran lingkungan. Paterlini et al., (2024) menekankan bahwa pemilihan material yang tepat merupakan aspek fundamental dalam menjamin keandalan sistem dan mengurangi risiko kegagalan dakam operasi industri kimia. Oleh karena itu, evaluasi menyeluruh terhadap kondisi operasional altual sangat diperlukan sebelum keputusan final mengenai pemilihan material dibuat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian teknis yang telah dilakukan terhadap literatur yang tersedia, beberapa kesimpulan dapat ditarik.

Pertama, carbon steel memiliki keunggulan dari segi biaya awal yang lebih rendah dan kemudahan dalam proses fabrikasi, namun memiliki ketahanan korosi yang relative rendah sehingga lebih rentan mengalami degradasi pada lingkungan agresif, terutama lingkungan dengan kandungan klorida tinggi Paterlini et al., (2024). Penggunaan carbon steel masih dapat dibenarkan pada kondisi lingkungan yang tidak terlalu korosif dengan penerapan perlindungan tambahan yang memadai.

Kedua, stainless steel menunjukkan ketahanan korosi yang jauh lebih baik karena adanya lapisan pasif kromium pada permuakaanya, dengan laju korosi stainless steel yang dapat mencapai 0,08 mm/tahun pada kondisi serupa (Shamsuddin et al., 2026). Stailess steel direkomendasikan unutuk aplikasi tangki penyimpanan pada lingkungan dengan tingkat korosivitas tinggi,

sebagaiman juga didukung oleh hasil penelitian Alfattah & Arwati, (2022) dan Nugraha et al., (2024).

Ketiga, faktor lingkungan seperti kandungan klorida, suhu, dan aktivitas mikroorganisme memiliki pengaruh signifikan terhadap laju korosi kedua material. Paterlini et al., (2024) menunjukkan pengaruh besar kandungan klorida terhadap laju korosi atmosfer, sementara Shamsuddin et al., (2026) menegaskan pentingnya mempertimbangkan faktor MIC dalam pemilihan material. Leal Matilla et al., (2025) menambahkan bahwa perilaku material pada temperatur tinggi juga harus menjadi pertimbangan penting, diman stainless steel terbukti lebih stabil dibandingkan carbon steel.

Keempat, dari sisi sifat mekanik, Parawangsa dan Sumarjo (2025) menunjukkan bahwa karakteristik mekanik baja dipengaruhi oleh proses pengerjaan yang dialaminya, sehingga spesifikasi material harus disesuaikan dengan kondisi fabrikasi aktual. Secara keseluruhan, pemilihan material yang tepat akan meningkatkan keandalan system serta mengurangi risiko kegagalan dalam operasi industri kimia.

DAFTAR PUSTAKA

Alfattah, M., & Arwati, I. G. A. (2022). Analisis laju korosi logam stainless steel 316L di media air laut menggunakan metode elektrokimia. Journal of New Energies and Manufacturing (JONEM), 1(2), 29–35.

Leal Matilla, A., Ferrández, D., Prieto Barrio, M. I., & Varum, H. (2025). Systematic review on the behaviour of carbon and stainless steel reinforcing bars in buildings under high temperatures. Buildings, 15(9), 1539. https://doi.org/10.3390/buildings15091539

Nugraha, G. R., Abdillah, H., & Irawan, B. (2024). Analisis penggunaan stainless steel 304 pada mesin heating tank di PT Pachira Distrinusa. Innovative: Journal of Social Science Research, 4(6), 7823–7830.

Parawangsa, G. Y., & Sumarjo, J. (2025). Analysis of mechanical properties of SS 400 steel material with FCAW welding method. Journal of Mechanical and Manufacturing (JMM), 4(2), 51–59. https://doi.org/10.31949/jmm.v4i2.13838

Paterlini, L., Brenna, A., Ceriani, F., Gamba, M., Ormellese, M., & Bolzoni, F. (2024). Atmospheric corrosion of different steel types in urban and marine exposure. Materials, 17(24), 6211. https://doi.org/10.3390/ma17246211

Shamsuddin, R. A., Abu Bakar, M. H., Wan Daud, W. R., Hong, K. B., Jahim, J. M., Wan Mohd Noor, W. S. A., Yunus, R. M., Satar, I., & Ndayisenga, F. (2026). Evaluating the performance of stainless steel in microbial electrolysis cells: Hydrogen production and corrosion behaviour. International Journal of Renewable Energy Development, 15(2), 242–253. https://doi.org/10.61435/ijred.2026.61531