



Department of Digital Business

**Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)**

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 5 No. 2 (2026) pp: 16060- 16067

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

---

## Review Jurnal Mengenai Perbandingan Korosi Storage Tank Berbahan Carbon Steel dan Alloy Steel terhadap Hidrogen Sulfida

Bondan Pramudya<sup>1</sup>, Laura Claudiana<sup>2</sup>, Nur Aida Kinanti<sup>3</sup>, Puji Astuti Ibrahim<sup>4</sup>

<sup>1-4</sup>Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Petroleum Balongan

[bondanpramudia@gmail.com](mailto:bondanpramudia@gmail.com)

### Abstrak

Hidrogen sulfida ( $H_2S$ ) merupakan senyawa korosif yang sering ditemukan dalam minyak bumi, gas alam, dan berbagai produk turunannya. Keberadaan senyawa ini menjadi salah satu penyebab utama kerusakan material pada tangki penyimpanan (storage tank), yang dapat menimbulkan risiko kegagalan operasional, kerugian ekonomi, serta bahaya keselamatan dan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan ketahanan korosi antara dua jenis material yang umum digunakan pada tangki penyimpanan, yaitu baja karbon (carbon steel) dan baja paduan (alloy steel), saat terpapar lingkungan yang mengandung hidrogen sulfida. Metode yang digunakan meliputi tinjauan literatur terkait serta analisis data hasil pengujian korosi dari berbagai penelitian terdahulu, dengan parameter pengamatan berupa laju korosi, mekanisme serangan, dan bentuk kerusakan material yang terjadi. Hasil kajian menunjukkan bahwa baja karbon memiliki laju korosi yang relatif lebih tinggi dan rentan mengalami kerusakan berupa retakan akibat tegangan serta penggetasan hidrogen saat terpapar  $H_2S$ . Sebaliknya, baja paduan yang mengandung unsur kromium, nikel, atau molibdenum menunjukkan ketahanan yang lebih baik karena mampu membentuk lapisan pelindung oksida yang stabil di permukaan material, sehingga menghambat proses serangan korosif. Meskipun demikian, penggunaan baja paduan memiliki pertimbangan tersendiri terkait biaya investasi yang lebih tinggi dibandingkan baja karbon. Berdasarkan perbandingan tersebut, disimpulkan bahwa pemilihan material tangki penyimpanan harus disesuaikan dengan kadar  $H_2S$ , kondisi lingkungan operasi, serta pertimbangan ekonomi guna menjamin keandalan dan umur pakai fasilitas penyimpanan.

**Kata Kunci:** Korosi, Hidrogen Sulfida ( $H_2S$ ), Tangki Penyimpanan (Storage Tank), Baja Karbon (Carbon Steel), Baja Paduan (Alloy Steel)

### 1. Latar Belakang

Industri minyak bumi dan gas alam memegang peranan sangat penting sebagai sumber energi utama yang menopang berbagai sektor kehidupan. Ketersediaan minyak dan gas tidak hanya berpengaruh terhadap kebutuhan energi nasional, tetapi juga menjadi faktor penting dalam mendukung aktivitas industri, transportasi, pembangkit listrik, hingga berbagai sektor manufaktur. Dalam proses pengelolaannya, mulai dari tahap eksplorasi, produksi, pengolahan, penyimpanan, hingga distribusi, seluruh fasilitas yang digunakan harus mampu beroperasi secara aman, andal, dan berkelanjutan. Keandalan fasilitas tersebut menjadi aspek yang sangat penting karena setiap gangguan operasional dapat menimbulkan kerugian ekonomi yang besar, menghambat pasokan energi, bahkan membahayakan keselamatan pekerja dan lingkungan sekitar. Oleh karena itu, setiap komponen dalam sistem industri migas harus dirancang dengan mempertimbangkan kondisi operasional yang kompleks, termasuk pengaruh lingkungan korosif yang dapat mempercepat kerusakan material.

Salah satu fasilitas yang paling krusial dalam rantai pasok industri minyak dan gas adalah tangki penyimpanan (storage tank), yang berfungsi menampung bahan mentah maupun produk olahan sebelum didistribusikan ke pengguna akhir. Tangki penyimpanan memiliki peran strategis dalam menjaga kontinuitas proses produksi dan distribusi, karena berfungsi sebagai tempat penyangga antara proses produksi dan pengiriman. Tangki ini umumnya beroperasi dalam jangka waktu yang sangat panjang dengan kapasitas penyimpanan yang besar sehingga dituntut memiliki tingkat keandalan struktural yang tinggi. Kerusakan pada tangki penyimpanan dapat menyebabkan terjadinya kebocoran fluida, kehilangan produk, pencemaran lingkungan, gangguan operasional, hingga potensi terjadinya kebakaran atau ledakan. Oleh sebab itu, pemilihan material konstruksi yang sesuai menjadi salah satu faktor utama dalam menjamin keamanan dan umur pakai fasilitas penyimpanan tersebut.

Namun, dalam praktiknya, minyak bumi dan gas alam yang disimpan sering kali mengandung senyawa kimia berbahaya dan bersifat sangat korosif, salah satunya adalah hidrogen sulfida ( $H_2S$ ). Keberadaan senyawa ini menjadi tantangan terbesar dalam pemeliharaan fasilitas, karena sifatnya yang agresif dapat merusak struktur logam, menimbulkan risiko kebocoran, kegagalan operasional, hingga ancaman serius bagi keselamatan kerja dan lingkungan. Hidrogen sulfida merupakan gas beracun yang secara alami banyak ditemukan pada sumur minyak dan gas, terutama pada lapangan yang menghasilkan *sour crude oil* maupun *sour gas*. Selain bersifat toksik terhadap manusia,  $H_2S$  juga memiliki kemampuan tinggi dalam mempercepat proses korosi pada material logam yang digunakan sebagai konstruksi fasilitas produksi maupun penyimpanan.

Lingkungan yang mengandung  $H_2S$  menciptakan kondisi korosif yang jauh lebih kompleks dibandingkan lingkungan biasa. Senyawa tersebut dapat bereaksi dengan permukaan logam sehingga menghasilkan berbagai produk korosi berupa besi sulfida (*iron sulfide*) yang memiliki karakteristik berbeda-beda tergantung pada temperatur, tekanan, komposisi fluida, serta konsentrasi  $H_2S$ . Dalam beberapa kondisi, lapisan besi sulfida memang dapat memberikan perlindungan sementara terhadap permukaan logam. Akan tetapi, lapisan tersebut sering kali bersifat rapuh, tidak homogen, mudah retak, dan dapat terlepas akibat perubahan kondisi operasi. Ketika lapisan pelindung tersebut rusak, permukaan logam kembali terekspos terhadap lingkungan korosif sehingga laju korosi meningkat secara signifikan. Kondisi inilah yang menyebabkan kerusakan pada tangki penyimpanan sering kali berkembang secara perlahan tanpa terdeteksi hingga akhirnya menimbulkan kegagalan struktur yang serius.

Korosi pada fasilitas penyimpanan minyak dan gas tidak hanya menyebabkan kerusakan fisik pada material, tetapi juga memberikan dampak ekonomi yang sangat besar. Biaya yang harus dikeluarkan perusahaan tidak hanya mencakup penggantian material yang rusak, tetapi juga biaya inspeksi berkala, pemeliharaan preventif, penghentian operasi (*shutdown*), hingga biaya penanggulangan apabila terjadi kebocoran produk. Selain itu, kegagalan tangki penyimpanan dapat menyebabkan pencemaran tanah, air, maupun udara yang memerlukan biaya pemulihan lingkungan dalam jumlah besar. Oleh karena itu, pengendalian korosi telah menjadi salah satu prioritas utama dalam sistem manajemen aset industri migas, karena secara langsung memengaruhi keselamatan, produktivitas, serta efisiensi biaya operasional perusahaan.

Sampai saat ini, baja karbon masih menjadi material yang paling umum digunakan untuk pembuatan tangki penyimpanan. Hal ini tidak terlepas dari keunggulannya yang memiliki sifat mekanis yang baik, mudah didapatkan, serta harganya yang relatif terjangkau dibandingkan jenis logam lainnya. Baja karbon juga memiliki kemampuan fabrikasi yang baik sehingga mudah dibentuk, dilas, dan diproduksi dalam berbagai ukuran sesuai kebutuhan industri. Ketersediaannya yang melimpah di pasaran menjadikan material ini sebagai pilihan utama dalam pembangunan berbagai fasilitas minyak dan gas, termasuk tangki penyimpanan, pipa transmisi, bejana tekan, maupun struktur pendukung lainnya. Dari sisi ekonomi, penggunaan baja karbon mampu menekan biaya investasi awal sehingga banyak dipilih terutama pada proyek-proyek dengan keterbatasan anggaran.

Meskipun begitu, baja karbon memiliki kelemahan mendasar, yaitu ketahanannya yang rendah terhadap serangan korosi, terutama jika terpapar lingkungan yang mengandung hidrogen sulfida dalam kadar tinggi. Berdasarkan berbagai pengalaman di lapangan maupun hasil penelitian yang ada, material ini diketahui memiliki laju korosi yang cukup tinggi dan sangat rentan mengalami kerusakan berupa retakan akibat tegangan maupun penggetasan hidrogen. Kondisi ini tentu sangat mengkhawatirkan karena dapat menurunkan kekuatan struktur tangki secara drastis dan memperpendek umur pakai fasilitas tersebut. Selain korosi merata (*uniform corrosion*), baja karbon juga rentan mengalami korosi lokal seperti *pitting corrosion*, *sulfide stress cracking* (SSC), dan *hydrogen-induced cracking* (HIC). Jenis kerusakan tersebut sering kali sulit dideteksi pada tahap awal karena berkembang di bawah permukaan logam, namun dapat menyebabkan kegagalan struktur secara tiba-tiba apabila tidak segera ditangani melalui inspeksi maupun pemeliharaan yang memadai.

Kerentanan baja karbon terhadap lingkungan yang mengandung  $H_2S$  menyebabkan industri migas harus menerapkan berbagai metode mitigasi korosi, seperti penggunaan inhibitor korosi, pelapisan (*coating*), proteksi katodik, pengendalian kadar air, hingga inspeksi berbasis risiko (*risk-based inspection*). Walaupun metode-metode tersebut mampu memperlambat laju korosi, penerapannya membutuhkan biaya operasional yang tidak sedikit dan harus dilakukan secara berkesinambungan selama umur operasi fasilitas. Dengan demikian, pemilihan material yang memiliki ketahanan korosi lebih baik menjadi salah satu alternatif yang dapat mengurangi biaya pemeliharaan dalam jangka panjang.

Sebagai upaya untuk mengatasi masalah ketahanan korosi tersebut, penggunaan baja paduan atau *alloy steel* mulai banyak dipertimbangkan sebagai alternatif material. Baja jenis ini merupakan hasil rekayasa material yang dicampur dengan unsur-unsur lain seperti kromium, nikel, atau molibdenum. Secara prinsip, penambahan unsur paduan ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas material, terutama dalam hal ketahanan terhadap korosi dan suhu tinggi. Berdasarkan kajian literatur dan data pengujian yang telah dilakukan, baja paduan terbukti mampu membentuk lapisan pelindung oksida yang stabil di permukaannya. Lapisan inilah yang berfungsi menahan serangan zat kimia agresif seperti  $H_2S$ , sehingga laju korosi yang terjadi jauh lebih lambat dibandingkan pada baja karbon biasa. Selain memiliki ketahanan korosi yang lebih baik, beberapa jenis baja paduan juga memiliki kekuatan mekanik yang lebih tinggi, ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue*), serta kemampuan mempertahankan sifat mekanis pada temperatur tinggi sehingga lebih sesuai digunakan pada lingkungan operasi yang ekstrem.

Namun, di balik keunggulan ketahanannya yang jauh lebih baik, baja paduan memiliki kekurangan dari segi biaya, baik untuk pembelian material maupun proses pengerjaannya yang jauh lebih mahal. Proses fabrikasi baja paduan umumnya memerlukan teknologi yang lebih kompleks, prosedur pengelasan yang lebih ketat, serta tenaga kerja yang memiliki kompetensi khusus agar karakteristik material tetap terjaga. Selain itu, tidak semua kondisi operasi memerlukan penggunaan baja paduan, sehingga penerapannya harus disesuaikan dengan tingkat korosivitas lingkungan dan analisis biaya selama umur operasi fasilitas (*life cycle cost analysis*). Dengan demikian, keputusan dalam memilih material tidak dapat hanya didasarkan pada harga awal, tetapi juga harus mempertimbangkan biaya pemeliharaan, frekuensi penggantian komponen, risiko kegagalan, serta dampak keselamatan dan lingkungan.

Perbedaan karakteristik, kinerja, serta pertimbangan ekonomi antara kedua jenis material ini menimbulkan kebutuhan untuk melakukan kajian perbandingan yang lebih mendalam. Pihak pengelola industri sering kali dihadapkan pada pilihan yang sulit: apakah tetap menggunakan baja karbon dengan risiko korosi yang tinggi namun biaya murah, atau beralih ke baja paduan yang tahan lama namun membutuhkan investasi besar? Keputusan tersebut menjadi semakin penting mengingat tuntutan industri migas saat ini tidak hanya berorientasi pada efisiensi biaya, tetapi juga pada peningkatan keandalan fasilitas, keselamatan kerja, kepatuhan terhadap regulasi, serta perlindungan lingkungan. Oleh karena itu, informasi mengenai perilaku korosi masing-masing material menjadi dasar yang sangat penting dalam proses pengambilan keputusan teknik.

Berdasarkan hal tersebut, kajian ini disusun untuk membandingkan secara rinci perilaku korosi antara baja karbon dan baja paduan pada tangki penyimpanan yang terpapar hidrogen sulfida. Perbandingan ini meliputi laju korosi yang terjadi, mekanisme serangan yang bekerja, serta bentuk kerusakan yang mungkin timbul pada masing-masing material. Selain itu, kajian ini juga diharapkan mampu memberikan pemahaman mengenai hubungan antara karakteristik material dengan kondisi lingkungan operasi sehingga dapat diketahui faktor-faktor yang paling berpengaruh terhadap ketahanan korosi. Melalui tinjauan ini, diharapkan dapat diperoleh gambaran yang jelas mengenai kelebihan dan kelemahan masing-masing material, sehingga dapat menjadi dasar pertimbangan dalam pemilihan material yang tepat, aman, dan efisien sesuai dengan kondisi operasional yang dihadapi. Dengan adanya kajian tersebut, diharapkan industri minyak dan gas dapat menerapkan strategi pemilihan material yang lebih efektif untuk meningkatkan umur pakai tangki penyimpanan, mengurangi risiko kegagalan akibat korosi, menekan biaya pemeliharaan jangka panjang, serta mendukung terciptanya sistem operasi yang lebih andal, aman, dan berkelanjutan.

## 2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada *review* jurnal ini adalah metode kuantitatif dengan pendekatan studi literatur (*literature review*). Pendekatan ini dilakukan melalui proses pengumpulan, identifikasi, seleksi, serta analisis terhadap berbagai jurnal ilmiah yang relevan dengan topik penelitian. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari artikel-artikel ilmiah yang telah dipublikasikan pada jurnal nasional maupun internasional, sehingga memiliki tingkat validitas dan kredibilitas yang dapat dipertanggungjawabkan.

Tahap awal penelitian dimulai dengan menentukan topik dan merumuskan kata kunci pencarian yang sesuai dengan fokus kajian, yaitu mengenai perbandingan ketahanan korosi baja karbon dan baja paduan pada tangki penyimpanan yang terpapar hidrogen sulfida ( $H_2S$ ). Selanjutnya dilakukan penelusuran literatur melalui berbagai basis data ilmiah yang menyediakan artikel bereputasi. Jurnal yang diperoleh kemudian diseleksi berdasarkan kriteria inklusi, seperti kesesuaian topik, relevansi terhadap tujuan penelitian, kelengkapan data, serta tahun publikasi agar informasi yang digunakan tetap mutakhir.

Setelah proses seleksi selesai, data dari masing-masing jurnal dikumpulkan dan diklasifikasikan berdasarkan variabel yang diteliti, seperti jenis material, kondisi lingkungan korosif, mekanisme korosi, laju korosi, metode pengujian, serta hasil penelitian yang diperoleh. Selanjutnya dilakukan analisis kuantitatif secara deskriptif dengan membandingkan data numerik maupun hasil pengujian yang dilaporkan dalam setiap penelitian. Hasil-hasil tersebut kemudian disusun secara sistematis untuk mengidentifikasi pola, persamaan, maupun perbedaan temuan antarpemeriksaan sehingga dapat memberikan gambaran yang komprehensif mengenai karakteristik korosi pada masing-masing material.

Tahap akhir penelitian dilakukan dengan melakukan sintesis terhadap seluruh hasil analisis sehingga diperoleh suatu kesimpulan yang didasarkan pada data-data empiris dari berbagai sumber ilmiah. Kesimpulan tersebut digunakan untuk menjelaskan perbandingan ketahanan korosi antara baja karbon dan baja paduan pada lingkungan yang mengandung hidrogen sulfida, sekaligus memberikan informasi mengenai kelebihan dan keterbatasan masing-masing material. Dengan menggunakan metode kuantitatif melalui studi literatur ini, diharapkan hasil penelitian dapat memberikan gambaran yang objektif, sistematis, dan berbasis data sehingga dapat menjadi referensi dalam pemilihan material tangki penyimpanan yang sesuai dengan kondisi operasional di industri minyak dan gas.

### 3. Hasil dan Diskusi

Tangki penyimpanan merupakan salah satu peralatan paling vital dalam industri minyak dan gas bumi, yang berfungsi menampung fluida seperti minyak mentah, gas, maupun produk olahan sebelum didistribusikan ke tahap selanjutnya atau ke konsumen akhir. Keberadaan tangki penyimpanan memiliki peranan yang sangat penting dalam menjaga kontinuitas proses produksi, stabilitas pasokan, serta keamanan operasional pada seluruh rantai industri migas. Kapasitas penyimpanan yang memadai memungkinkan perusahaan mengatur keseimbangan antara laju produksi dan kebutuhan distribusi sehingga proses operasional dapat berjalan secara efisien. Oleh karena itu, tangki penyimpanan harus dirancang dan dioperasikan dengan memperhatikan aspek keselamatan, keandalan struktur, serta ketahanan material terhadap berbagai kondisi lingkungan yang berpotensi menyebabkan kerusakan.

Berdasarkan standar API 650 dan API 653, tangki penyimpanan umumnya dibagi menjadi beberapa tipe berdasarkan tekanan dan bentuknya, seperti tangki atap tetap (*fixed roof*) dan tangki atap terapung (*floating roof*). Tangki atap tetap biasanya digunakan untuk menyimpan cairan dengan tekanan atmosfer atau tekanan rendah, sehingga konstruksinya relatif sederhana dan ekonomis. Namun, jenis tangki ini memiliki kelemahan berupa potensi terbentuknya ruang uap (*vapor space*) yang dapat meningkatkan kehilangan produk akibat penguapan (*evaporation losses*), terutama pada fluida yang mudah menguap. Sebaliknya, tangki atap terapung dirancang dengan atap yang dapat bergerak mengikuti perubahan volume cairan di dalam tangki. Desain ini mampu meminimalkan ruang uap sehingga kehilangan produk akibat penguapan dapat dikurangi secara signifikan. Selain meningkatkan efisiensi penyimpanan, penggunaan tangki atap terapung juga membantu mengurangi emisi hidrokarbon ke atmosfer sehingga lebih ramah terhadap lingkungan.

Dalam operasionalnya, tangki penyimpanan selalu berhadapan dengan berbagai kondisi yang dapat memengaruhi integritas struktur, seperti perubahan temperatur, tekanan, kelembapan, kandungan air, serta keberadaan senyawa korosif di dalam fluida yang disimpan. Salah satu faktor yang paling sering menyebabkan penurunan kualitas tangki adalah korosi. Korosi dapat terjadi pada bagian dasar tangki (*bottom plate*), dinding (*shell*), atap (*roof*), maupun sambungan las akibat interaksi antara material logam dengan lingkungan sekitarnya. Apabila tidak dikendalikan dengan baik, korosi dapat menyebabkan penipisan ketebalan material, terbentuknya lubang (*pitting*), retakan, hingga kebocoran yang berpotensi mengganggu keselamatan operasi dan mencemari lingkungan.

Material pembuatan tangki penyimpanan harus memenuhi standar kekuatan, ketahanan lingkungan, dan tentunya ketahanan terhadap serangan korosi. Selain memiliki kekuatan mekanik yang memadai untuk menahan beban fluida, material juga harus mampu mempertahankan sifat-sifatnya selama masa operasi yang dapat berlangsung puluhan tahun. Pemilihan material menjadi salah satu aspek terpenting dalam proses perancangan tangki karena akan memengaruhi umur pakai, kebutuhan pemeliharaan, biaya operasional, serta tingkat keselamatan fasilitas. Oleh sebab itu, material yang digunakan harus disesuaikan dengan karakteristik fluida yang disimpan, kondisi lingkungan operasi, serta potensi terjadinya korosi akibat kandungan zat-zat agresif seperti hidrogen sulfida ( $H_2S$ ), karbon dioksida ( $CO_2$ ), maupun klorida.

Kelayakan operasi tangki terus dipantau melalui penilaian sisa umur pakai (*Remaining Life Assessment*) dan inspeksi ketebalan menggunakan metode uji tak rusak seperti *Ultrasonic Testing* (UT). Penilaian sisa umur pakai dilakukan dengan menghitung laju penipisan material berdasarkan hasil inspeksi berkala sehingga dapat diperkirakan waktu yang aman sebelum dilakukan perbaikan atau penggantian komponen. Sementara itu, metode *Ultrasonic Testing* (UT) merupakan salah satu teknik inspeksi yang paling banyak digunakan karena mampu mengukur ketebalan material secara akurat tanpa merusak struktur tangki. Hasil inspeksi tersebut kemudian dibandingkan dengan ketebalan minimum yang dipersyaratkan oleh standar sehingga kondisi tangki dapat dievaluasi secara menyeluruh. Selain UT, inspeksi juga dapat didukung oleh metode uji tidak merusak lainnya seperti *Magnetic Particle Testing* (MT), *Radiographic Testing* (RT), maupun *Visual Testing* (VT) untuk mendeteksi cacat permukaan maupun cacat internal yang berpotensi berkembang menjadi kegagalan struktur.

Dalam industri minyak dan gas, terdapat berbagai jenis material yang digunakan sebagai bahan konstruksi tangki penyimpanan. Namun, dua material yang paling banyak digunakan adalah baja karbon (*carbon steel*) dan baja paduan (*alloy steel*). Kedua material tersebut memiliki karakteristik yang berbeda baik dari segi sifat mekanik, ketahanan terhadap korosi, maupun biaya penggunaannya. Baja karbon dikenal memiliki harga yang relatif ekonomis serta mudah diproses dalam fabrikasi, tetapi memiliki ketahanan korosi yang lebih rendah ketika digunakan pada lingkungan yang mengandung senyawa korosif. Sebaliknya, baja paduan memiliki ketahanan korosi yang lebih baik karena mengandung unsur-unsur paduan seperti kromium, nikel, dan molibdenum yang mampu membentuk lapisan pelindung pada permukaan logam. Perbedaan karakteristik inilah yang menjadi dasar penting dalam menentukan material tangki penyimpanan sesuai dengan kondisi operasi, sehingga pembahasan selanjutnya akan menguraikan secara lebih rinci mengenai karakteristik, kelebihan, dan kelemahan dari kedua jenis material tersebut. Ada 2 contoh material tangka penyimpan yaitu

a. Baja Karbon (Carbon Steel)

Baja karbon adalah material konstruksi yang paling umum digunakan dalam pembuatan tangki penyimpanan, contohnya tipe A36 dan A283. Komposisi utamanya adalah besi dengan kadar karbon kurang dari 0,3%, serta sedikit unsur lain seperti mangan, silikon, dan belerang. Kadar unsur bahan pada material baja karbon, yaitu:

**Tabel 1.** Kadar unsur bahan pada material baja karbon

| Unsur        | Kadar dalam ASTM A36 (%)     | Kadar dalam ASTM A283 Grade C (%) |
|--------------|------------------------------|-----------------------------------|
| Besi (Fe)    | 98,0                         | 98,0                              |
| Karbon (C)   | 0,25 – 0,29                  | Maks 0,24                         |
| Mangan (Mn)  | 0,60 – 1,03                  | Maks 0,90                         |
| Silikon (Si) | 0,40                         | 0,15 – 0,40                       |
| Fosfor (P)   | 0,04                         | 0,035                             |
| Sulfur (S)   | 0,05                         | 0,04                              |
| Tembaga (Cu) | 0,20 (jika dispesifikasikan) | 0,20 (minimum)                    |

Keunggulan utama baja karbon terletak pada kekuatan mekanis yang cukup baik, mudah dibentuk dan dilas, serta harganya yang jauh lebih murah dibandingkan jenis baja lainnya. Namun, kelemahan utamanya adalah sangat rentan terhadap korosi, terutama di lingkungan yang mengandung  $H_2S$ .

Pada baja karbon yang terpapar  $H_2S$ , laju korosi cenderung tinggi dan terjadi secara seragam maupun lokal. Selain itu, baja karbon memiliki risiko sangat tinggi mengalami kerusakan akibat penggetasan hidrogen dan retakan sulfida karena strukturnya yang tidak memiliki unsur paduan pelindung. Berdasarkan berbagai pengujian lapangan, laju korosi pada baja karbon di lingkungan mengandung  $H_2S$  bisa mencapai angka yang cukup signifikan, berkisar antara 0,03 mm/tahun hingga lebih dari 0,1 mm/tahun tergantung konsentrasi gas dan suhu operasi. Oleh karena itu, baja karbon biasanya hanya disarankan untuk lingkungan dengan kadar  $H_2S$  rendah atau dilengkapi dengan sistem perlindungan tambahan seperti pelapisan atau katodik proteksi.

b. Baja Paduan (Alloy Steel)

Baja paduan adalah jenis baja yang ditambahkan unsur-unsur kimia lain seperti kromium (Cr), nikel (Ni), molibdenum (Mo), atau tembaga dalam jumlah tertentu untuk mengubah dan meningkatkan sifat-sifatnya. Jenis baja paduan yang umum digunakan dalam lingkungan korosif meliputi baja paduan rendah, baja tahan karat (*stainless steel*), hingga baja paduan tinggi contohnya tipe A387 dan A2408. Kadar unsur bahan pada material baja paduan, yaitu :

**Tabel 2.** Kadar unsur bahan pada material baja paduan

| Unsur           | Kadar dalam ASTM A387 Grade 11 (%) | Kadar dalam ASTM A2408 Grade C (%) |
|-----------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Besi (Fe)       | 96,1 – 97,6                        | 98                                 |
| Kromium (Cr)    | 1,00 – 1,50                        | -                                  |
| Molibdenum (Mo) | 0,45 – 0,65                        | 0,45 – 0,65                        |
| Karbon (C)      | 0,05 – 0,17                        | 0,18 – 0,25                        |
| Mangan (Mn)     | 0,40 – 0,65                        | 0,90 – 0,98                        |
| Silikon (Si)    | 0,50 – 0,80                        | 0,13 – 0,45                        |
| Fosfor (P)      | 0,035                              | 0,035                              |
| Sulfur (S)      | 0,035                              | 0,035                              |

Penambahan unsur paduan, khususnya kromium, berfungsi membentuk lapisan oksida yang sangat tipis, padat, dan stabil di permukaan logam. Lapisan ini bersifat pasif dan berfungsi sebagai pelindung alami yang mencegah kontak langsung antara logam dasar dengan lingkungan yang korosif. Berikut ini adalah unsur paduan utama yang pertama Kromium (Cr) berfungsi meningkatkan ketahanan terhadap oksidasi dan korosi, Molibdenum (Mo) berfungsi meningkatkan ketahanan terhadap korosi pelubukan dan korosi celah, Nikel (Ni) berfungsi menstabilkan struktur logam dan meningkatkan ketangguhan.

Dalam kondisi terpapar hidrogen sulfida, baja paduan menunjukkan kinerja yang jauh lebih unggul dibandingkan baja karbon. Laju korosinya jauh lebih rendah, dan struktur mikronya lebih tahan terhadap serapan hidrogen serta pembentukan retakan sulfida. Meskipun biaya awal pembelian dan fabrikasi baja paduan jauh lebih mahal, penggunaannya sangat direkomendasikan untuk fasilitas yang beroperasi dalam jangka panjang dengan kadar H<sub>2</sub>S tinggi, karena mampu menekan biaya perawatan dan risiko kerugian akibat kegagalan fasilitas.

Perbedaan mendasar antara baja karbon dan baja paduan terletak pada kemampuan membentuk lapisan pelindung dan ketahanan struktur terhadap serangan kimia. Pada perbandingan kali ini diberikan dua contoh material storage tank yaitu baja karbon dan baja paduan terhadap laju korosi H<sub>2</sub>S, sebagai berikut :

**Tabel 3.** Material Storage Tank

| Material                  | Ketahanan terhadap H <sub>2</sub> S | Risiko kerusakan utama | Perkiraan laju korosif |
|---------------------------|-------------------------------------|------------------------|------------------------|
| Carbon Steel              | Sangat rendah                       | Sangat tinggi          | Sangat tinggi          |
| Low Alloy Steel           | Lebih baik ketimbang Carbon Steel   | Masih beresiko tinggi  | Sedang hingga tinggi   |
| Stainless Steel           | Ketahanan korosi umum               | Rendah                 | Rendah                 |
| Corrosion Resistant Alloy | Sangat tinggi                       | Kebal atau Resistan    | Sangat rendah          |

Pemilihan material yang tepat harus mempertimbangkan keseimbangan antara faktor keamanan, kondisi lingkungan operasi (kadar H<sub>2</sub>S, suhu, tekanan), dan pertimbangan ekonomi. Di lingkungan yang mengandung H<sub>2</sub>S, faktor keamanan dan umur pakai jangka panjang menjadi pertimbangan utama mengingat risiko kegagalan yang sangat tinggi.

### c. Pembahasan

#### 1) Pembahasan Hasil Laju Korosi

Tangki penyimpanan yang beroperasi dalam lingkungan mengandung hidrogen sulfida, terlihat perbedaan kondisi yang cukup jelas antara penggunaan baja karbon dan baja paduan. Pada tangki dengan material baja karbon, tercatat adanya penurunan ketebalan dinding yang cukup nyata setelah masa pemakaian dalam jangka waktu tertentu. Laju serangan korosi yang terjadi tergolong cukup tinggi dan menyebar merata, hal ini sesuai dengan sifat dasar baja karbon yang tidak memiliki unsur pelindung alami, sehingga reaksi kimia perusak berlangsung terus-menerus di seluruh permukaan yang bersentuhan dengan fluida. Kondisi ini menjadi semakin cepat kerusakannya jika kadar zat korosif tersebut cukup tinggi atau suhu operasi meningkat.

Sebaliknya, hasil yang didapatkan pada tangki berbahunya baja paduan menunjukkan gambaran yang jauh berbeda. Penurunan ketebalan dinding sangat minim dan hampir tidak memberikan perubahan berarti meskipun

telah digunakan dalam waktu yang cukup lama. Hal ini membuktikan bahwa penambahan unsur paduan mampu mengubah karakteristik material, sehingga laju kerusakan menjadi jauh lebih lambat dibandingkan baja karbon biasa.

Selain perubahan ketebalan, terlihat juga perbedaan pada bentuk kerusakan yang terjadi. Pada baja karbon, ditemukan tanda-tanda korosi yang menyebar luas, serta potensi kerusakan yang lebih berbahaya berupa retakan halus akibat beban kerja dan perubahan sifat logam, terutama pada bagian sambungan atau area yang menerima beban berat. Sementara itu, pada baja paduan, kerusakan yang teramati sangat sedikit dan hanya terjadi di titik-titik tertentu yang tidak berkembang menjadi gangguan pada kekuatan struktur secara keseluruhan. Hal ini juga terlihat dari perkiraan umur pakai yang tersisa, di mana baja karbon membutuhkan perawatan ketat agar tetap dapat beroperasi, sedangkan baja paduan masih memiliki ketahanan yang sangat baik untuk digunakan dalam jangka waktu yang jauh lebih panjang.

## 2) Hasil Perbandingan Kinerja Material

Perbedaan hasil kinerja kedua jenis material ini berkaitan erat dengan cara masing-masing material bereaksi saat bersentuhan dengan hidrogen sulfida. Pada baja karbon, saat berada di lingkungan yang lembap dan mengandung zat tersebut, akan terbentuk lapisan hasil reaksi yang sifatnya berpori dan tidak rapat. Lapisan ini justru merugikan karena tidak mampu melindungi bagian dalamnya, sehingga zat korosif masih bisa menembus dan melanjutkan proses kerusakan secara terus-menerus. Selain itu, unsur yang terbentuk dari reaksi ini mudah masuk ke dalam struktur logam, menyebabkan sifat logam menjadi getas dan mudah patah, yang merupakan jenis kerusakan paling berbahaya bagi fasilitas penyimpanan. Oleh karena itu, baja karbon memerlukan pemantauan yang sangat rutin dan ketat agar kegagalan operasi dapat dicegah.

Kondisi berbeda terjadi pada baja paduan, di mana keberadaan unsur tambahan seperti kromium menjadi kunci utama ketahanan tersebut. Reaksi awal yang terjadi justru membentuk lapisan pelindung yang sangat tipis namun padat, stabil, dan menempel kuat pada permukaan logam. Lapisan ini bersifat kedap terhadap air maupun gas, sehingga berfungsi sebagai penghalang alami yang sangat efektif mencegah kontak langsung antara logam dasar dengan lingkungan yang korosif. Unsur tambahan lain seperti molibdenum juga berperan memperkuat daya tahan terhadap serangan yang biasanya terjadi di titik-titik tertentu. Akibatnya, proses kerusakan berjalan sangat lambat, hampir terhenti, dan risiko perubahan sifat logam menjadi getas hampir tidak ditemukan.

Jika ditinjau dari aspek teknis dan ekonomi, terlihat adanya pertimbangan yang saling mengimbangi antara kedua material ini. Penggunaan baja karbon memang memberikan keuntungan di awal pembuatan dengan biaya yang lebih murah serta mudah didapatkan dan diolah. Namun, dalam jangka panjang dan pada lingkungan yang agresif, biaya untuk pemeliharaan, perbaikan, risiko kerugian akibat kebocoran, serta frekuensi pemeriksaan yang harus lebih sering membuat total biaya yang dikeluarkan menjadi cukup besar. Di sisi lain, baja paduan memang membutuhkan biaya awal pembelian dan pengerjaan yang jauh lebih tinggi, namun biaya pemeliharaan selama pemakaian sangat rendah, umur pakai jauh lebih panjang, serta tingkat keamanan yang jauh lebih terjamin.

Berdasarkan perbandingan tersebut, dapat dipahami alasan mengapa standar industri dan peraturan keselamatan sangat menekankan ketepatan dalam pemilihan material. Pada lingkungan dengan kadar zat korosif yang rendah, baja karbon masih dapat digunakan asalkan dilengkapi sistem perlindungan tambahan dan jadwal pemeriksaan rutin. Namun, untuk lingkungan dengan kadar zat korosif tinggi atau kondisi operasi yang berat, penggunaan baja paduan menjadi pilihan yang jauh lebih tepat dan bijak, karena mampu menjamin keandalan fasilitas dalam jangka panjang, mencegah kerusakan mendadak, serta menghindari kerugian besar baik dari segi materi maupun keselamatan kerja.

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil review jurnal yang telah dianalisis, dapat disimpulkan bahwa korosi pada storage tank dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti keberadaan  $H_2S$ , sulfur, temperatur penyimpanan, kandungan air, aktivitas mikroorganisme, dan kondisi lingkungan operasi. Korosi yang terjadi dapat menurunkan ketebalan material, mengurangi kekuatan mekanik, serta memperpendek umur pakai tangki. Berbagai metode penanggulangan yang telah diterapkan, seperti coating, cathodic protection, inhibitor korosi, pemilihan material sesuai standar API, pengendalian temperatur, pembersihan berkala, dan penerapan *Risk Based Inspection* (RBI), terbukti mampu mengurangi laju korosi dan meningkatkan keandalan storage tank. Oleh karena itu, industri migas disarankan untuk menerapkan program pengendalian korosi yang terintegrasi melalui inspeksi rutin, pemeliharaan berkala, monitoring kondisi operasi, serta pengembangan teknologi mitigasi korosi yang lebih efektif guna menjaga keselamatan, efisiensi, dan umur operasional storage tank.

## Referensi

1. Riza Juanda, Sujono. 2024. Evaluasi Unjuk Tangki Timbun T-126 Type *Cone Roof* Di Ppsdm Migas Cepu. (Diakses pada 10 Juni 2026)
2. Christian Aslan, Hary Devianto, dkk. 2024. Microbiologically influenced corrosion in B35 carbon steel storage tank: The influence of diesel blend sludge mixed culture in the oil-water interphase. (Diakses pada 10 Juni 2026)
3. Ikhsan Kholis. 2020. Analisa Corrosion Rate dan Remaining Life Pada Storage Tank T-XYZ Berdasarkan API 653 di Kilang PPSDM Migas. (Diakses pada 10 Juni 2026)
4. Christianto Simanjuntak, Toegas Soegeng Soegiarto, dkk. 2021. Perancangan *Internal Floating Roof Storage Tank* P-7 di Proyek Pengembangan Kilang PT X – PT Y. (Diakses pada 10 Juni 2026)
5. Mochamad Febrian Adhi Patria. 2023. Analisis Strategi Inspeksi Berdasarkan Risiko (*RBI*) pada *Atmospheric Storage Tank* PT. XYZ. (Diakses pada 10 Juni 2026)
6. Steven Johanes, Oksil Venriza, dkk. 2021. Study Temperatur Penyimpanan Pada Proses Penimbunan B30 Guna Mengurangi Korosi. (Diakses pada 10 Juni 2026)
7. Rian Fazrian, Erwin B. Pattikayhattu, dkk. 2024. Analisis Corrosion Rate Terhadap Remaining Life Storage Tank T03-300 Kl Di Pltd Poka Dengan Menggunakan Metode Risk Based Inspection (*RBI*). (Diakses pada 10 Juni 2026)
8. M. Bharata Purnama Putra, Johny W. Soedarsono, dkk. 2024. Remaining Life Assessment and Corrosion Rate on Storage Tank Using ASME/FFS-1 A 579. (Diakses pada 10 Juni 2026)
9. Ronal April Yanto, Ferro Aji. 2024. Analisa Laju Korosi Dan Sisa Umur Tangki Timbun Solar T-106 Di Ppsdm Migas Cepu. (Diakses pada 10 Juni 2026)
10. Arun Setiawan, Eka R. M. A. P. Lilipaly, dkk. 2023. Analisis Ketebalan Dinding Pelat Dan Sisa Umur Pada Tangki 11 – 15000kl Di Pt. Pertamina Patra Niaga Integrated Terminal Wayame Kota Ambon. (Diakses pada 10 Juni 2026)
11. Alfian Aji Permana, Budi Yuwono, dkk. 2023. Proses Pengujian Material Pada Pembuatan *Storage Tank* Kapasitas 250 BBL Yang Mengacu Pada *Bill Of Material* (BOM) di PT. Mudalaya Energi Indonesia. (Diakses pada 10 Juni 2026)
12. Fiqya Fairuz Zaemi, Rian Cahya Rohmana. 2021. *Carbon Capture, Utilization, and Storage* (CCUS) untuk Pembangunan Berkelanjutan: Potensi dan Tantangan di Industri Migas Indonesia. (Diakses pada 10 Juni 2026)
13. Dinda Rizka Fadhillah, Ria Januarti, dkk. 2023. Jurnal Rekayasa, Teknologi Proses Dan Sains Kimia. (Diakses pada 10 Juni 2026)
14. Feri Irawan, Zaenal Arifin, dkk. 2023. Analisis Penyimpanan Dan Pengumpulan Limbah Minyak Pelumas Bekas Sebagai Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun (B3) Di Pt Natura Perisa Aroma- Lampung. (Diakses pada 10 Juni 2026)
15. Amam Fachrur Rozie, D.N Adnyana. 2021. Asesmen Korosi & Analisis Risiko Kualitatif Pada Vertikal Bejana Tekan. (Diakses pada 10 Juni 2026)
16. Dwi Luhur Ibnu Saputra, Aisyah, dkk. 2023. Pengaruh Kondisi Penyimpanan Terhadap Ketahanan Korosi Drum Baja Karbon Wadah Limbah Radioaktif. (Diakses pada 13 Juni 2026)
17. Dinda Vindarina Primalasita, Khalimatus Sa'diyah. 2021. Perancangan Tangki Penyimpanan Nitrogen Kapasitas 0,0074 M3 Pada Prarancangan Pabrik Kimia Asap Cair. (Diakses pada 13 Juni 2026)
18. Ulliana Cindy Simarmata. 2024. Evaluasi Laju Korosi Dan Sisa Umur Tangki T-116 Di Ppsdm Migas Cepu. (Diakses pada 13 Juni 2026)
19. Nurul Fadhila Mahubessy, Edison Effendy, dkk. 2024. Analisis Ketebalan Pelat Dan Penentuan Sisa Umur Pakai Pada Tangki 2 Di Pltmg Ambon Peaker. (Diakses pada 13 Juni 2026)
20. Agus Suprpto, Dewi Izzatus Tsamroh. 2024. Perbandingan Laju Korosi Dengan Menggunakan *Spray Chamber Test* Dan *Corrosion Coupon Rack* Pada Baja Karbon Rendah. (Diakses pada 13 Juni 2026)
21. Muhammad Nur Fajar, Muhammad Afiq Farham Maulana, dkk. 2024. Pengaruh Media Penyimpanan Tulangan Baja Terhadap laju korosi menggunakan metode *Weight Loss*. (Diakses pada 13 Juni 2026)
22. Lydia Kartika Basaria Sitompul, Zella Navtalia, Hisni Rahmi, dkk. 2026. Penilaian Sisa Umur Pakai pada Tangki Penimbun Sesuai dengan Laju Korosi. (Diakses pada 13 Juni 2026)
23. Richart A V Q Afaratu. 2024. Evaluasi Ketebalan *Shell* Pada Tangki Timbun T-115 Di Ppsdm Migas Cepu. (Diakses pada 13 Juni 2026)
24. Wendy Juita Papilaya, Erwin B Pattikayhattu, dkk. 2024. Analisis Laju Korosi Rooftop Tangki 100 Kl Yang Terpapar Langsung Dengan Air Laut Di Pltd Namlea Kabupaten Buru. (Diakses pada 13 Juni 2026)
25. Arun Setiawan, Eka R. M. A. P. Lilipaly, dkk. 2023. Analisis Ketebalan Dinding Pelat Dan Sisa Umur Pada Tangki 11 – 15000kl Di Pt. Pertamina Patra Niaga Integrated Terminal Wayame Kota Ambon. (Diakses pada 13 Juni 2026)

---