

Article Review: Analisis Jenis Kerusakan Yang Disebabkan Oleh Stress Korrosion

Armadani^a, Rido Asra^b Aprizal^{a*}

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pasir Pengaraian, Rokan Hulu

INFO ARTIKEL

Histori artikel:

Tersedia Online: Oktober 2021

ABSTRAK

Eksplorasi gas alam atau uap di laut atau di darat, dan dalam industri perminyakan di laut atau di darat, biasanya melibatkan bahan korosif, termasuk gas manis (misalnya H₂S dan CO₂), yang mengakibatkan terjadinya korosi. Retakan timbul, retaknya tabung baja karbon dan terhentinya proses pembuatan. Penelitian ini menggunakan metode three point loading. Masing-masing dari tiga sampel uji dimasukkan ke dalam ruangan yang berisi larutan asam dan larutan basa. Hasil data penelitian menunjukkan bahwa laju korosi meningkat seiring dengan lamanya waktu pemaparan untuk defleksi yang sama. Untuk sampel uji pada larutan basa, hasil penelitian menunjukkan laju korosi sebesar menurun dengan lama pemaparan untuk defleksi yang sama sebesar ketika sampel uji terdapat endapan garam. Berdasarkan hasil uji struktur mikro pada kondisi asam atau basa diperoleh retak korosi tegangan transgranular dan retak korosi tegangan intergranular.

Kata kunci: Korosi retak tegangan, Tiga titik pembeban, API5L-X65, Sweet gas.

E – MAIL

ijalupp@gmail.com

ABSTRACT

Exploration of natural gas or steam at sea or on land, and in the petroleum industry at sea or on land, usually involves corrosive materials, including sweet gases (e.g. H₂S and CO₂), which result in corrosion. manufacturing process. This research uses the three point loading method. Each of the three test samples is placed in a chamber containing an acid solution and a base solution. The results of the research data show that the corrosion rate increases with the length of exposure time for the same deflection. For test samples in alkaline solutions, the results showed that the corrosion rate decreased with exposure time for the same deflection as when the test sample contained salt deposits. Based on the results of microstructure tests under acidic or alkaline conditions, transgranular stress corrosion cracks and intergranular stress corrosion cracks were obtained.

Keywords: Stress corrosion cracking, three point loading, API5L-X65, sweet gas

I. PENDAHULUAN

Korosi adalah salah satu mekanisme pembusukan paling penting pada struktur baja. Secara umum, korosi dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis: korosi seragam, yang dapat mengurangi ketebalan seluruh permukaan baja, dan korosi lubang, yang sekaligus dapat menyebabkan cacat lokal pada permukaan baja yang terkorosi. Selama proses korosi terus menerus pada struktur baja, baja terkorosi secara seragam di lingkungan korosif. Akibatnya, ketika penampang menurun, baik tegangan maupun

rentang tegangan meningkat, sehingga mengurangi kekuatan, stabilisasi, dan kapasitas kelelahan struktur baja [1].

Prinsip korosi pada logam sendiri memegang peranan mendasar dalam perkembangan proses industri yang memanfaatkan korosi untuk keperluan struktural. Masing-masing proses ini terdiri dari sel elektrokimia dengan anoda, katoda, dan media konduktif atau elektrolit. Setiap proses melibatkan reaksi oksidasi dan reduksi elektrokimia [2].

Proses korosi dibagi menjadi dua jenis: proses kimia dan proses elektrokimia. Korosi akibat proses kimia terjadi secara langsung tanpa adanya arus listrik yang melewati logam. Ini seperti besi yang berkarat di luar ruangan. Korosi ini menyebar secara merata ke seluruh permukaan logam. Proses korosi elektrokimia membentuk daerah anodik dan katodik pada permukaan logam yang terpisah satu sama lain dengan jarak tertentu. Karena potensial anoda lebih rendah dari potensial katoda, arus dihasilkan antara dua elektroda dan elektron berpindah dari anoda ke katoda, melarutkan anoda dan melindungi katoda [3].

Stress Corrosion Cracking atau Korosi Retak Tegang merupakan kegagalan intergranular pada kuningan akibat kegiatan gabungan antara tegangan tarik statik dengan lingkungan khusus. Bentuk korosi ini sangat lazim dijumpai lingkungan industri. SCC terjadi karena adanya tiga kondisi yang saling berkaitan, yaitu adanya tegangan tarik, lingkungan yang korosif, dan sifat sensitive material [4].

Tingkat tegangan pada spesimen akan mempengaruhi laju korosi. Ketika beban bertambah, banyak terjadi cacat permukaan pada spesimen, banyak permukaan yang terkelupas, terbentuk lubang-lubang dan cekungan, dan lubang-lubang tersebut pada spesimen menyebabkan percepatan korosi [5]. Berdasarkan hasil observasi, penyebab kegagalan diduga karena pengaruh media korosif. Angka ini menunjukkan bahwa tegangan operasi masih dibawah kekuatan luluh material. Semakin tinggi tegangan maka akan semakin cepat terjadinya stress korosi cracking (SCC). Kekerasan pengujian menurun seiring dengan lamanya benda uji direndam dalam media korosif. [6]

Ketahanan korosi yang tinggi pada pipa baja karbon stainless steel (supermartensit) membuatnya umum digunakan dalam industri minyak dan gas, terutama pada lingkungan asam. Namun ada juga yang sensitif terhadap keberadaan hidrogen, dan mekanisme proses korosi terjadi dengan adanya H₂S dan bergantung pada pH. H₂S dapat berdifusi dan meresap sepanjang struktur logam dan bereaksi pada permukaan logam melepaskan dan menyerap hidrogen yang terikat pada sulfur, sehingga membentuk pori-pori logam sulfida dan meningkatkan jumlah hidrogen dalam larutan H₂S. Hal ini secara tidak langsung dapat menyebabkan kegagalan [7].

II. MATERIAL DAN METODE

Tinjauan pustaka digunakan untuk menulis artikel ulasan ini. Penulis menyintesis artikel-artikel yang lahir dari pemikiran atau hasil penelitian, diawali dengan analisis artikel-artikel yang berkaitan dengan pokok bahasan yang dibahas, tujuannya adalah untuk membahas/review artikel, mengidentifikasi dan mengklasifikasikannya berdasarkan unsur-unsur yang diulas, beberapa artikel membahas dengan topik yang hampir sama.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Korosi

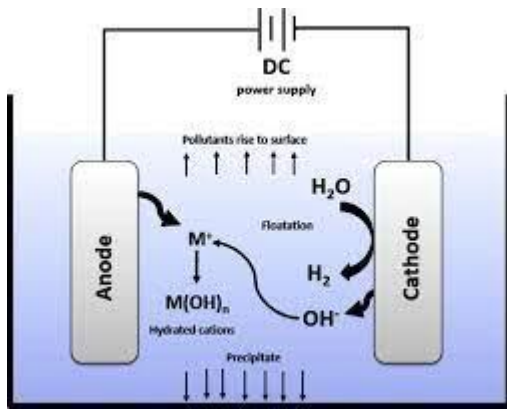
Korosi merupakan salah satu penyebab kerusakan logam dan disebabkan oleh interaksi logam dengan lingkungan yang lembab, beruap, dan berair [8]. Jika dua logam yang berbeda sifat berdekatan, akan membentuk ion positif (kation) atau katoda, dan akan membentuk ion negatif (anion) atau anoda. Ketika kedua bersentuhan dengan udara, senyawa baru terbentuk karena udara mengandung unsur yang berbeda. Salah satu unsur yang paling berpengaruh adalah hidrogen, yang menyebabkan korosi. Laju korosi didefinisikan sebagai laju perambatan, atau laju penurunan kualitas material dalam satuan waktu tertentu [9]. Saat menghitung laju korosi, satuan yang umum digunakan adalah mm/tahun (Standar Internasional) atau mils/tahun (mpy, British Standard).

Korosi hanya akan terjadi jika faktor berikut terpenuhi: Yaitu:

- 1) Anoda. Ini adalah area baja dimana terjadi korosi (oksidasi).
- 2) Katoda merupakan bagian baja yang tidak terkorosi (tereduksi).
- 3) Larutan elektrolit sebagai media konduktor.
- 4) Hubungan antara anoda dengan katoda (jalur logam) yang dapat menghantarkan listrik.

Proses oksidasi logam terjadi di anoda, dimana logam tersebut dilarutkan atau direduksi dengan melepaskan ion logam ke dalam larutan, sedangkan di katoda, ion logam berikatan.

Diagram skema sel korosi basah ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Sel elektrokimia korosi basah sederhana

3.2 Penentuan Laju Korosi

Laju Korosi di definisikan sebagai banyaknya logam yang dilepas tiap satuan waktu pada permukaan tertentu [10], satuannya adalah mil per year (mpy). Metode kehilangan berat adalah perhitungan laju korosi dengan mengukur kekurangan berat [11]. Pengujian ini sesuai dengan standar ASTM G 31-72 Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metal. Untuk mendapatkan jumlah kehilangan berat akibat korosi digunakan rumus sebagai berikut:

$$MPY = \frac{543.W}{D.A.T} \quad (2.1)$$

$$mmpyr = \frac{87600.W}{D.A.T} \quad (2.2)$$

$$\mu mpyr = \frac{8760000.W}{D.A.T} \quad (2.3)$$

Dimana:

Mpy = Laju korosi

W = berat hilang(Wo-W1), (mg)

D = densitas specimen, (g/cm³)

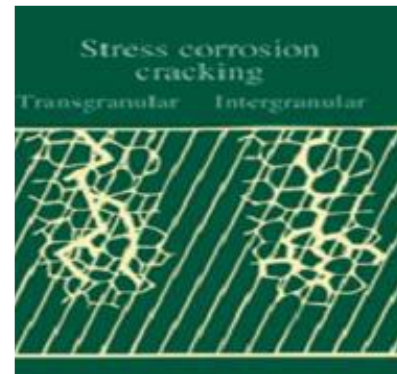
A = luas spesimen, (cm²)

T = waktu, (hour)

3.3 Korosi Retak Tegang Pada Pipa Baja Karbon

Peristiwa korosi retak tegangan (SCC) ditunjukkan seperti pada gambar 2. Pipa Baja Karbon adalah paduan besi dan karbon yang mengandung beberapa unsur lain seperti sulfur, pospor, nikel dan mangan serta sejumlah unsur lainnya dalam persentase yang sangat kecil. Baja karbon rentan terhadap korosi, yaitu adanya beban internal (tekanan fluida dari dalam pipa yang memberikan tegangan terhadap dinding pipa), atau beban eksternal (beban

konsentrasi di beberapa tempat tertentu misalkan pada sambungan/belokan dan disekitar katup (valve)). [12]



Gambar 2. Pola korosi retak tegangan (SCC)[12].

Studi pengujian retak korosi tegangan ini mengumpulkan sampel uji langsung dari lokasi penelitian di industri minyak dan gas. Pembuatan contoh batang yang akan dijadikan sebagai contoh uji berupa pelat yang dibengkokkan dan dipres. Ini adalah metode untuk mendeteksi retakan tegangan di lingkungan korosif sesuai dengan standar pengujian laboratorium logam (NACE TM0177, ASTM G39-99, ASTM E8 dan ISO 7539-5). (1989) Bagian.2). Dimensi benda uji harus ditentukan, meliputi lebar, panjang, kedalaman retak awal, dan sudut retak awal. Pembebanan pada benda uji ini adalah dari baut dan beban yang digunakan sebesar 80% SMYS (Specified Minimum Yield Strength). Benda uji dibebani secara lentur/tekan dengan metode pembebanan tiga titik (Bent Beam Specimen). [13].

Studi pada pipa baja karbon API 5L, atau 17H1S, menunjukkan bahwa pipa tersebut rentan terhadap retak korosi tegangan. Selain itu, sifat mekanik pipa baja karbon berumur API 5L lebih tahan terhadap retak korosi tegangan dibandingkan pipa baja karbon. Berdasarkan hasil pengamatan analisis permukaan rekahan, retak korosi tegangan terjadi pada pipa baja karbon akibat proses penggetasan hidrogen yang disebabkan oleh penetrasi atom hidrogen ke dalam pipa baja karbon (O. I.Zvirko, S. F.Savula, V.M.Tsenda, G.Gabetta, H. M.Nykyforchyn, 2016)[14].

Ketahanan korosi yang tinggi pada pipa baja karbon tahan karat (super martensit). Biasa digunakan dalam industri minyak dan gas, terutama di lingkungan asam. Namun ada juga yang sensitif terhadap keberadaan hidrogen, dan mekanisme proses korosi terjadi dengan adanya H₂S dan bergantung pada pH. H₂S berdifusi dan menembus

sepanjang struktur logam, membentuk pori-pori logam sulfida saat bereaksi pada permukaan logam, melepaskan hidrogen yang terikat pada belerang yang dapat diserap. Hidrogen dalam larutan H₂S secara tidak langsung menyebabkan cacat (Martin Monnota, Ricardo P. Nogueira, Virginie Roche, Grégory Berthomé, Eric Chauveau, Rafael Estevez, Marc Mantel, 2017)[15].

Hal ini menyebabkan hilangnya sifat mekanik awal terutama ketahanan terhadap patah getas, yaitu berdasarkan perhitungan teknik pada tahap desain pipa. Pada waktu bersamaan korosi retak tegang telah diidentifikasi sebagai salah satu kegagalan dominan pada pipa baja karbon di lingkungan lembab, yaitu akan menyebabkan pecahnya pipa transmisi gas bertekanan tinggi serta kerugian ekonomi yang serius dan bencana. (O. I. Zvirko, S. F. Savula, V.M. Tsependa, G. Gabetta, H. M. Nykyforchyn, Integritas Struktural Procedia 2 (2016) 509–516. 20-24 Juni 2016) [16].

IV. KESIMPULAN

Dari hasil uji komposisi baja karbon terdiri dari kandungan Ni sebesar 0,026 % dan Cr sebesar 0,015%. Hasil tersebut sesuai dengan dibandingkan baja karbon umumnya yang memiliki kadar Ni sekitar 0.02 % dan Cr sekitar 0.019%. Kandungan Mn dapat meningkatkan kekuatan, kekerasan, kemampuan untuk dapat ditempa menyeluruh, ketahanan aus, penguatan pada pembentukan dingin, tetapi menurunkan kemampuan serpih. Hasil uji kandungan Mn sebesar 0.689 %, kandungan C sebesar 0.137%. Karbon merupakan unsur penguat besi yang efektif dan murah, dan umumnya sebagian besar baja hanya mengandung karbon dengan sedikit unsur paduan lainnya. Berdasarkan kandungan karbon bahwa pipa API 5L Grade-B termasuk baja yang mengandung karbon kurang dari 0,3%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah bekerjasama dalam pembuatan karya ini. Terutama Bpk Aprizal ST.MT. Sebagai dosen teknik mesin Universitas Pasir Pengaraian, beliau telah memberikan wawasan ilmiah tentang proses pembuatan dan perancangan karya tulis secara detail dan sangat mudah dipahami.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Zhang, K. Zheng, J. Zhu, M. Lei, and X. Feng, *Constr. Build. Mater.* 289, 123108 (2021)
- [2] P. Pedferri (Deceased), *Eng. Mater.* 73 (2018)
- [3] A. M. Das, 12, 11 (2012).
- [4] Siracusa, V., Rocculi, P., Romani, S., Rosa, M.D., 2008, "Biodegradable Polymers for Food Packaging: a Review," *Trends in Food Science & Technology*, 19: 634-643.
- [5] O. I. Zvirko, S. F. Savula, V. M. Tsependa, G. Gabetta, H. M. Nykyforchyn. (2016), "Stress corrosion cracking of gas pipeline steels of different strength", 21st European Conference on Fracture, ECF21, 20-24 June 2016, Catania, Italy. *Procedia Structural Integrity* 2 509–516.
- [6] Fajar Eka Putrandono - Athanasius Priharyoto Bayuseno, "ANALISIS STRESS CORROSION CRACKING AISI C20500 DENGAN VARIASI PEMBEBANAN PADA MEDIA KOROSI AIR", *Jurnal Teknik Mesin S-1*, Vol. 2, No. 2, Tahun 2014.
- [7] Martin Monnota, Ricardo P. Nogueira, Virginie Roche, Grégory Berthomé, Eric Chauveau, Rafael Estevez, Marc Mantel. (2017). "Sulfide stress corrosion study of a super martensitic stainless steel in H₂S sour environments: Metallic sulfides formation and hydrogen embrittlement", *Applied Surface Science* 394 132–141.
- [8] A. Yunus, "Korosi Logam dan Pengendaliannya; Artikel Review," *J. POLIMESIN*, vol. 9, no. 1, pp. 847–852, 2011.
- [9] M. G. Fontana, *Corrosion Engineering*. 1987
- [10] M. G. Fontana. 1986. *Corrosion Engineering*. New York : McGraw-Hill.
- [11] ASTM G1 – 93. *Standard Terminology and Acronyms Relating to Corrosion*.
- [12] R Winston Revie, *Uhlig's Corrosion Handbook Third Edition*, The Electrochemical Society, Inc., John Wiley & Sons, Inc., Publication, 2011.
- [13] Nendi Suhendi, Sri Suryaningsih, Otong Nurhilal, 2014, *Kajian Korosi Retak Tegangan Akibat Sweet Gas (H₂S dan CO₂) pada Baja Karbon*. Hibah Kompetitif Penelitian FMIPA – Unpad.
- [14] O. I. Zvirko, S. F. Savula, V. M. Tsependa, G. Gabetta, H. M. Nykyforchyn, 2016, *Stress corrosion cracking of gas pipeline steels of different strength*, 21st European Conference on Fracture, ECF21, 20-24 June 2016, Catania, Italy. *Procedia Structural Integrity* 2 509–516.
- [15] Martin Monnota, Ricardo P. Nogueira,

Virginie Roche, Grégory Berthomé, Eric Chauveau, Rafael Estevez, Marc Mantel, 2017, Sulfide stress corrosion study of a super martensitic stainless steel in H₂S sour environments: Metallic sulfides formation and hydrogen embrittlement, Applied Surface Science 394 132–141.

- [16] O. I. Zvirko , S. F. Savula , V. M. Tsependa , G. Gabetta , H. M. Nykyforchyn, June 2016, Procedia Structural Integrity 2 (2016) 509–516. 20-24.