

**STRESS CORROSION CRACKING OF AISI 304 WITH  
VARIATION OF WEIGHT USING OCEAN'S WATER AS  
MEDIA  
(ANALISA KOROSI RETAK TEGANG MATERIAL AISI 304 DENGAN  
VARIASI PEMBEBANAN PADA MEDIA AIR LAUT)**

*Eko Saputra<sup>1</sup>, Kurnia Hastuti<sup>1\*</sup>*

*<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau-Pekanbaru  
Jl.Kaharudin Nasution No.113, Pekanbaru – Riau*

*\*Corresponding author: kurnia@eng.uir.ac.id*

**ABSTRACT**

*Stress Corrosion Cracking (SCC) or stress corrosion cracking is a failure of corrosion metals resulting from intergranular and transgranular cracking under the influence of tensile stress and corrosive environments. Stress Corrosion Cracking often occurs in underwater pipelines. This is because welding that is usually done on pipes produces residual stresses and the combination with corrosive seawater media causes SCC. The purpose of this study is to understand the SCC phenomenon and examine the effect of load variations on SCC on AISI 304 pipe material. The test method used is C ring, with a variation of load 3 kN, 4kN and 5kN. Material is dipped in seawater for 5 days, 10 days and 15 days. Tests carried out are hardness tests, data loss of weight loss, calculation of the corrosion rate and measurement of the area of the crack with an optical microscope. The hardness test results showed an increase in the hardness of the specimen after loading from initial hardness 163 VHN increased to 165.5 VHN at a load of 3 kN, 186.3 VHN at a load of 4kN and at a load of 5kN. Weight loss and corrosion rate are affected by the amount of load and the length of time immersion. The highest weight loss and corrosion rate occurred in specimens with a load of 5 kN and a time of dyeing 15 days and the smallest occurred at a load of 3 kN and dyeing 5 days. The area of the crack also increases with increasing load and increasing immersion time. Specimens that have the largest cracked area occur in specimens with a load of 5 kN with a dipping time of 15 days that is 999039.09  $\mu\text{m}^2$  and specimens that have the smallest cracked area are specimens with a load of 3 kN at 5 days immersion of 285494.76  $\mu\text{m}^2$ . This research shows that the load given should be a maximum of only 4 kN, because the increase in load above this value causes the corrosion rate to increase sharply.*

*Kata Kunci : AISI304, C-ring, Corrosion rate, Stress Corrosion Cracking*

**ABSTRAK**

*Stress Corrosion Cracking [SCC] atau korosi retak tegang merupakan kegagalan logam korosi hasil peretakan intergranular dan transgranular dibawah pengaruh tegangan tarik dan lingkungan korosif. Stress Corrosion Cracking sering terjadi pada pipa bawah laut. Hal ini disebabkan karena pengelasan yang biasa dilakukan pada pipa menghasilkan tegangan sisa dan kombinasi dengan media air laut yang korosif menyebabkan terjadinya SCC. Tujuan penelitian ini adalah untuk memahami fenomena SCC dan mengkaji pengaruh variasi beban terhadap SCC pada material pipa AISI 304. Metode pengujian yang digunakan adalah C ring, dengan variasi beban 3 kN, 4kN dan 5kN. Material dicelup dalam media air laut selama 5 hari, 10 hari dan 15 hari. Pengujian yang dilakukan adalah uji kekerasan, pengambilan data kehilangan berat, perhitungan laju korosi dan pengukuran luas area retak dengan mikroskop optik. Hasil pengujian kekerasan*

menunjukkan peningkatan nilai kekerasan spesimen setelah dilakukan pembebanan dari kekerasan awal 163 VHN naik menjadi 165,5 VHN Pada beban 3 kN, 186,3 VHN pada beban 4kN 189,1 VHN dan pada beban 5kN. Kehilangan berat dan laju korosi dipengaruhi besarnya beban dan lamanya waktu pencelupan. Kehilangan berat dan laju korosi terbesar terjadi pada spesimen dengan beban 5 kN dan waktu pencelupan 15 hari dan yang terkecil terjadi pada beban 3 kN dan pencelupan 5 hari. Luas retak juga meningkat dengan naiknya beban dan bertambahnya waktu perendaman. Spesimen yang memiliki area retak terbesar terjadi pada spesimen dengan beban 5 kN dengan waktu pencelupan 15 hari yaitu sebesar 999039,09  $\mu\text{m}^2$  dan spesimen yang memiliki area retak terkecil ialah spesimen dengan beban 3 kN pada waktu pencelupan 5 hari sebesar 285494,76  $\mu\text{m}^2$ . Penelitian ini menunjukkan bahwa beban yang diberikan sebaiknya maksimal hanya sebesar 4 kN, karena peningkatan beban di atas nilai tersebut menyebabkan laju korosi meningkat tajam.

*Kata Kunci : AISI304, C-ring, Korosi Retak Tegang, Laju korosi*

## PENDAHULUAN

*Stress corrosion cracking* (SCC) atau korosi retak tegang merupakan kegagalan intergranular pada baja akibat kegiatan gabungan antara tegangan tarik statik dengan lingkungan khusus. Bentuk korosi ini sangat lazim dijumpai di lingkungan industri. SCC terjadi karena adanya tiga faktor yang saling berkaitan, yaitu adanya tegangan tarik, lingkungan yang korosif, dan material yang rentan terhadap korosi.

Pipa gas bawah laut adalah komponen yang beresiko terhadap terjadinya korosi retak tegang. Dalam penggunaannya pipa bawah laut berfungsi untuk memindahkan gas. Pengelasan pada sambungan pipa dapat memberikan tegangan sisa terhadap pipa. Adanya media air laut dengan kadar garam yang tinggi di kombinasikan dengan tegangan sisa yg diberikan akibat pengelasan menyebabkan pipa bawah laut mengalami korosi retak tegang. Permasalahan ini sering dialami pipa bawah laut sehingga menyebabkan pipa bocor. Pipa bawah laut tidak hanya mengalami korosi tetapi juga retak.

Sebelumnya penelitian korosi retak tegang ini sudah pernah dilakukan oleh Putrandono (2014) menggunakan spesimen kuningan dengan variasi pembebanan pada media air. Dari hasil pengamatan menunjukkan bahwa kegagalan disebabkan karena pengaruh media korosif. Semakin besar tegangan maka terjadinya stress korosi retak tegangan semakin cepat.

Badarudin (2014) menggunakan spesimen baja karbon rendah dengan memberi efek shot peening pada media air laut. Hasil pengamatan menunjukkan peningkatan nilai kekerasan pada bahan yang di shot peening sehingga menghasilkan deformasi plastis yang dapat menimbulkan efek pengerasan regangan dan tidak ditemukan korosi retak tegang pada bahan yang di shot peening.

Pada penelitian yang lain, Sinurat (2014) menggunakan material AISI 304 dengan metode u-bend dalam media HCL 1M. pengujian ini menunjukkan bahwa tebal berpengaruh pada laju korosi pada plat 6mm korosinya lebih cepat dibandingkan plat tebal 3mm. selain itu terjadinya

korosi menyebabkan sifat mekanik material turun.

Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya masih diperlukan penelitian berkaitan dengan korosi retak tegang pada pipa bawah laut. Diharapkan dapat digunakan sebagai bahan uji dengan media air laut dan variasi pembebanan diberikan untuk mengetahui pengaruhnya pada kecepatan korosi.

Pengujian ini perlu dilakukan karena Stress corrosion cracking tidak dapat diduga datangnya dan dapat menyebabkan pengurangan dimensi dan kekuatan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjelaskan cara pengujian dan proses terjadinya korosi retak tegang pada pipa bawah laut.

## METODE PENELITIAN

Komposisi kimia dan sifat mekanis SS 304 yang digunakan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Kandungan

| Fe     | C  | Si | Mn | P   | S  | Ni | C |
|--------|----|----|----|-----|----|----|---|
| n      |    |    |    |     |    |    | r |
| 66.345 | M  | Ma | M  | Ma  | M  | 8  | 1 |
| —      | ax | x1 | ax | x   | ax | —  | 8 |
| —      | 0. |    | 2  | 0.0 | 0. | 10 | — |
| 74     | 08 |    |    | 45  | 03 | .5 | 2 |
|        |    |    |    |     |    |    | 0 |

Spesimen dari baja stainless steel 304 berbentuk pipa kemudian di potong dengan lebar 2 cm sebanyak 9 buah selanjutnya pipa di potong pada bagian samping sehingga berbentuk C.

Sampel tersebut kemudian diberikan beban menggunakan alat tekan compression machine kapasitas 250 kN ASTM C-39 dengan beban yang telah ditentukan yaitu 3 kN, 4 kN dan 5 kN. Setelah sampel ditekan

kemudian catat berapa pengurangan jarak yang terjadi pada sampel berbentuk C dan setelah itu sampel di berikan baut agar sampel tetap pada posisi saat pemberian beba. Sebelum masuk pada tahap pencelupan, spesimen ditimbang terlebih dahulu tanpa baut agar mengetahui berat awal sampel dan setelah itu barulah spesimen dicelupkan menggunakan air laut sebagai media korosi dengan variasi waktu 5 hari, 10 hari, dan 15 hari.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Uji Kekerasan

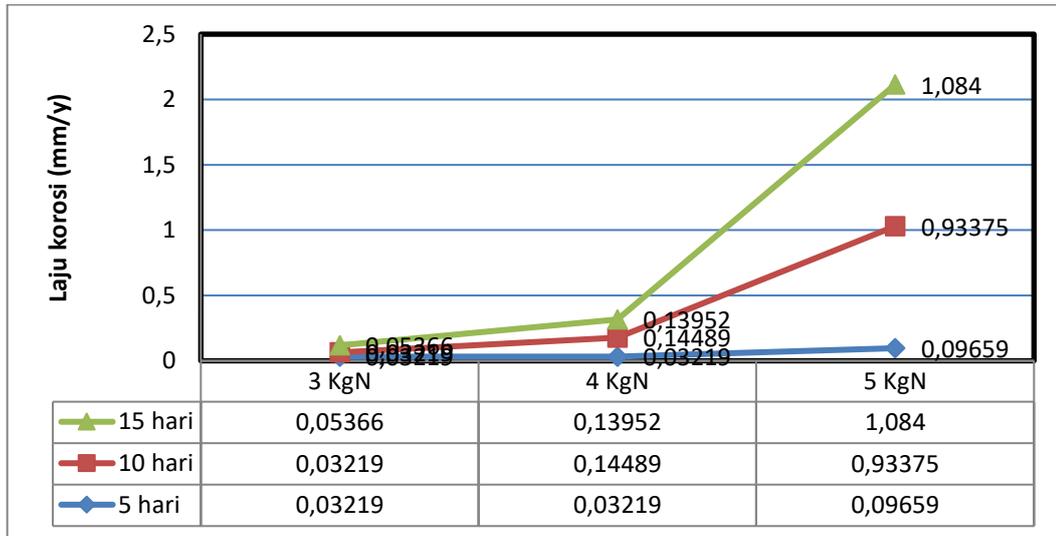
Untuk mengetahui pengaruh pembebanan yang diberikan terhadap kekerasan material maka pengujian kekerasan dilakukan sebelum material diberi beban (keadaan awal) dan setelah diberikan beban. Uji kekerasan dilakukan dengan metode Vickers.



Gambar 1. Pengaruh beban terhadap kekerasan material

### Hasil Penelitian Laju Korosi

Penelitian laju korosi dilakukan dengan menggunakan metode pencelupan. Untuk mengetahui laju korosi dapat diperoleh dengan persamaan (2.3). hasil uji korosi menghitung selisih berat pada durasi



waktu yang telah ditetapkan, memberikan hasil berupa grafik sebagai berikut:

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa besarnya beban yang diberikan berpengaruh pada laju korosi yang terjadi. Meningkatnya beban dari 3 kN, 4 kN dan 5kN menyebabkan laju korosi juga naik. Laju korosi yang terjadi pada spesimen dengan pemberian beban 3 KN adalah relatif rendah, begitu juga dengan beban 4 KN. Laju korosi terbesar dialami dengan spesimen yang diberi beban 5 KN.

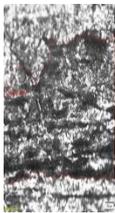
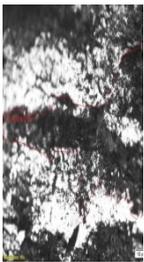
**Pengamatan Retak**

Pengamatan retak ini dilakukan dengan mikroskop optik bertujuan untuk melihat retak yang terjadi pada spesimen akibat SCC. Selanjutnya pada masing masing foto diamati besarnya area retak yang terjadi antara spesimen untuk mengetahui pengaruh pembebanan pada media air laut.

Pengamatan metalografi pada daerah titik tengah spesimen terlihat adanya perbedaan besarnya area retak yang terjadi pada spesimen. Dibawah ini dapat di lihat

foto makro baja stainless steel 304 yang mengalami retak.

| Beban | Waktu   | Gambar retak pada spesimen | Luas area retak ( $\mu\text{m}^2$ ) |
|-------|---------|----------------------------|-------------------------------------|
| 3 kN  | 5 hari  |                            | 0,25<br>631<br>818                  |
|       | 10 hari |                            | 397<br>829<br>7,16                  |
|       | 15 hari |                            | 530<br>535,<br>54                   |

| Beban | Waktu   | Gambar retak pada spesimen  | Luas area retak ( $\mu\text{m}^2$ ) |
|-------|---------|---|-------------------------------------|
| 5 kN  | 10 hari |  | 652750,93                           |
|       | 5 hari  |    | 285494,76                           |
|       | 15 hari |  | 999039,09                           |
| 4 kN  | 10 hari |   | 596185,84                           |
|       | 15 hari |  | 896115,60                           |
| Beban | Waktu   | Gambar retak pada spesimen  | Luas area retak ( $\mu\text{m}^2$ ) |
|       | 5 hari  |  | 46512807                            |

### KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian tentang pengaruh pembebanan terhadap laju korosi dengan variasi waktu pada stainless steel 304 pada media air laut dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil uji kekerasan di ketahui bahwa nilai kekerasan tanpa pembebanan nilai kekerasannya sebesar 163 VHN, pemberian beban 3 kN naik menjadi 165,5, pemberian beban 4 kN maka kekerasan akan naik menjadi 186, sedangkan pemberian beban 5 kN menyebabkan kekerasan naik 189,1. Nilai kekerasan pada material selalu meningkat seiring dengan bertambahnya beban yang diberikan pada spesimen uji. Berdasarkan hasil uji kekerasan maka pemberian beban terhadap material mempengaruhi nilai kekerasan material, semakin besar beban yang diberikan

maka nilai kekerasannya juga akan semakin besar.

2. Pembebanan dan lamanya waktu perendaman yang diberikan terhadap material sangat menentukan kecepatan laju korosi, dapat dilihat pada uji *weigh loss* diketahui bahwa spesimen dengan beban 3 kN dengan waktu 5 hari laju korosi pada material sebesar 0,03219, 10 hari laju korosi tidak mengalami peningkatan yaitu sebesar 0,03219 tetapi perendaman 15 hari laju korosinya meningkat 0,05366 mm/y laju korosi yang dialami material dengan beban 3 kN masih relatif rendah jika dibandingkan dengan beban 5 kN dalam perendaman 5 hari laju korosinya sebesar 0,09659 mm/y, 10 hari nilai laju korosinya meningkat drastis menjadi 0,93375 mm/y begitu juga dengan perendaman 15 hari mengalami peningkatan laju korosi sebesar 1,08400 mm/y.
3. Besarnya area retak yang terjadi pada material yang telah diuji tergantung dengan lamanya waktu celup dan besarnya beban yang diberikan terhadap material, semakin lama pencelupan dan semakin besar beban yang diberikan kepada material uji maka area retak akan semakin besar.
4. Agar laju korosi yang terjadi tidak meningkat tajam, maka beban yang diberikan sebaiknya tidak melebihi 4 kN.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adrian. 2009. "Perilaku Korosi Material Baja Paduan Akibat Pengaruh Kondensat Yang Berasal Dari Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi."
- Armanto, H. dan Daryanto. 1999. "Ilmu Bahan."
- Baboian Robert, N. 2002. "Corrosion Engineering."
- Badaruddin, M. 2014. "Efek Shot Peening Terhadap Korosi Retak Tegang ( SCC ) Baja Karbon Rendah Dalam Lingkungan Air Laut Efek Shot Peening Terhadap Korosi Retak Tegang ( SCC ) Baja Karbon Rendah Dalam Lingkungan Air Laut." (January 2005).
- Bayuseno, A.P. et al. 2014. "ANALISIS STRESS CORROSION CRACKING AUSTENITIC STAINLESS STEEL ( AISI 304 ) DENGAN METODE U-BEND PADA MEDIA KOROSIF HCL 1M." 2(1): 110–18.
- Craig, B.D. 2006. "Corrosion Prevention and Control: A Program Management Guide for Selecting Materials."
- Indra, F. dkk. 2008. "Steinless Steel."
- Lippold, J.C. and Kotecki, D.J. 2005. "Welding Metallurgy and Weldability of Stainless Steels."
- Munasir. 2009. "Laju Korosi Baja SC 42 Dalam Medium Air Laut Dengan Metode Immers Total."
- Parmansyah. 2017. "HUBUNGAN ANTARA BIOFOULING DENGAN KOROSI MATERIAL BADAN

KAPAL PADA MEDIA AIR LAUT.”

- Priyotomo, G. 2016. “Korosi Retak Tegang Material Stainless Steel AISI 304 Di Lingkungan MgCl<sub>2</sub> KOROSI RETAK TEGANG MATERIAL STAINLESS STEEL AISI 304 DI LINGKUNGAN MgCl<sub>2</sub> Material.” (August 2008).
- Putrandono, F.E. et al. 2014. “Online : [Http://EjournalS1.Undip.Ac.Id/Index.Php/Jtm](http://EjournalS1.Undip.Ac.Id/Index.Php/Jtm) ANALISIS STRESS CORROSION CRACKING AISI C20500 DENGAN VARIASI Jurnal Teknik Mesin S-1 , Vol . 2 , No . 2 , Tahun 2014 Online : [Http://Ejournal-S1.Undip.Ac.Id/Index.Php/Jtm](http://Ejournal-S1.Undip.Ac.Id/Index.Php/Jtm).” 2(2): 92–100.
- Sasono, E.J. 2010. “Efektivitas Penggunaan Anoda Korban Panduan Aluminium Pada Pelat Baja Kapal Aisi E2512 Terhadap Laju Korosi Di Dalam Media Air Laut.” : 57.
- Seitovirta, M. 2013. “Handbook of Stainless Steel.”