

# Analisis Perubahan Laju Korosi dan Kekerasan pada Pipa Baja ASTM A53 Akibat Tegangan dalam Dengan Metode C Ring

Johannes Leonard<sup>1)\*</sup>

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin  
Jalan Perintis Kemerdekaan Km.10, Makassar 90225, Indonesia  
johannesleonard55@yahoo.com

## Abstrak

Penelitian untuk mempelajari fenomena pengaruh lingkungan korosif terhadap laju korosi dan kekerasan pada baja ASTM A53 yang mengalami pembebanan awal, maka pengamatan terhadap masalah tersebut dilaksanakan. Penelitian ini bertujuan untuk memahami dan mengetahui bagaimana pengaruh tegangan dalam yang berbeda pada variasi beban terhadap laju korosi, kekerasan, dan lamanya perendaman dalam air laut. Pengujian dilakukan melalui percobaan perendaman dalam air laut pada perairan sekitar wilayah kota Makassar, Sulawesi Selatan. Material dasar yang digunakan adalah pipa baja ASTM A53 grade A yang sesuai untuk penggunaan lepas pantai., dibuat dalam bentuk specimen C-Ring, menggunakan standar ASTM G38-01(2007). Pengujian dilakukan selama 30 hari. dengan interval 3 hari. Perhitungan laju korosi dilakukan berdasarkan kehilangan berat. Selain itu dilakukan pula uji kekerasan dengan cara Rockwell. Selanjutnya, perhitungan dan pengujian dilakukan pada laboratorium Metalurgi Fisik FTUH. Dalam penelitian ini benda uji terlebih dahulu dilakukan proses pembebanan, dengan beban yang diberikan pada benda uji adalah 20 kg, 40 kg, 60 kg dan 80 kg. Berdasarkan pada hasil analisa dan perhitungan data-data yang diperoleh dari hasil pengujian kekerasan dan laju korosi, maka dapat diambil kesimpulan bahwa pengaruh terhadap laju korosi pada C-ring meningkat dengan naiknya beban yang diberikan. Laju korosi benda uji (C-ring) yang dikorosi dengan durasi 30 hari didapatkan nilai laju korosi tertinggi pada beban 80 kg yaitu sebesar 1,93 dan laju korosi terendah pada beban 0 kg yaitu sebesar 0,66. Kekerasan rata-rata tertinggi terjadi pada benda uji dengan beban 80 kg yaitu 14 HRC. Sedangkan untuk kekerasan terendah terdapat pada benda uji dengan beban 20 kg yaitu 11 HRC. Dilihat dari perbandingan kekerasan awal dengan kekerasan yang sudah mengalami pembebanan dan korosi, sangat jelas bahwa kekerasan spesimen menurun.

**Kata Kunci :** Metode C-ring, Laju Korosi, Kekerasan, Baja ASTM

## Abstract

Research to study the phenomenon of corrosive environmental influences on the rate of corrosion and hardness on steel ASTM A53 are experiencing initial loading, the observation of the problems is implemented. The aims of this study is to understand and to determine the effect of different stress in the load variation on the rate of corrosion, hardness, and immersion time in sea water. Testing is done through trial immersion in sea water around the city of Makassar, South Sulawesi. The material used is steel pipe ASTM A53 grade A are suitable for use offshore. Specimen is made in the form of specimen C-Ring, using the standard ASTM G38-01 (2007). Tests conducted over 30 days, with intervals of 3 days. Corrosion rate calculation is based on weight loss. The hardness is conducted by way of Rockwell hardness testing. Furthermore, calculations and tests carried out on the Physical Metallurgy Laboratory FTUH. In this study loading process is conducted prior to the specimen, with a large load given to the test object is 20 kg, 40 kg, 60 kg and 80 kg. Based on the results of the analysis and calculation of data obtained from the testing of hardness and corrosion rate, it can be concluded that the effect on the rate of corrosion on the C-ring increases with the applied load. The corrosion rate of the test specimen (C-ring) which corroded with a duration of 30 days was found as the highest corrosion rate values obtained at the load of 80 kg is of 1.93 and the lowest corrosion rate at 0 kg load that is equal to 0.66. The highest hardness occurred in the specimen with a load of 80 kg is 14 HRC. As for the lowest hardness present in the specimen with a load of 20 kg is 11 HRC. Judging from the initial hardness comparison with the hardness that has been experiencing loading and corrosion, it is clear that the hardness of the specimen decrease.

**Keywords:** Method C-ring, Corrosion rate, violence, steel ASTM

---

\* Penulis korespondensi, HP: 0411588400,  
Email: johannesleonard55@yahoo.com

## 1. PENDAHULUAN

Baja *ASTM A53* merupakan pipa *welded* yang sering digunakan pada penyaluran gas cair (*Liquid Natural Gas – LNG*) yang sesuai untuk penggunaan lepas pantai. Pipa ini memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi sehingga banyak juga dijumpai pada industri kimia khususnya pada penyaluran gas-gas hasil reaksi kimia.. Selain itu pipa ini juga harus memiliki ketahanan terhadap perambatan retak, pembebanan dan sifat mampu las yang baik. Untuk mengetahui ketahanan *Stress Corrosion Cracking* pada baja *ASTM A53* di lingkungan korosif, digunakan metode *C-ring* merupakan metode yang sesuai dengan standar pengujian laboratorium logam (*NACETM0177*) [1].

Mamlu (2001) menyimpulkan besarnya beban penekanan pada besi beton sebelum mengalami proses korosi akan sangat berpengaruh sekali terhadap laju korosi yang terjadi pada besi tersebut. Bahwa semakin besar penekanan (pemberian beban) yang diberikan pada specimen maka laju korosi yang terjadi akan semakin besar [2].

Sedangkan As'ad (2007) melakukan perhitungan laju korosi dengan durasi waktu 0,5 jam, 1 jam dan 1,5 jam mendapatkan nilai selisih *W* (berat yang hilang) yang semakin naik, ini disebabkan karena semakin lama logam berada pada lingkungan korosif maka semakin banyak pula logam yang akan terkikis. Sedangkan untuk nilai laju korosi (MPY) yang semakin menurun, penyebab menurunnya nilai laju korosi adalah karena pertama konsentrasi larutan yang berubah karena proses korosi[3].

Nugroho (2005) menghitung laju korosi dengan metode pencelupan yang dilakukan dari benda uji didapat nilai selisih dari berat awal dan berat akhir dari tiap-tiap proses korosi. Untuk benda uji dengan suhu pemanasan 400°C durasi pencelupan 4 jam didapat laju korosi 34,795 mm / tahun, pada benda uji dengan suhu pemanasan 500°C durasi pencelupan 4 jam didapat laju korosi 30,667 mm / tahun dan pada benda uji yang sama dengan suhu pemanasan 600°C durasi pencelupan 4 jam didapat laju korosi 35,148 mm / tahun [4].

Korosi dapat menyerang pada logam baik yang mengalami pembebanan maupun tidak. Pengaruh beban khususnya pada logam yang mengalami tegangan akan sangat berpengaruh terhadap ketahanan laju korosi. Korosi ini umumnya disebut peretakan korosi-tegangan. Peretakan korosi-tegangan merupakan kombinasi adanya tegangan tarik pada logam dan adanya lingkungan yang korosif, dimana kondisi ini merupakan salah satu dari penyebab utama kegagalan material. Tegangan yang terjadi pada suatu logam umumnya berasal dari fabrikasi atau yang merupakan sisa hasil pengerjaan dan dapat juga terjadi pada saat logam sedang dalam pemakaian atau penggunaan. Dengan latar belakang ini pula maka diadakan penelitian perubahan laju korosi akibat pengaruh tegangan dalam yang bervariasi pada benda uji yang dicelup ke dalam larutan korosif dalam hal ini menggunakan air laut.

## 2. METODE

Penelitian ini dilakukan di belakang Hotel Pantai Gapura Makassar. Benda uji yang digunakan dalam penelitian korosi adalah *C-ring* dari pipa yang menggunakan baja standar *ASTM A53 grade A*. Bentuk dari specimen menggunakan standar *ASTM G38-01(2007) Standard Practice of Making and Using C-Ring Stress-Corrosion Test Specimens*. Fungsi cincin C merupakan sebuah pegas dimana memberikan tegangan pada baut. Atau sebaliknya baut yang dikencangkan akan memberikan tegangan pada *C-ring* [5].

Dalam penelitian ini benda uji terlebih dahulu dilakukan proses pembebanan, untuk menentukan besarnya nilai beban yang akan diberikan pada benda kerja. Adapun besarnya beban yang diberikan pada benda uji adalah 20 kg, 40 kg, 60 kg dan 80 kg. Benda uji dilakukan penimbangan, hal ini dilakukan untuk membandingkan berat antara benda uji sebelum korosi dan sesudah korosi. Waktu yang digunakan dalam percobaan korosi dilakukan selama 1 bulan. Media korosi yang digunakan dalam pengujian ini adalah air laut. Proses pengujian menggunakan metode pencelupan dimana seluruh benda uji tercelup ke dalam media korosi.

Pada tahap ini, specimen yang sudah direndam di air laut akan dibersihkan untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang menempel dipermukaan specimen tersebut. Cairan yang digunakan untuk membersihkan specimen adalah HCl. Proses ini sama dengan pada saat penimbangan sebelum korosi, hanya benda ujinya sudah terkorosi. Benda uji dilakukan penimbangan untuk membandingkan berat antara benda uji sebelum korosi dan sesudah korosi.

Dalam hal ini, perhitungan laju korosi berdasarkan kehilangan berat, dengan menghitung selisih berat specimen sebelum dan sesudah dikorosikan [6]. Benda uji dilakukan pengujian kekerasan, hal ini dilakukan untuk membandingkan kekerasan benda uji yang satu dengan yang lainnya. Uji kekerasan bertujuan untuk menunjukkan adanya indikasi tegangan dalam yang terjadi pada konstruksi.

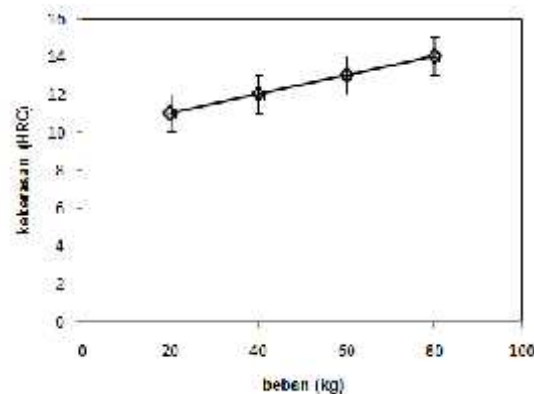
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kekerasan pada benda uji menggunakan alat uji kekerasan *Rockwell* dengan menggunakan pembebanan atau penggunaan beban 150 kg, dan penetrator yang digunakan adalah *Diamond Cone*. Kekerasan awal dari specimen 23 HRC. Kekerasan rata-rata tertinggi terjadi pada benda uji dengan beban 80 kg yaitu 14 HRC. Sedangkan untuk kekerasan terendah terdapat pada benda uji dengan beban 20 kg yaitu 11 HRC. Dilihat dari perbandingan kekerasan awal dengan kekerasan yang sudah mengalami pembebanan dan korosi, sangat jelas bahwa kekerasan specimen menurun [7].

Bahan yang mengalami pembebanan pada umumnya terjadi peningkatan tegangan dalam yang dikenal dengan *Strain Hardening*. Terjadinya *strain hardening* juga sangat dipengaruhi oleh seberapa besar beban luar yang dikenakan pada bahan tersebut. Beban khususnya beban tekan yang dikenakan pada bahan maka bahan akan mengalami reaksi terhadap beban tersebut dengan mengalami deformasi dalam hal ini mengalami regangan/*Strain*. Selama regangan masih dalam batas kemampuan bahan untuk menahan, maka energi dari luar tersebut yang berupa beban tekan, akan digunakan oleh bahan untuk mengalami peregangan. Akibatnya energi dalam bahan akan meningkat. Atau hal ini dikenal dengan terjadinya *Internal Stress*/tegangan dalam. Semakin besar tegangan dalam terjadi dapat menyebabkan kerusakan/perpatahan pada bahan, jika tegangan tersebut melebihi dari kemampuan dari kekuatan bahan itu sendiri.

Pengaruh pembebanan pada bahan dalam hal ini bahan diberikan tegangan dan pengukuran *internal stress* diukur dengan tingkat kekerasan bahan. Semakin besar tegangan yang diberikan maka semakin besar pula kekerasan yang terjadi pada bahan. Hal ini dibuktikan dengan pengujian kekerasan pada benda uji yang diberikan beban tekan yang bervariasi, dimana kekerasan meningkat.

Untuk mengetahui laju korosi dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berdasarkan kehilangan berat pada durasi waktu tertentu, memberikan hasil berupa grafik sebagai berikut.

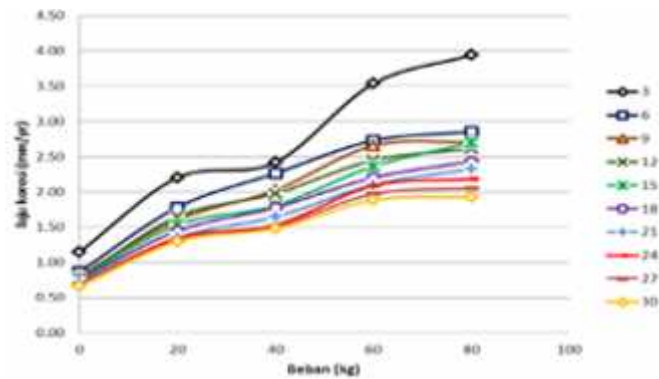


Gambar 1 Pengaruh Beban Terhadap Kekerasan pada *C-ring*

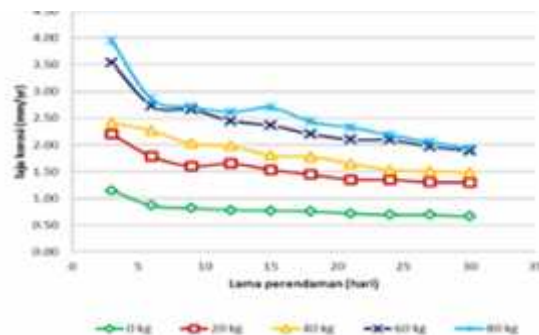
Pada benda uji yang dikorosi, didapatkan nilai laju korosi yang semakin tinggi seiring dengan semakin besar beban yang diberikan pada benda uji. Sehingga bagian yang paling banyak mengalami korosi adalah bagian punggung karena adanya tegangan dalam yang terjadi.

Untuk *C-ring* yang dikorosi dengan durasi 3 hari, laju korosi tertinggi terjadi pada pembebanan 80 kg yaitu  $3,938 \frac{\text{mm}}{\text{yr}}$  dan terendah pada beban 0 kg yaitu  $1,147 \frac{\text{mm}}{\text{yr}}$ . Untuk *C-ring* yang dikorosi dengan durasi 30 hari, laju korosi tertinggi terjadi pada pembebanan 80 kg yaitu  $1,929 \frac{\text{mm}}{\text{yr}}$  dan terendah pada beban 0 kg yaitu  $0,663 \frac{\text{mm}}{\text{yr}}$ .

Berdasarkan data penelitian yang dilakukan terhadap benda uji didapatkan hasil laju korosi yang berbeda-beda dari masing-masing benda uji. Lamanya perendaman yang diberikan pada benda uji memberikan pengaruh terhadap laju korosi. Pada hari ke 3 sampai hari ke 9, sangat jelas penurunan laju korosi yang terjadi sedangkan pada hari-hari berikutnya penurunan laju korosi sudah mulai stabil. Dengan demikian pada benda uji yang dikorosi didapatkan nilai laju korosi pada saat pergerakan laju korosi stabil, namun penelitian yang dilakukan hanya satu bulan jadi belum jelas kelihatan nilai laju korosi yang terjadi. Laju korosi terendah terjadi pada hari ke 30 sebesar  $0,663 \frac{\text{mm}}{\text{yr}}$  sedangkan laju korosi tertinggi terjadi pada hari ke 3 sebesar  $3,938 \frac{\text{mm}}{\text{yr}}$ .



Gambar 2 Pengaruh Tegangan Dalam Terhadap Laju Korosi pada C-ring



Gambar 3 Pengaruh Lama Perendaman Terhadap Laju Korosi pada C-ring

#### 4. SIMPULAN

Besarnya pembebanan yang dikenakan pada benda uji, nilai kekerasan yang terjadi bervariasi. Kekerasan awal dari specimen yang tidak diberikan beban, dan tidak terkorosi adalah 23 HRC. Kekerasan rata-rata tertinggi terjadi pada benda uji dengan beban 80 kg yaitu 14 HRC. Sedangkan untuk kekerasan terendah terdapat pada benda uji dengan beban 20 kg yaitu 11 HRC. Perbandingan kekerasan awal dengan kekerasan yang sudah mengalami pembebanan dan korosi, sangat jelas bahwa kekerasan specimen menurun. Untuk specimen yang mengalami pembebanan dan korosi, semakin besar beban yg diberikan maka semakin tinggi kekerasan yang terjadi

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Saudara Suhardi, selaku mahasiswa bimbingan tugas akhir kami dalam pengambilan data hasil penelitian.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Annual Book of ASTM Standards, A53, "Standard Specification for pipe, Steel, Black and Hot-Dipped, Zinc-Coated, welded and Seamless", American Society for Testing and Material, Philadelphia, PA (1990).
- [2]. Mamlu, MH, *Penelitian Sifat Fisis dan Mekanis pada Besi Beton yang Mendapat Beban Tekan dan Dikorosi*, Skripsi, Teknik Mesin, Teknologi Industri, Institut Sains dan Teknologi Akprind Yogyakarta, 2001.
- [3]. As'ad, M.A, *Hot Dipping Plat Baja pada Al Cair dengan Variasi Waktu terhadap Ketahanan Korosi Lapisan*, Skripsi, Teknik Mesin, Teknologi Industri, Institut Sains dan Teknologi Akprind Yogyakarta, 2007.
- [4]. Nugroho, RA, *Korosi pada Baja Paduan Cr (Bohler M300) yang Mengalami Proses Pemanasan*, Skripsi, Teknik Mesin, Teknologi Industri, Institut Sains dan Teknologi Akprind Yogyakarta, 2005.
- [5]. ASTM G38-01 (2007) *Standard Practice for Making and Using C-ring Stress – Corrosion Test Specimens* <http://www.imrtest.com>.
- [6]. Fontana, M.G., *Corrosion Engineering*, 3<sup>rd</sup> edition, McGraw-Hill Book Company, New York, 1986.