

ANALISA LAJU KOROSI PADA BAJA KARBON RINGAN (*MILD STEEL*) DENGAN PERLAKUAN *BENDING* PADA MEDIA PENGKOROSI LARUTAN ASAM

Lingga Bayu Permadi

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: linggapermadi@rocketmail.com

Aisyah Endah Palupi

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: aisyahp2000@yahoo.com

Abstrak

Penggunaan baja saat ini sudah menjadi hal yang umum terutama untuk konstruksi dan bahan bangunan. Dalam penggunaannya baja sangat rentan mengalami korosi. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Objek dalam penelitian ini menggunakan baja karbon ringan (*mild steel*) yang biasanya digunakan untuk tulangan beton. Jumlah spesimen yang diujikan dalam penelitian ini ada 18 spesimen yang akan mendapatkan perlakuan berbeda dalam proses pengerjaan yaitu berbeda variasi waktu dan konsentrasi HCl. Spesifikasi spesimen menggunakan baja karbon ringan dengan diameter 6 mm dan panjang 102 mm dan ditekuk (*bending*) tepat ditengah panjang dari spesimen tersebut. Untuk uji rendam skala laboratorium menggunakan ASTM G31-72. Untuk perendaman dalam larutan HCl konsentrasi 16% laju korosi terbesarnya adalah 22802,38 mpy. Sedangkan untuk perendaman dalam larutan HCl konsentrasi 32% laju korosi terbesarnya adalah 73595,09 mpy. Untuk perendaman dalam larutan HCl konsentrasi 16% dan 32 % laju korosi terbesarnya terjadi pada waktu perendaman selama 10 menit. Sedangkan untuk laju korosi terkecil sebesar 4589,80 mpy dan 41125,11 mpy terjadi pada waktu perendaman selama 30 menit. Untuk perendaman dalam larutan HCl konsentrasi 16% dan 32% laju korosi terbesar terjadi pada sudut *bending* 60°. Sudut *bending* sangat berpengaruh terhadap laju korosi pada sebuah spesimen, semakin kecil sudut *bending* maka laju korosinya akan semakin besar, ini dikarenakan pori-pori atau lapisan spesimen semakin terbuka dan itu memberikan pengaruh terhadap proses terjadinya korosi.

Kata kunci : korosi, baja karbon ringan, *bending*.

Abstract

The use of steel is now becoming a common thing , especially for the construction and building materials. In use the steel is very susceptible to corrosion. This study used an experimental method. Objects in this study using a mild carbon steel (*mild steel*) that is typically used for concrete reinforcement. The number of specimens tested in this study there were 18 specimens that will receive different treatment in the process is different and the time variation of the concentration of HCl. Specifications specimens using mild carbon steel with a diameter of 6 mm and length of 102 mm and bent (*bending*) right down the length of the specimen. To soak test laboratory scale using the ASTM G31 - 72. For immersion in a solution of 16 % HCl concentration is greatest corrosion rate 22802.38 mpy. As for immersion in a solution of 32 % HCl concentration is the greatest corrosion rate 73595.09 mpy. For immersion in a solution of HCl concentration of 16 % and 32 % occurred at the greatest corrosion rate for 10 min immersion time. As for the smallest corrosion rate of 4589.80 mpy and 41125.11 mpy occur at the time of immersion for 30 minutes. For immersion in a solution of HCl concentration of 16 % and 32 % occurred on the corrosion rate of the bending angle of 60°. Bending angle affects the corrosion rate in a specimen, the smaller the angle of bending the corrosion rate will increase, this is because the pores or coating specimen was more open and give effect to the corrosion process

Keywords : corrosion, mild steel, bending.

PENDAHULUAN

Baja merupakan logam yang sering banyak digunakan manusia selain logam-logam lain seperti tembaga, perak, emas dan sebagainya. Penggunaan baja saat ini sudah menjadi hal yang umum terutama untuk konstruksi dan bahan bangunan.

Baja karbon ringan adalah baja dengan kadar karbon kurang dari 0,25%. Dengan jumlah kadar karbon yang sedikit inilah baja ini disebut dengan baja karbon ringan. Baja ini sangat penting kaitannya dengan konstruksi bangunan, sebab sebagian besar konstruksi

bangunan menggunakan baja karbon ringan (*mild steel/low carbon steel*). Dalam penggunaannya di bidang konstruksi baja ini digunakan sebagai tulangan beton khususnya pada begel atau pengikatnya.

Penggunaannya sebagai tulangan beton khususnya pada begel baja karbon ringan ini sering mendapatkan perlakuan tekuk (*bending*). Jenis bending ada dua yaitu bending lurus dan bending radius. Tulangan beton umumnya menggunakan bending radius. Bending radius adalah bending yang hasil bendingnya berbentuk radius.

Mengacu pada pengamatan secara langsung sebgaiian besar pembuatan begel pada tulangan beton untuk kontruksi rumah menggunakan proses tekuk manual tanpa menggunakan mesin. Alat yang masih sederhana berupa balok kayu dan terdapat beberapa baja-baja pendek yang menonjol dengan ukuran yang disesuaikan diameter tulangan beton gunanya untuk menahan material saat proses *bending*.

Penggunaan baja karbon ringan sebagai tulangan beton saat ini juga tidak terlepas dari proses korosi yang timbul. Banyak pekerja atau tukang bangunan tidak mengetahui umur tulangan beton tersebut, akibatnya banyak bangunan yang rusak dan roboh akibat korosi.

Korosi adalah suatu peristiwa dimana reaksi terjadi diantara logam dengan lingkungannya. Reaksi tersebut dengan mudah terjadi karena tingkat keadaan yang sedemikian rupa ingin merubah keadaan dirinya ke bentuk lain. Hasil yang diperoleh dari reaksi adalah bentuk dan keadaan logam tersebut cocok dengan lingkungan korosif.

Lingkungan korosif adalah suatu lingkungan dimana terdapat banyak zat korosif yang dapat menyebabkan terjadinya korosi dan kondisi lingkungan fisik (air, tanah, udara) yang terkontaminasi oleh bahan pencemar melebihi batas-batas yang telah ditetapkan. Sumber pencemaran tersebut dapat berasal dari limbah kegiatan manusia dan dapat pula dari kondisi alam.

Penelitian sebelumnya mengenai analisa laju korosi pada tulangan beton yang dilakukan oleh Sulistyoweni W (2002), dengan merendam tulangan beton (St 37) selama 60 hari ke dalam air rawa tercemar dengan perlakuan digerakkan naik turun secara periodik dalam rendaman besarnya laju korosi adalah 37,59 mpy.

Penelitian yang dilakukan Atur Siregar (2006), mengenai laju korosi tulangan beton berdiameter 6, 8 dan 10 mm di rendam dalam larutan HCl 5 gr/mL. Pengujian laju korosi dilakukan mulai hari ke 7 sampai hari ke 90 dari umur perendaman benda uji. Laju korosi perendaman dilarutan HCl 5 gr/mL adalah $21.67 \times 10^3 \mu\text{m}/\text{thn}$, $7.81 \times 10^3 \mu\text{m}/\text{thn}$ dan $6.11 \times 10^3 \mu\text{m}/\text{thn}$.

Penelitian Bahalwan Rusdi (2002) tulangan baja yang diteliti adalah St.41 dan St.60. nilai laju korosinya adalah 7,176mpy (0,182mm/year).

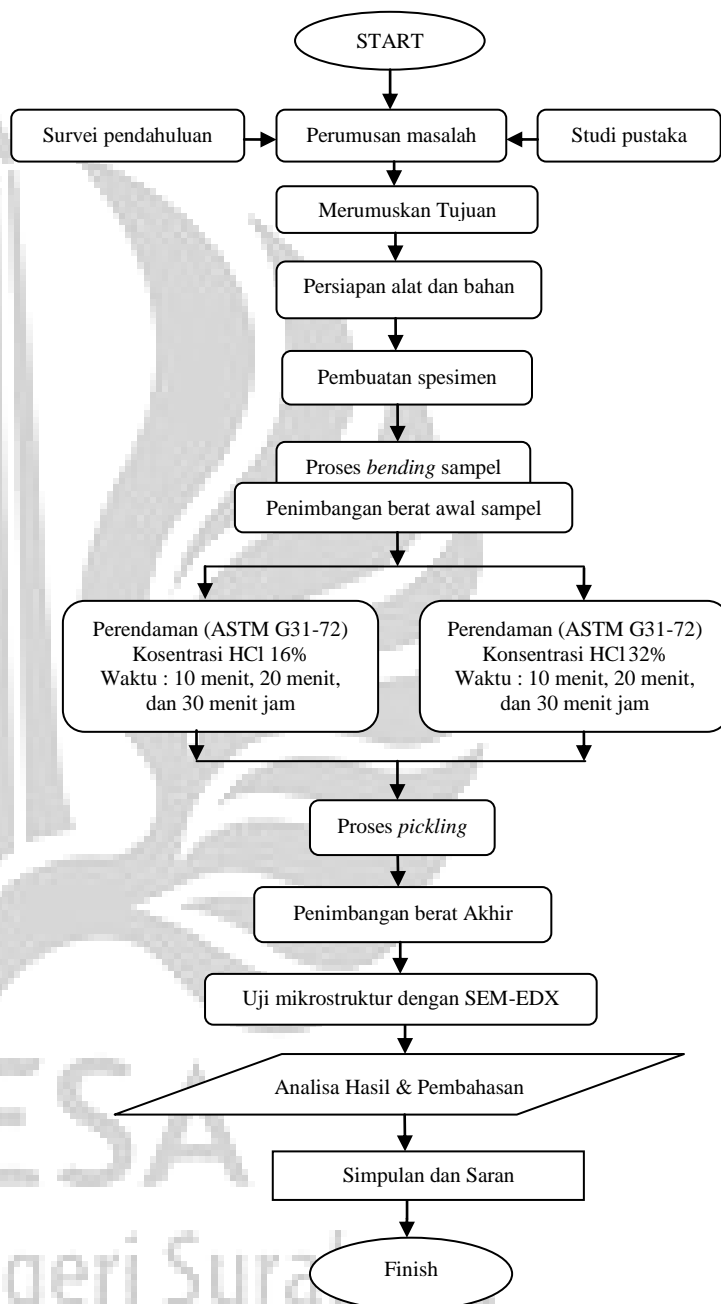
Berdasarkan uraian hasil penelitian diatas, maka perlu dilakukan penelitian mengenai analisa laju korosi pada baja karbon ringan dengan perlakuan *bending* pada media pengkorosi larutan asam.

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui Untuk mengetahui laju korosi baja karbon ringan yang diberi perlakuan bending, pengaruh waktu, dan pengaruh sudut *bending* pada media pengkorosi larutan HCl 16% dan 32%.

Manfaat dari penelitian ini adalah Memberikan sumbangan pemikiran mengenai laju korosi pada baja karbon ringan yang biasa digunakan untuk tulangan beton dengan perlakuan *bending* dengan media pengkorosi larutan asam yang diasumsikan sebagai lingkungan yang sangat korosif dan hasil penelitian yang diperoleh dapat digunakan sebagai bahan referensi untuk penelitian yang sejenis.

METODE PENELITIAN

Rancangan Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan di:

- Laboratorium Pelapisan Logam Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya: proses perendaman spesimen.
- Laboratorium Teknik Terpadu Universitas Negeri Surabaya: pembuatan spesimen
- Laboratorium MIPA Terpadu Universitas Negeri Surabaya : untuk foto SEM dan uji komposisi menggunakan EDX

Variabel Penelitian

- Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi sudut *bending* 60°, 90°, dan 120° serta konsentrasi HCl 16% dan 32%, waktu perendaman sampel 10 menit, 20 menit, dan 30 menit terhadap laju korosi baja karbon ringan.
- Variabel terikat dalam penelitian ini adalah laju korosi baja karbon ringan yang sudah dibending dan biasa dipergunakan untuk tulangan beton yang pada umumnya telah mendapatkan proses degradasi/korosi di lingkungan yang sangat korosif.
- Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah:
 - Volume media pengkorosi sama untuk setiap sampel yaitu 400 ml.
 - Variasi waktu uji rendam 10 menit, 20 menit, dan 30 menit
 - Material yang digunakan baja karbon ringan yang biasa digunakan untuk tulangan beton dengan diameter 6 mm
 - Media pengkorosi yaitu HCl 16% dan 32%.
 - Variasi sudut *bending* yaitu 60°, 90° dan 120°
 - Temperatur saat proses perendaman yaitu menggunakan suhu ruangan ($\pm 28^{\circ}\text{C}$).

Bahan, Peralatan, dan Instrumen Penelitian

• Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

- Baja Karbon Ringan yang biasa dipergunakan untuk tulangan beton dengan diameter 6 mm didapatkan di toko bangunan.
- Larutan HCl 16% dan 32%
- Aquades
- Aseton
- Natrium Karbonat
- Amplas
- Benang

• Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

- Alat *bending* manual beserta kelengkapannya
- Tang
- Gerinda
- Gergaji besi
- Bak / wadah perendaman spesimen.

• Instrumen

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- *Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive X-ray* (SEM-EDX)
- Penggaris
- Jangka Sorong
- *Stopwatch* / penanda waktu

- Pengukur sudut
- Gelas ukur
- Neraca digital

Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini diperoleh dengan cara melakukan percobaan terhadap objek yang akan diteliti dan mencatat data-data yang diperlukan. Data-data yang diperlukan adalah nilai laju korosi terhadap variasi waktu, sudut *bending*, dan konsentrasi larutan HCl.

Prosedur Penelitian

- Persiapan Penelitian
 - Persiapan Bahan
 - Persiapan Alat-alat
- Pengujian Komposisi

Uji komposisi ditujukan untuk mengetahui komposisi kimia yang terkandung dalam bahan yang digunakan. Proses pengujian komposisi ini dengan menggunakan EDX untuk mengetahui seberapa besar unsur pembentuk bahan, misalnya karbon, silikon, tembaga, Sulfur, dan unsur lainnya.
- Pembuatan Spesimen

Pembuatan spesimen dilakukan sebelum proses perendaman dimulai, langkah-langkahnya sebagai berikut:

 - a. Bahan dipotong-potong dengan ukuran panjang 102 mm, diameter 6 mm, lalu ditebuk tepat pada $\frac{1}{2}$ dari panjang total. Bahan yang sudah terbentuk tersebut dirapikan permukaannya dengan gerinda amplas sampai halus.
- Penimbangan berat awal

Setelah proses tekuk, dan sebelum spesimen direndam dalam larutan asam perlu dilakukan proses penimbangan berat awal spesimen
- Pembuatan larutan HCl 16%

Karena HCl yang tersedia dipasaran hanya dengan konsentrasi 32% sementara diperlukan variasi HCl dengan konsentrasi 16% maka dilakukan pembuatan larutan sendiri, yaitu menghitung dengan rumus:

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2 \quad (1)$$

- Proses perendaman

Berdasarkan ASTM G31-72, untuk uji rendam skala laboratorium, volume larutan minimal untuk pengujian adalah: (0,2 sampai 0,4) x (luas permukaan spesimen). Jika dalam penelitian ini diambil batas atasnya 0,2 dari permukaan sampel
- Penimbangan berat akhir

Setelah selesai proses perendaman dilakukan proses *pickling*, dan setelah itu penimbangan berat akhir.

Teknik Analisis Data

Setelah data diperoleh selanjutnya adalah menganalisa data dengan cara mengolah data yang sudah terkumpul. Data dari hasil pengujian dimasukkan sehingga diperoleh data yang bersifat deskriptif kuantitatif, untuk menerjemahkan dalam bentuk

deskripsi, hasil penelitian ditafsirkan dengan metode kualitatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Laju Korosi

Secara terperinci nilai perubahan berat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1 Data perubahan berat

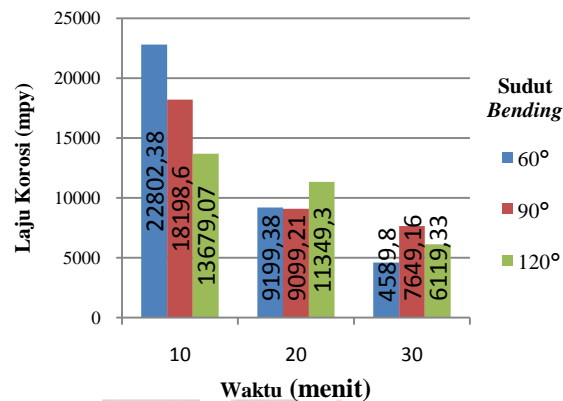
| Sampel | HCl (%) | Sudut bending | Waktu (menit) | W ₁ (gram) | W ₂ (gram) | Δ W |
|--------|---------|---------------|---------------|-----------------------|-----------------------|------|
| 1 | 16% | 60° | 10 | 21,18 | 21,08 | 0,10 |
| 2 | | | 20 | 21,01 | 20,93 | 0,08 |
| 3 | | | 30 | 21,04 | 20,98 | 0,06 |
| 4 | | 90° | 10 | 21,22 | 21,14 | 0,08 |
| 5 | | | 20 | 21,22 | 21,14 | 0,08 |
| 6 | | | 30 | 21,04 | 20,94 | 0,10 |
| 7 | | 120° | 10 | 21,20 | 21,14 | 0,06 |
| 8 | | | 20 | 21,28 | 21,18 | 0,10 |
| 9 | | | 30 | 21,04 | 20,96 | 0,08 |
| 10 | 32% | 60° | 10 | 21,02 | 20,70 | 0,32 |
| 11 | | | 20 | 21,20 | 20,68 | 0,52 |
| 12 | | | 30 | 21,10 | 20,40 | 0,70 |
| 13 | | 90° | 10 | 21,08 | 20,80 | 0,28 |
| 14 | | | 20 | 21,10 | 20,56 | 0,54 |
| 15 | | | 30 | 21,08 | 20,52 | 0,56 |
| 16 | | 120° | 10 | 21,00 | 20,76 | 0,24 |
| 17 | | | 20 | 21,04 | 20,60 | 0,44 |
| 18 | | | 30 | 21,14 | 20,60 | 0,54 |

Berdasarkan hasil uji korosi dan penghitungan laju korosi yang dilakukan pada spesimen yang direndam dalam larutan HCl konsentrasi 16% dan 32% didapatkan data laju korosi sebagai berikut.

Tabel 2 Densitas dan Laju Korosi

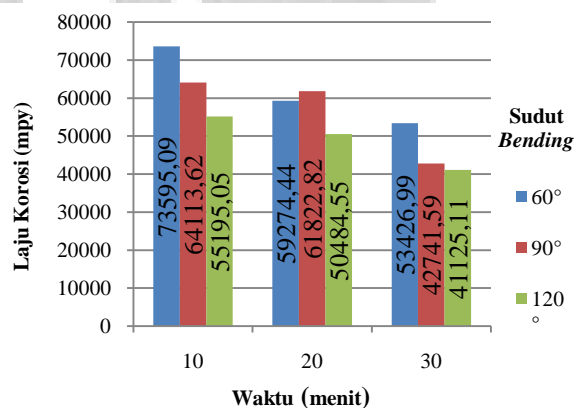
| Waktu | | Konsentrasi HCl | | | | | |
|----------|----------------------------------|-----------------|----------|----------|---------------|----------|----------|
| | | 16% | | | 32% | | |
| | | Sudut bending | | | Sudut bending | | |
| | | 60° | 90° | 120° | 60° | 90° | 120° |
| 10 menit | Densitas (gram/cm ³) | 4,59 | 4,60 | 4,59 | 4,55 | 4,57 | 4,55 |
| | Laju korosi (mpy) | 22802,38 | 18198,60 | 13679,07 | 73595,09 | 64113,62 | 55195,05 |
| 20 menit | Densitas (gram/cm ³) | 4,55 | 4,60 | 4,61 | 4,59 | 4,57 | 4,56 |
| | Laju korosi (mpy) | 9199,38 | 9099,21 | 11349,30 | 59274,44 | 61822,82 | 50484,55 |
| 30 menit | Densitas (gram/cm ³) | 4,56 | 4,56 | 4,56 | 4,57 | 4,57 | 4,58 |
| | Laju korosi (mpy) | 4589,80 | 7649,16 | 6119,33 | 53426,99 | 42741,59 | 41125,11 |

Untuk lebih jelasnya disajikan dalam bentuk grafik hasil laju korosi pada saat uji rendam menggunakan HCl dengan konsentrasi 16% dan 32%. Dari grafik diketahui laju korosi terbesar pada saat uji rendam dengan variasi waktu 10 menit, 20 menit, dan 30 menit dan dengan sudut bending 60°, 90°, dan 120°.



Gambar 2. Diagram Uji Rendam Dengan Konsentrasi HCl 16%

Berdasarkan gambar diagram laju korosi spesimen saat uji rendam dengan HCl konsentrasi 16% terlihat jelas laju korosi terbesar terjadi pada waktu 10 menit perendaman, dan terjadi pada spesimen dengan sudut bending 60° besarnya laju korosi adalah 22802,38 mpy. Untuk waktu 20 menit, laju korosi terbesar terjadi pada sudut bending 120° dengan laju korosinya sebesar 11349,30 mpy. Sedangkan untuk waktu 30 menit laju korosi terbesarnya adalah 6119,33 mpy terjadi pada spesimen dengan sudut bending 90°.



Gambar 3. Diagram Uji Rendam Dengan Konsentrasi HCl 32%

Berdasarkan gambar diagram dapat diamati laju korosi spesimen saat uji rendam dengan HCl konsentrasi 32% terlihat jelas laju korosi terbesar terjadi pada waktu 10 menit perendaman, dan terjadi pada spesimen dengan sudut bending sebesar 60° dengan besar laju korosinya adalah 73595,09 mpy. Untuk waktu perendaman selama 20 menit laju korosi terbesar terjadi pada sudut bending 90° memiliki laju korosi sebesar 61822,82 mpy. Sedangkan untuk waktu 30 menit perendaman laju korosi terbesarnya adalah 53426,99 mpy terjadi pada spesimen dengan sudut bending 60°.

Pengaruh Waktu

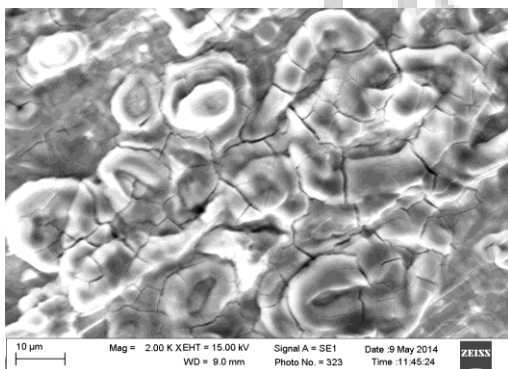
Berdasarkan data dan diagram menjelaskan ternyata laju korosi terbesar terjadi pada 10 menit waktu

perendaman. Untuk perendaman dalam larutan HCl konsentrasi 16% laju korosi terbesarnya adalah 22802,38 mpy dan waktu perendaman selama 10 menit. Sedangkan untuk laju korosi terkecil sebesar 4589,80 mpy dengan waktu perendaman selama 30 menit. Untuk perendaman dalam larutan HCl konsentrasi 32% laju korosi terbesarnya adalah 73595,09 mpy juga terjadi pada waktu perendaman selama 10 menit. Sedangkan untuk laju korosi terkecil sebesar 41125,11 mpy dialami oleh spesimen dengan waktu perendaman selama 30 menit. Berdasarkan data dan gambar diagram semakin lama perendaman laju korosi akan semakin menurun dan laju korosi terbesar terjadi diawal proses perendaman, yaitu pada 10 menit pertama pada variasi waktu perendaman.

Pengaruh sudut *bending*

Berdasarkan data dan diagram menjelaskan ternyata laju korosi terbesar terjadi pada sudut *bending* 60°. Untuk perendaman dalam larutan HCl konsentrasi 16% laju korosi terbesarnya adalah 22802,38 mpy dan terjadi pada sudut *bending* 60°. Sedangkan untuk perendaman dalam larutan HCl konsentrasi 32% laju korosi terbesarnya adalah 73595,09 mpy juga terjadi pada sudut *bending* 60°. Sudut *bending* sangat berpengaruh terhadap laju korosi pada sebuah spesimen, semakin kecil sudut *bending* maka laju korosinya akan semakin besar, ini dikarenakan pori-pori atau lapisan spesimen semakin terbuka dan itu memberikan pengaruh terhadap proses terjadinya korosi.

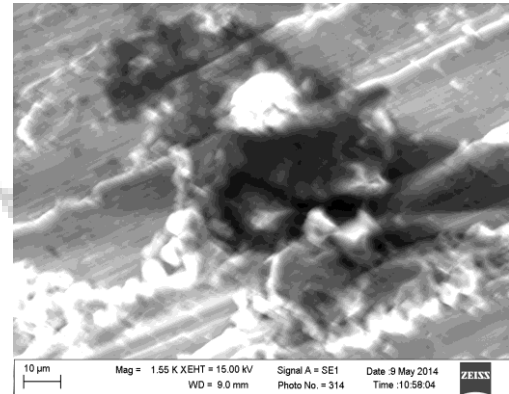
Gambaran mengenai bentuk korosi dan jenis korosi pada spesimen akan diperlihatkan lewat *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk memperjelas. Berikut ini adalah gambar spesimen yang telah melalui perendaman HCl konsentrasi 16% diamati menggunakan SEM.



Gambar 4. Foto SEM Spesimen Uji Rendam Dalam HCl 16% Dengan Perbesaran 2000X

Setelah dilakukan perbesaran 2000x seperti ditunjukkan pada gambar 4 terlihat permukaan spesimen mengalami retak-retak akibat korosi. Terjadi rengkahan-rengkahan antar partikel dan akibatnya pori-pori semakin

melebar dan mudah diterobos oleh atom-atom pengkorosif, jika ini dibiarkan terus menerus spesimen akan terjadi pengeroposan dan mungkin akan hancur karena proses korosi. Jenis korosi ini adalah korosi regangan.



Gambar 5 Foto SEM Spesimen Uji Rendam Dalam HCl 32% Dengan Perbesaran 1550X

Gambar 5 menunjukkan permukaan spesimen seperti mengalami pengeroposan akibat korosi diperlihatkan dengan gambar hitam yang membentuk seperti cekungan atau lubang setelah diamati menggunakan SEM dengan perbesaran sebesar 1550x.

Berdasarkan gambar spesimen yang diamati menggunakan SEM terlihat jelas telah terjadi kerusakan akibat korosi. Jenis korosi yang terlihat setelah diamati menggunakan SEM adalah korosi seragam, korosi sumuran, korosi celah dan korosi regangan. Spesimen yang telah mengalami perendaman dalam larutan HCl telah mengalami perubahan bentuk dan berat akibat proses korosi.

Jadi bisa disimpulkan dalam penelitian ini, untuk laju korosi terbesar terjadi pada perendaman dengan variasi waktu yang pertama yaitu 10 menit dan pada sudut *bending* terkecil yaitu 60°.

PENUTUP

Simpulan

Penelitian tentang analisa laju korosi pada baja karbon ringan dengan perlakuan *bending* pada media pengkorosi larutan asam, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

- Untuk larutan HCl konsentrasi 16% dan 32%, hasil laju korosi terbesar terjadi pada sudut *bending* yang sama yaitu 60° dan terjadi pada 10 menit waktu perendaman. Untuk perendaman dalam larutan HCl konsentrasi 16% laju korosi terbesarnya adalah 22802,38 mpy terjadi pada spesimen dengan sudut *bending* 60° dan waktu perendaman 10 menit. Sedangkan untuk perendaman dalam larutan HCl konsentrasi 32% laju korosi terbesarnya adalah 73595,09 mpy juga terjadi pada spesimen dengan sudut *bending* 60° dan waktu perendaman selama 10 menit.

- Berdasarkan data dan diagram dijelaskan laju korosi terbesar terjadi pada 10 menit waktu perendaman. Untuk perendaman dalam larutan HCl konsentrasi 16% laju korosi terbesarnya adalah 22802,38 mpy dan waktu perendaman selama 10 menit. Sedangkan untuk laju korosi terkecil sebesar 4589,80 mpy dengan waktu perendaman selama 30 menit. Untuk perendaman dalam larutan HCl konsentrasi 32% laju korosi terbesarnya adalah 73595,09 mpy juga terjadi pada waktu perendaman selama 10 menit. Sedangkan untuk laju korosi terkecil sebesar 41125,11 mpy dialami oleh spesimen dengan waktu perendaman selama 30 menit. Semakin lama perendaman laju korosi akan semakin menurun dan laju korosi terbesar terjadi diawal proses perendaman, yaitu pada 10 menit pertama pada variasi waktu perendaman.
- Berdasarkan data dan diagram dijelaskan laju korosi terbesar terjadi pada sudut *bending* 60°. Untuk perendaman dalam larutan HCl konsentrasi 16% laju korosi terbesarnya adalah 22802,38 mpy dan terjadi pada sudut *bending* 60°. Sedangkan untuk perendaman dalam larutan HCl konsentrasi 32% laju korosi terbesarnya adalah 73595,09 mpy juga terjadi pada sudut *bending* 60°. Sudut *bending* sangat berpengaruh terhadap laju korosi pada sebuah spesimen, semakin kecil sudut *bending* maka laju korosinya akan semakin besar, ini dikarenakan pori-pori atau lapisan spesimen semakin terbuka dan itu memberikan pengaruh terhadap proses terjadinya korosi.

Saran

Saran yang peneliti sampaikan adalah sebagai berikut:

- Untuk penelitian selanjutnya variasi waktu, sudut *bending* dan media pengkorosi menggunakan variasi yang baru.
- Untuk larutan asam dengan konsentrasi tinggi, maka waktu proses uji rendam perlu diperhatikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Armanto, H dan Daryanto, Drs. (1999). *Ilmu Bahan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Armanto, Hari, Drs. (2006). *Pengetahuan Bahan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- ASTM Internasional. (2004). *ASTM G31-72 : Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals*. United State
<http://coe.its.ac.id/index.php/facilities/7-sem-edx>.
 Diakses pada 23 Maret 2014
- <http://id.wikipedia.org/wiki/Korosi>.
 Diakses tanggal 23 Maret 2014.

- <http://journal.ui.ac.id/index.php/technology/article/viewFile/89/85>. Literatur.pdf. Sulistyoweni W.
 Diakses pada 14 Februari 2014
- <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/SMARTEK/article/viewFile/385/322>. Literatur.pdf. Atur Siregar.
 Diakses pada 14 Februari 2014
- http://repository.akprind.ac.id/sites/files/conference-proceedings/2012/basuki_14387.pdf
- <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/131808677/efek%20kadar%20larutan%20hcl.pdf>.
 Diakses pada 14 Februari 2014
- <http://www.sridianti.com/sifat-asam-klorida-fungsi-manfaat.html>.
 Diakses pada 23 Maret 2014
- Hydrochloric Acid. Chemicals Economics Handbook. SRI International. 2001. hlm. p. 733.4000A–733.3003F.
- Lide, David (1980–1981). *CRC Handbook of Chemistry and Physics* (ed. 61st). CRC Press.
- lontar.ui.ac.id/file?file=pdf/abstrak-20239247.pdf
 literatur.pdf. Bahalwan Rusdi.
 Diakses pada 14 Februari 2014
- M.G. Fontana, (1986), *Corrosion Engineering*, New York, McGraw, Hill.
- NACE International. (2005). *NACE Standard RP0775-2005 Item No. 21017 Standard Recommended Practice Preparation, Installation, Analysis, And Interpretation Corrosion Coupons In Oilfield Operations*. Texas
- Smallman, R.E. dan Bishop R.J. (2000). *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*. Edisi VI. Jakarta: Erlangga.
- Sugiyono. (2011). *Statistika untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Supadi,dkk. (2010). *Panduan Penulisan Skripsi Program S₁*. Surabaya: Jurusan Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.
- Thomas, M. J. K. (2000), *Vogel's Quantitative Chemical Analysis* (ed. 6th), New York: Prentice Hall, ISBN 0-582-22628-7
- Trethewey, K.R. dan J. Chamberlain. (1991). *Korosi untuk Mahasiswa dan Rekayasawan*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Van Dorst, W.C.A.; et al. (2004). *Technical product brochure Hydrochloric Acid* (ed. public document). Amersfoort: Akzo Nobel Base Chemicals