

ANALISIS RETAKAN KOROSI TEGANGAN PADA ALUMINIUM DENGAN VARIASI PEMBEBANAN DALAM MEDIA KOROSI HCL 1M

*Dewi Handayani¹, Athanasius Priharyoto Bayuseno²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: dew.handayani@yahoo.com

Abstrak

Stress corrosion cracking [SCC] merupakan kegagalan logam korosi hasil peretakan intergranular atau transgranular dibawah pengaruh antara tegangan tarik dan lingkungan korosif. Bentuk korosi ini lazim sekali dijumpai di lingkungan industri seperti : industri perkapalan, perminyakan, dan industri – industri konstruksi logam. Dalam tugas akhir ini dimaksudkan untuk memahami fenomena Stress Corrosion Cracking secara teoritis dalam aluminium dengan mengkaji pengaruh variasi pembebanan didalam media korosi terhadap pertambahan panjang, lamanya waktu patah dan jenis retak. Pada penelitian ini pengujian menggunakan alat uji Stress Corrosion Cracking, untuk menciptakan suatu kondisi spesimen agar mendapatkan tegangan tarik pada lingkungan yang korosif. Tegangan yang diberikan berupa tegangan tarik yang berasal dari pembebanan statik pada sistem pengungkit. Kondisi korosif dapat dihasilkan dari bak yang diisi dengan larutan HCl. Analisa metalografi dimaksudkan untuk mengamati struktur mikro spesimen uji dan bentuk retak yang terjadi pada spesimen uji setelah dilakukan proses pengujian.

Kata Kunci: *Stress Corrosion Cracking, aluminium, tegangan tarik*

Abstract

Stress corrosion cracking [SCC] is failure of metal corrosion as the result of intergranular or transgranular cracking under influence of tensile stress and the corrosive environment. This form of corrosion is commonly found in industrial environments such as: shipping industry, petroleum, and industrial - metal construction industry. This final project is intended to understand the phenomenon of stress corrosion cracking in aluminum by examining the effect of variations in the tensile loading in corrosive media on the increase of length, length of failure time and type of fracture cracks that occur in the specimen. In this investigation, the experimental testing used tools of stress corrosion cracking, to create a condition of the specimen in order to get the tensile stress on the corrosive environment. The tensile stress was generated from the static loading of lever system. Corrosive conditions can be generated from a container filled with HCl. Metallographic analysis was intended to observe the microstructure of the test specimen and the form of cracks that occur in the specimens after testing process.

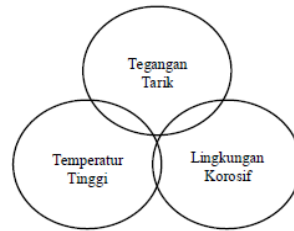
Keywords: *Stress Corrosion Cracking, aluminum, tensile stress.*

1. Pendahuluan

Logam banyak digunakan dalam praktek sehari-hari mulai dari peralatan rumah tangga, konstruksi, kerangka mobil, hingga alat-alat kesehatan yang digunakan manusia. Namun logam juga mengalami degradasi kualitas dalam penggunaannya akibat korosi. Serangan korosi umumnya berbeda-beda dan dalam kasus tertentu sangat berbahaya. Dalam perencanaan suatu konstruksi, perancang sering melupakan aspek-aspek korosi retak tegangan sehingga hasil dari perancangan tidak dapat berfungsi dalam jangka waktu lama. [1]

Bentuk korosi sendiri ada bermacam-macam antara lain : korosi logam tak sejenis, korosi selektif, korosi celah, korosi sumuran, korosi mikrobiologis, korosi retak tegang dan lain-lain. Peretakan korosi tegangan (*stress corrosion cracking*) merupakan kasus yang diberikan untuk peretakan intergranular atau transgranular pada logam akibat gabungan antara tegangan tarik dan lingkungan khusus yang bersifat korosif. [2]

Korosi Retak Tegang (*Stress Corrosion Cracking*) merupakan kegagalan logam akibat kegiatan gabungan antara tegangan tarik statik dengan lingkungan korosif. Bentuk korosi ini sangat lazim dijumpai lingkungan industri. SCC terjadi karena adanya tiga kondisi yang saling berkaitan, yaitu adanya tegangan tarik, lingkungan yang korosif, (Gambar 1). [3]



Gambar 1. Keterkaitan Tiga Kondisi yang Menyebabkan *Stress Corrosion Cracking*

Tujuan dari kegiatan penelitian tentang korosi retak tegangan adalah mendapatkan data nilai kekerasan, struktur mikro, nilai laju korosi, dan menganalisis pengaruh variasi pembebanan terhadap *Stress Corrosion Cracking* pada Al.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Pengujian

Prinsip pengujian *Stress Corrosion Cracking* pada material aluminium adalah untuk menciptakan perlakuan khusus pada spesimen uji untuk menerima tegangan tertentu pada lingkungan yang bersifat korosif.

Langkah-langkah pengujian yang dilakukan secara umum adalah sebagai berikut:

- Memasang spesimen uji pada pengait dan melakukan setting dengan panskrup untuk selanjutnya melakukan pembebanan.
- Melapisi pengait bagian atas maupun bawah dengan lem supaya tidak rusak karena zat korosif.
- Menuangkan media korosi pada bak penampung sampai pada batas atas, agar spesimen uji tercelup semua.
- Memasang beban yang telah ditentukan yaitu 15 kg, 20 kg, dan 25 kg untuk menghasilkan nilai tegangan. Dalam tabel 2 dijelaskan konversi beban ke tegangan untuk berbagai nilai beban.
- Mengukur pertambahan panjang spesimen uji dengan jangka sorong pada waktu yang telah ditentukan, yaitu 6 jam sekali. Teknik pengukurannya yaitu dengan memberikan garis pada bagian terluar *gauge length*, garis tersebut digunakan sebagai titik acuan pengukuran.
- Mengulangi langkah ke empat sebanyak 3 kali untuk setiap kali pengujian.

2.2 Pengujian Komposisi Kimia Pada Benda Uji

Pengujian komposisi ini dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia yang terkandung didalam aluminium. Yang selanjutnya akan kami gunakan data tersebut untuk menganalisis beberapa faktor terjadinya fenomena yang terdapat di dalam proses terjadinya *Stress Corrosion Cracking*. Uji komposisi ini dilakukan di Laboratorium Logam Ceper Politeknik Manufaktur Ceper Klaten.

2.3 Metalografi

Metalografi bertujuan untuk mengetahui bentuk struktur mikro dan mengamati jenis retak yang terjadi pada spesimen benda uji. Metalografi dilakukan pada pembesaran 100 X, 200 X, dan 500 X.

2.4 Pengujian Kekerasan

Material uji yang telah di mikrografi selanjutnya digunakan untuk pengujian kekerasan, pada saat diuji material uji di polis kembali setelah itu di etsa. Pengujian kekerasan menggunakan metode *Mikro Hardness Vickers*, pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Program Diploma Teknik Mesin Universitas Gajah Mada.

3. Data dan Analisa Hasil Pengujian

3.1 Karakteristik Benda Uji

Dalam penelitian *Stress Corrosion Cracking* ini bahan yang digunakan sebagai material uji adalah aluminium. Material ini dipilih karena banyak diaplikasikan baik di lingkungan industri maupun konstruksi dan dianggap material yang ringan dan tahan terhadap serangan korosi. Aluminium dapat dipakai untuk alat rumah tangga seperti panci, wajan dan lain-lain, dalam bentuk aluminium foil digunakan sebagai pembungkus (makanan, obat, dan rokok), daya hantar listrik dua kali lebih besar dari Cu maka Al digunakan sebagai kabel tiang listrik, dan paduan Al dengan logam lainnya menghasilkan logam yang kuat seperti *Duralium* (campuran Al, Cu, mg) untuk pembuatan badan pesawat.

Komposisi kimia dari benda uji disajikan pada tabel 1. Data didalam tabel tersebut memperlihatkan bahwa benda uji merupakan aluminium murni dengan kandungan 98,97%. Selain itu beberapa unsur seperti Si, Fe, dan Cu dalam kadar dibawah 1%. Aluminium ini umumnya banyak dipakai sebagai komponen bahan konstruksi dengan kode 1030 sesuai dengan standar ASTM.

Tabel 1. komposisi kimia benda uji

Unsur	%
Al	98,97
Si	0,454
Fe	0,117
Cu	<0,0500
Mn	<0,0200
Mg	0,0879
Cr	0,0936
Ni	<0,0200
Zn	<0,0733
Sn	<0,0500
Ti	<0,0100
Pb	<0,0300
Be	<0,0001
Ca	0,0153
Sr	<0,0005
V	<0,0100
Zr	<0,0030

3.2 Pengujian Benda Uji Tanpa Media Korosi

Hasil pengujian benda uji tanpa media korosi menunjukkan bahwa benda uji mengalami perpatahan pada beban 50 kg yaitu setara dengan tegangan senilai 110,01 MPa. Pada pengujian tanpa media korosi benda uji mengalami pertambahan panjang sebesar 1,8 mm, sementara tegangan maksimum hasil pengujian tarik memberikan tegangan maksimum sebesar 114,1827 MPa [Tabel 2]. Dari data tersebut material benda uji akan patah disebabkan karena beban tarik uniaxial.

Tabel 2. Nilai pengujian kuat tarik pada benda uji tanpa pengujian.

No	Dimensi benda uji		Lo (mm)	ΔL (mm)	Perpanjangan (%)	F luluh (kN)	σ luluh (Mpa)	σ max (Mpa)
	Lebar	Tebal						
1	13	1,8	25,8	1,8	6,98	2,050	98,5577	114,1827

3.3 Pengujian Material dengan Media Korosi

Data pertambahan panjang hasil pengujian alat uji *Stress Corrosion Craking* dengan spesimen *aluminium* dengan variasi tegangan dan media korosi adalah sebagai berikut:

- a. Aluminium dengan tegangan 36,64 Mpa

Data waktu dan pertambahan panjang pada media korosi HCL 1M dengan Tegangan 36,64 Mpa (Tabel 3).

Tabel 3. Data pada tegangan 36,64 Mpa

HCL 1M		
Tegangan (Mpa)	Waktu (jam)	Pertambahan panjang (mm)
36,64	6	0
36,64	18	0
36,64	24	0,05
36,64	30	0,15
36,64	36	0,20
36,64	42	0,30
36,64	48	0,30
36,64	60	0,40
36,64	54	0,35
36,64	66	0,40
36,64	72	0,45
36,64	78	0,50
36,64	84	0,50
36,64	90	0,65
36,64	96	0,70

36,64	102	0,85
36,64	108	0,90 (PATAH)

b. Aluminium dengan tegangan 47,12 Mpa

Data waktu dan pertambahan panjang pada Media korosi HCL 1M dengan Tegangan 47,12 Mpa (Tabel 4).

Tabel 4. Data pada tegangan 47,12 Mpa

HCL 1M		
Tegangan (Mpa)	Waktu (jam)	Pertambahan panjang (mm)
47,12	6	0
47,12	12	0,10
47,12	18	0,20
47,12	24	0,35
47,12	30	0,45
47,12	36	0,50
47,12	42	0,65
47,12	48	0,70
47,12	54	0,75
47,12	60	0,80 (PATAH)

c. Aluminium dengan tegangan 57,60 Mpa

Data waktu dan pertambahan panjang pada Media korosi HCL 1M dengan Tegangan 57,60 Mpa (Tabel 5).

Tabel 5. Data pada tegangan 57,60 Mpa

HCL 1M		
Tegangan (Mpa)	Waktu (jam)	Pertambahan panjang (mm)
57,60	6	0,2
57,60	12	0,4
57,60	18	0,7 (PATAH)

3.4 Pengujian kekerasan aluminium dengan perlakuan korosi

Untuk mengetahui tingkat kekerasan dari benda uji, maka dilakukan pengujian kekerasan pada beberapa titik dari benda uji aluminium dengan pembebanan 15 kg, 20 kg, dan 25 kg yang dilakukan menggunakan metode uji mikro vickers, yang dilakukan secara memanjang dari sisi kiri ke sisi tangan dari benda uji, dengan jumlah jejak adalah 3 jejak, jarak antar jejak adalah 0,1 mm atau 100 μ m (Tabel 6). Hasil pengujian kekerasan mikro vickers pada benda uji Al dengan variasi pembebanan disajikan pada gambar 3.

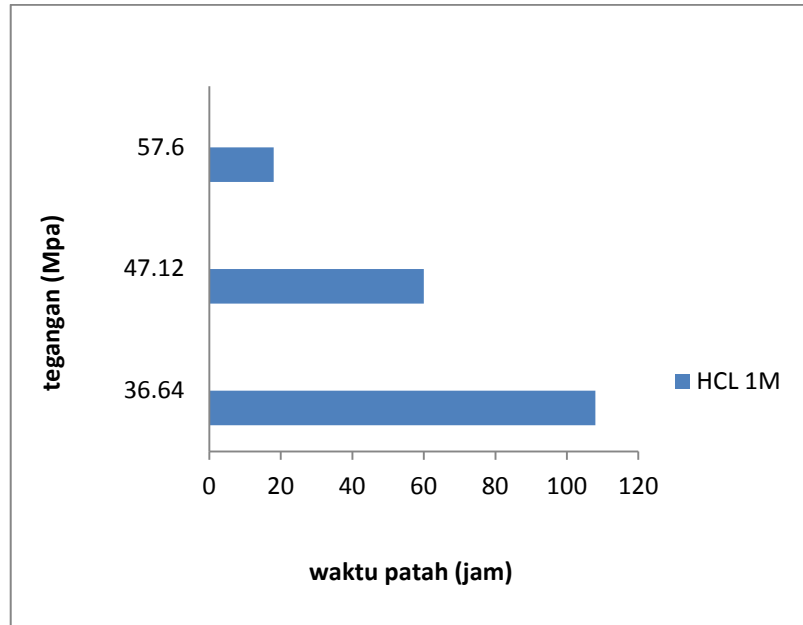
Tabel 6. Nilai kekerasan mikro vickers benda uji pada berbagai pembebanan.

No	Benda uji	Kekersan (VHN)
1	15 kg	40,2
2		39,0
3		37,1
4	20 kg	37,1
5		36,4
6		35,6
7	25 kg	33,3
8		35,0
9		34,3

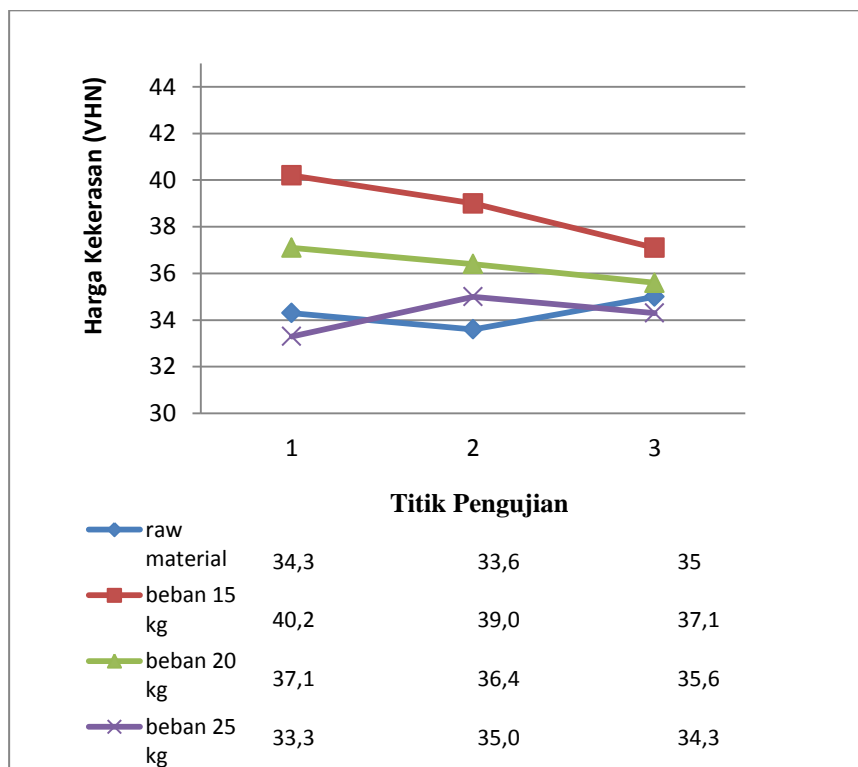
4. Grafik Data Hasil Pengujian

4.1 Grafik benda uji aluminium dengan variasi tegangan

Grafik data hasil pengujian *Stress Corrosion Cracking* untuk benda uji aluminium dengan variasi tegangan (Gambar 2).



Gambar 2. Grafik variasi tegangan terhadap waktu patah benda uji.



Gambar 3. Grafik pengujian kekerasan mikro *vickers* untuk bahan uji aluminium dengan variasi pembebanan mempengaruhi terjadinya korosi, semakin asam akan semakin cepat terjadi korosi.

Berdasarkan grafik dapat dijelaskan tentang pengaruh tegangan terhadap ketahanan *Stress Corrosion Cracking* Aluminium adalah :

- Semakin besar tegangan yang diberikan pada benda uji maka pertambahan panjang yang terjadi semakin besar untuk interval waktu dan jenis media korosi yang sama. Sebagai contoh bahwa dengan tegangan 47,12 Mpa dan pada media korosi 1M HCL pada interval waktu 18 jam hanya mengalami pertambahan panjang 0,2 mm sedangkan untuk beban 57,60 Mpa sudah mengalami pertambahan panjang 0,7 mm.
- Ditinjau dari ketahanan terjadinya patah yaitu semakin besar beban benda uji yang diberikan tegangan 57,60 Mpa telah mengalami patah pada waktu 18 jam sedangkan pada benda uji yang diberikan tegangan 47,12 Mpa belum

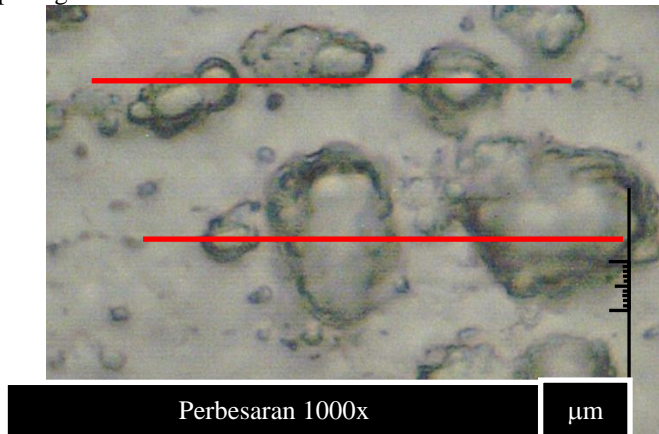
mengalami perpatahan. Hal tersebut dikarenakan semakin besar tegangan tarik maka semakin besar juga tegangan gesernya sehingga akan mengakibatkan retak akan lebih cepat terjadi.

- c. Dari hasil pengujian kekerasan didapatkan nilai kekerasan rata-rata benda uji tanpa perlakuan sebesar 34,3 VHN dan hasil pengujian benda uji yang mengalami pembebanan 15 kg sebesar 38,76 VHN, pembebanan 20 kg sebesar 36,36 VHN, dan pembebanan 25 kg sebesar 34,2 VHN. Maka dapat disimpulkan nilai kekerasan yang paling tinggi adalah benda uji yang mengalami pembebanan 15 kg di banding 20 kg dan 25 kg.

4.2 Metalografi

1. Metalografi pada spesimen sebelum pengujian *Stress Corrosion Cracking*

Gambar di bawah ini merupakan hasil mikrografi yang dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran 1 strip yang nilainya sama dengan 10 mikron. Mikrografi spesimen ini dilakukan sebelum pengujian, seperti yang diperlihatkan pada gambar 4.



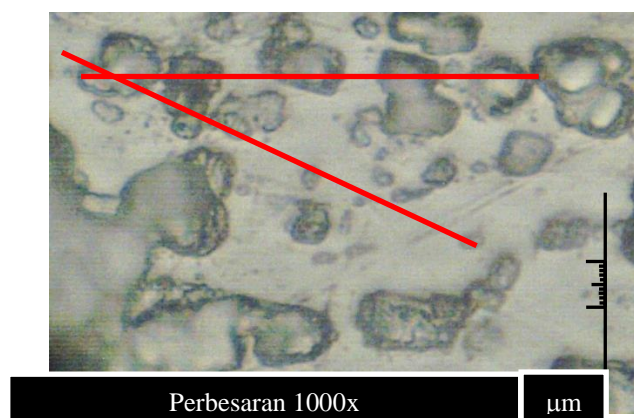
Gambar 4. Bentuk struktur mikro benda uji sebelum pengujian

➤ Perhitungan grain size material pada benda uji sebelum pengujian

Nomor garis	Jumlah <i>grain intersected</i>	Rata-rata <i>grain intersected</i>
1	2	2,5
2	3	

$$\begin{aligned} \text{Line length intersected rata-rata} &= \frac{100 \text{ mm}}{2,5} = 40 \text{ mm} \\ \text{Diameter butir rata-rata} &= \frac{40}{1000} \\ &= 0,04 \text{ mm} = 40 \text{ } \mu\text{m} \end{aligned}$$

2. Benda uji sesudah pengujian *Stress Corrosion Cracking* pada beban 15 kg.



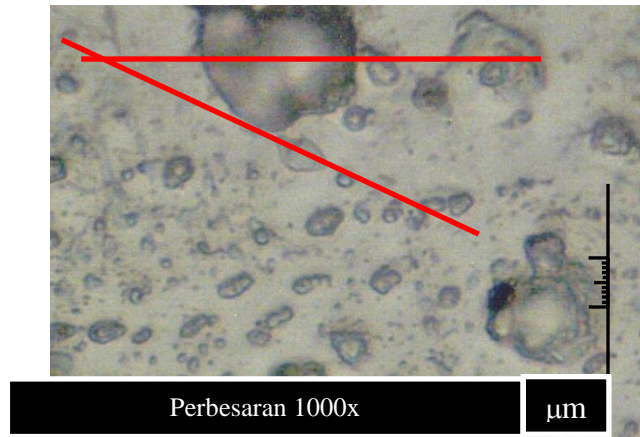
Gambar 5. Bentuk struktur mikro spesimen setelah pengujian *Stress Corrosion Cracking* dengan pembebanan 15kg.

➤ Perhitungan grain size material sesudah pengujian pada beban 15 kg

Nomor garis	Jumlah <i>grain intersected</i>	Rata-rata <i>grain intersected</i>
1	5	6
2	7	

$$\begin{aligned} \text{Line length intersected rata-rata} &= \frac{100 \text{ mm}}{6} = 16,67 \text{ mm} \\ \text{Diameter butir rata-rata} &= \frac{16,67}{1000} \\ &= 0,0167 \text{ mm} = 16,67 \mu\text{m} \end{aligned}$$

3. Benda uji sesudah pengujian *Stress Corrosion Cracking* pada beban 20 kg.



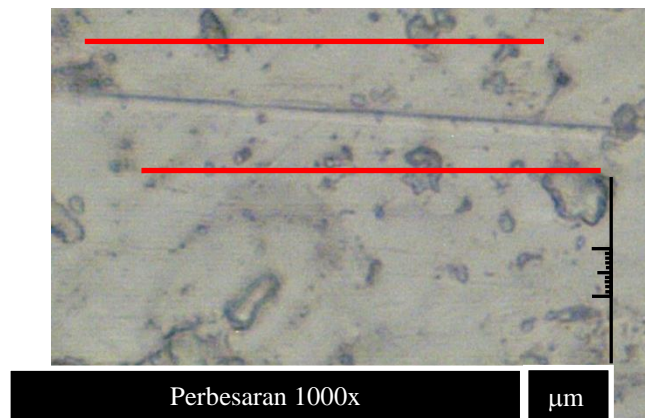
Gambar 6. Bentuk struktur mikro spesimen setelah pengujian *Stress Corrosion Cracking* dengan pembebanan 20kg.

➤ Perhitungan grain size material sesudah pengujian pada beban 20 kg

Nomor garis	Jumlah <i>grain intersected</i>	Rata-rata <i>grain intersected</i>
1	6	5
2	4	

$$\begin{aligned} \text{Line length intersected rata-rata} &= \frac{100 \text{ mm}}{5} = 20 \text{ mm} \\ \text{Diameter butir rata-rata} &= \frac{20}{1000} \\ &= 0,020 \text{ mm} = 20 \mu\text{m} \end{aligned}$$

2. Benda uji sesudah pengujian *Stress Corrosion Cracking* pada beban 25 kg.



Gambar 7. Bentuk struktur mikro spesimen setelah pengujian *Stress Corrosion Cracking* dengan pembebanan 25kg.

➤ Perhitungan grain size material sesudah pengujian pada beban 25 kg

Nomor garis	Jumlah <i>grain intersected</i>	Rata-rata <i>grain intersected</i>
1	5	4
2	3	

$$\begin{aligned} \text{Line length intersected rata-rata} &= \frac{100 \text{ mm}}{4} = 25 \text{ mm} \\ \text{Diameter butir rata-rata} &= \frac{25}{1000} \\ &= 0,025 \text{ mm} = 25 \text{ }\mu\text{m} \end{aligned}$$

Tabel 7. Hasil perhitungan besar butir

No	Benda uji	Besar batas butir (mikron)
1	Benda uji tanpa pembebanan	220,00
2	Benda uji pembebanan 25 kg	143,00
3	Benda uji pembebanan 20 kg	100,00
4	Benda uji pembebanan 15 kg	94,35

4.3 Perhitungan laju korosi

- Perhitungan laju korosi pada beban 15 kg
 - Selisih berat

$$\begin{aligned} W &= W \text{ sebelum korosi} - W \text{ sesudah korosi} \\ &= 28,1496 - 12,8366 \\ &= 15,3130 \text{ gram} \end{aligned}$$
 - Luas daerah yang terkorosi

$$\begin{aligned} A &= 2(L \times w) + 2(L \times t) \\ &= 2(20 \times 2) + 2(20 \times 0,04) \\ &= 81,6 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$
 - Laju korosi(mm/y)

$$\begin{aligned} &= \frac{8,76 \times 10^4 W}{DAT} \\ &= \frac{8,76 \times 10^4 \times 15,3130}{1,39 \times 81,6 \times 10^8} \\ &= 109,48 \text{ mm/y} \end{aligned}$$
- Perhitungan laju korosi pada beban 20 kg
 - Selisih berat

$$\begin{aligned} W &= W \text{ sebelum korosi} - W \text{ sesudah korosi} \\ &= 28,1496 - 13,7589 \\ &= 14,3907 \text{ gram} \end{aligned}$$
 - Luas daerah yang terkorosi

$$\begin{aligned} A &= 2(L \times w) + 2(L \times t) \\ &= 2(20 \times 2) + 2(20 \times 0,04) \\ &= 81,6 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$
 - Laju korosi(mm/y)

$$\begin{aligned} &= \frac{8,76 \times 10^4 W}{DAT} \\ &= \frac{8,76 \times 10^4 \times 14,3907}{1,39 \times 81,6 \times 60} \\ &= 185,23 \text{ mm/y} \end{aligned}$$
- Perhitungan laju korosi pada beban 25 kg
 - Selisih berat

$$\begin{aligned} W &= W \text{ sebelum korosi} - W \text{ sesudah korosi} \\ &= 28,1496 - 15,2057 \\ &= 12,9439 \text{ gram} \end{aligned}$$
 - Luas daerah yang terkorosi

$$\begin{aligned} A &= 2(L \times w) + 2(L \times t) \\ &= 2(20 \times 2) + 2(20 \times 0,05) \\ &= 82 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$
 - Laju korosi(mm/y)

$$= \frac{8,76 \times 10^4 W}{DAT}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{8,76 \times 10^4 \times 12,9439}{1,39 \times 82 \times 18} \\ &= 552,50 \text{ mm/y} \end{aligned}$$

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pengujian dan metalografi yang kemudian dihubungkan dengan *hipotesa* awal dan tujuan penelitian, maka diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu :

- 1) Setelah dilakukan pengujian kekerasan, struktur mikro dan perhitungan laju korosi pada proses SCC didapatkan data sebagai berikut :
 - a) Nilai kekerasan rata-rata pada pembebanan 15 kg, 20 kg, dan 25 kg berturut-turut sebesar 38,76 VHN, 36,36 VHN, dan 34,20 VHN.
 - b) Nilai batas butir pada pembebanan 15 kg, 20 kg, dan 25 kg berturut-turut sebesar 16 μm , 20 μm , dan 25 μm .
 - c) Nilai laju korosi pada pembebanan 15 kg, 20 kg, dan 25 kg berturut-turut sebesar 109,48 mm/y, 552,50 mm/y, dan 185,23 mm/y.
- 2) Dari data hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa semakin besar pembebanan, maka laju korosi semakin cepat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Trethwey, K. R., Chamberlain, J., 1991, "Korosi untuk Mahasiswa dan Rekayasawan", terjemahan Alex Tri Kantjono Widdodo, PT. Gramedia Pustaka, Jakarta 16.
- [2] Supomo, H., 2003, *Buku Ajar Korosi*. Jurusan Teknik Perkapalan FTK - ITS. Surabaya.
- [3] Tirtawati, F., 2009, "*Stress Corrosion Cracking Pada Stainless Steel AISI 420 Dengan Variasi Pembebanan Pada Media NaCl dan HCL*", Teknik Mesin Universitas Diponegoro. Semarang.