

## ANALISIS *STRESS CORROSION CRACKING* (SCC) TEMBAGA DENGAN VARIASI PEMBEBANAN PADA MEDIA KOROSI AIR

\*Erizal Andi Setyarso<sup>1</sup>, Athanasius Priharyoto Bayuseno<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

\*E-mail: rizalandy5@gmail.com

### Abstrak

Pengujian *Stress Corrosion Cracking* (SCC) dilakukan untuk mengetahui korosi retak tegang pada logam akibat gabungan antara tegangan tarik statik dengan lingkungan korosif. Pada pengujian ini menggunakan benda uji tembaga. Didalam pengujian SCC ini dilakukan dengan 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 dengan variasi pembebanan 15 kg, 20 kg, dan 25 kg. Sebagai media korosif menggunakan air tawar dengan pH 7,10. Dari hasil pengamatan menunjukkan bahwa kegagalan material lebih disebabkan oleh pengaruh media korosif, hal ini ditunjukkan bahwa tegangan yang bekerja masih dibawah tegangan luluh material. Semakin besar tegangan, maka terjadinya *Stress Corrosion Cracking* semakin cepat. Kekerasan uji menurun seiring dengan lamanya benda uji terendam dalam media korosif. Jenis retak yang terjadi pada tembaga adalah retak *intergranular*.

**Kata kunci:** Jenis spesimen uji, Lingkungan korosif, *Stress Corrosion Cracking*, Variasi pembebanan

### Abstract

*Stress Corrosion Cracking* (SCC) testing was performed to determine stress corrosion cracking of metal as a result of combination between static tensile stress and corrosive environment. The material used for the experiment is copper. SCC test was done by creating a condition of the specimen under tension in order to get stress on the corrosive environment. The stress given is a tensile stress that comes from the static loading on the lever system with 3 variation of loading : 20 kg, 25 kg, and 30 kg. In this observation use fresh water with 7.10 pH. The observations show that the failure is caused by the effect of corrosive media, it is pointed out that the working stress is below the yield stress of the material. The greater the stress, the faster occurrence of stress corrosion cracking. The value declines with the time length of the test specimen submerged in the corrosive media. Types of cracks that occur in material is *intergranular cracking*.

**Keywords:** Corrosive environment, *Stress Corrosion Cracking*, Type of the test specimen, Variation of loading

### 1. Pendahuluan

Tembaga merupakan salah satu logam yang paling banyak di manfaatkan oleh manusia selain karena kelimpahannya yang sangat besar di alam dan juga sifat-sifat yang dimiliki oleh tembaga. Tembaga memiliki konduktivitas thermal dan elektrik yang baik, relatif lunak, mudah di tempa, memberikan kilau yang indah bila digosok dan mempunyai laju korosi yang lambat [1].

*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 [2].

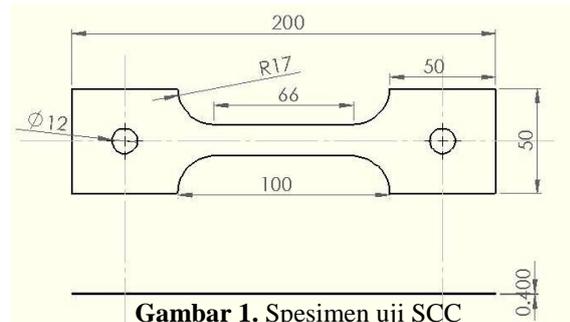
Pengujian SCC sudah pernah dilakukan, yaitu oleh Putrandono [3]. Pengujian tersebut menggunakan spesimen kuningan dan media korosi air. Dari hasil pengujian diperoleh laju korosi dan *weight loss* yang besar. Waktu yang dibutuhkan spesimen sampai mengalami kegagalan juga singkat. Oleh sebab itu, dalam penelitian ini akan dibandingkan dengan menggunakan spesimen tembaga dan media korosi air [4].

Pengujian ini perlu dilakukan karena SCC tidak dapat diduga datangnya dan dapat menyebabkan pengurangan dimensi dan kekuatan, meskipun penelitian intensif telah di lakukan tetapi kita baru sampai pada pemahaman tentang proses proses yang terlibat. Sementara usaha usaha pengendaliannya sampai sekarang masih sering gagal. Sehingga sering kali bahan yang di pilih karena ketahanannya terhadap korosi ternyata gagal terhadap tegangan yang jauh di bawah tegangan maksimum [5].

Tujuan dari penelitian pengujian SCC (*Stress Corrosion Cracking*) pada tembaga adalah menganalisis pengaruh variasi pembebanan terhadap SCC tembaga dan mengetahui pengaruh media korosi terhadap pertambahan panjang, lamanya waktu patah serta jenis retak yang terjadi pada benda uji tembaga.

## 2. Bahan dan Metode Penelitian

Alat uji *stress corrosion cracking* ditujukan untuk menguji specimen uji berbentuk plat dengan dimensi panjang 200 mm dan tebal 0,40 mm. Sistem yang bekerja pada alat uji ini adalah sistem pengungkit yang dilengkapi dengan komponen pendukung yaitu bak penampung yang berfungsi menampung larutan korosif. Prinsip kerja alat uji ini adalah untuk menciptakan suatu kondisi specimen agar mendapatkan tegangan pada lingkungan yang korosif. Tegangan yang diberikan berupa tegangan tarik yang berasal dari pembebanan statik pada sistem pengungkit. Specimen uji bisa dilihat seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Specimen uji SCC

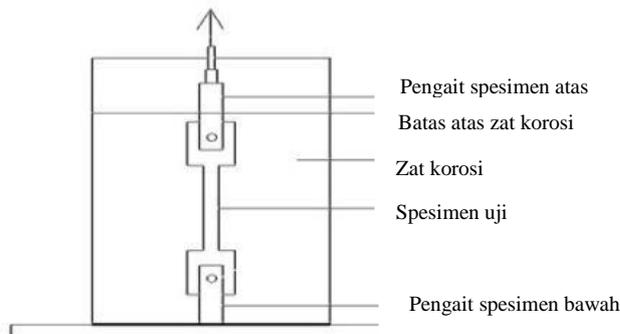
### 2.1 Perlindungan korosi dan Media korosi Alat Uji

Pemberian perlindungan pada pengait specimen uji bertujuan supaya pada waktu pengujian pengait specimen uji tersebut tidak ikut terkena korosi. Perlindungan yang dilakukan adalah dengan memberikan lem kaca pada pengait specimen uji tersebut pada saat benda uji sudah diletakan. Media korosi yang digunakan pada pengujian *Stress Corrosion Cracking* adalah air dan dibutuhkan sebanyak 13 Liter agar bak penampung terisi dengan penuh pada batas atas pengait specimen.

### 2.2 Pengujian

Pengujian *Stress Corrosion Cracking* pada material tembaga bertujuan untuk menciptakan perlakuan khusus pada specimen uji untuk menerima tegangan tertentu pada lingkungan yang bersifat korosi. Skema pengujian bisa dilihat pada Gambar 2.

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



Gambar 2. Skema pengujian SCC

- Memasang specimen 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 specimen uji tercelup semua.
- Memasang beban yang telah ditentukan yaitu 15 kg, 20 kg, dan 25 kg untuk menghasilkan nilai tegangan..
- Mengukur pertambahan panjang specimen 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 lima sebanyak 5 kali untuk setiap kali pengujian.

### 2.3 Pengujian Komposisi Kimia Pada Benda Uji

Pengujian komposisi dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro. Data hasil pengujian tersebut akan kami gunakan untuk menganalisis beberapa faktor terjadinya fenomena yang terdapat di dalam proses

terjadinya erosi korosi. Dari pengujian komposisi maka dapat diketahui komposisi kimia yang terkandung didalam material tembaga.

## 2.4 Metalografi

Dengan metalografi maka dapat diketahui bentuk struktur mikro dan dapat dilakukan pengamatan jenis retakan yang terjadi pada spesimen uji. Metalografi dilakukan pada pembesaran 200X

## 2.5 Pengujian Kekerasan

Material uji yang telah di mikrogarafi selanjutnya digunakan untuk pengujian kekerasan, pada saat diuji material uji di polis kembali setelah itu di etsa. Pengujian kekerasan menggunakan metode *mikro hardness vickers* (Gambar 3), pengujian dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro.



Gambar 3. *Micro Hardness Vickers*

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Karakteristik Material Uji

Dalam penelitian *Stress Corrosion Cracking* ini bahan yang digunakan sebagai material uji adalah tembaga. Material ini dipilih karena banyak di aplikasikan baik dilingkungan industri maupun kontruksi dan dianggap material yang cukup tahan terhadap serangan korosi.

Komposisi kimia dan sifat-sifat mekanik dari material *AISI C20500* bisa dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Kimia Tembaga

Unsur	%
Cu	99,2
Zn	0,156
Pb	<0,0100
Sn	0,158
Mn	<0,0020
Fe	<0,0050
Ni	0,0558
Si	0,0331
Mg	<0,0050
Cr	0,0162
Al	<0,0050
As	0,131
Be	<0,0020
Ag	0,0078
Co	0,0529
Bi	0,0441
Cd	0,0913
Zr	0,0040

### 3.2 Konversi nilai beban ke tegangan tiap specimen alat uji SCC

Perhitungan konversi nilai beban ke nilai tegangan yang diterima oleh setiap specimen, dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Konversi massa ke newton

<b>F<sub>1</sub> (Kg)</b>	<b>F<sub>2</sub> (N)</b>
15	879,52 N
20	1102,69 N
25	1347,94 N

### 3.3 Pengujian Benda Uji Media Korosi Air

Data waktu dan pertambahan panjang spesimen tembaga pada media korosi air dengan tegangan 146,58 Mpa adalah lihat (Tabel 3)

**Tabel 3.** Data pada tegangan 146,58 MPa

<b>Tegangan (Mpa)</b>	<b>Waktu (hari)</b>	<b>Pertambahan Panjang (mm)</b>
183,78	1	200,45
183,78	2	200,85
183,78	3	201,20
183,78	4	201,60
183,78	5	202,15
183,78	6	202,50
183,78	7	202,95
183,78	8	202,40
183,78	9	203,65
183,78	10	203,90
183,78	11	204,45
183,78	12	205,05
183,78	13	205,55
183,78	14	205,95
183,78	15	206,35
183,78	16	206,80
183,78	17	<b>207,25</b> <b>(PATAH)</b>

Data waktu dan pertambahan panjang spesimen tembaga pada media korosi air dengan tegangan 183,78 Mpa adalah lihat (Tabel 4)

**Tabel 4.** Data pada tegangan 183,78 MPa

<b>Tegangan (Mpa)</b>	<b>Waktu (hari)</b>	<b>Pertambahan Panjang (mm)</b>
224,66	1	200,60
224,66	2	201,00
224,66	3	201,55
224,66	4	202,05
224,66	5	202,60
224,66	6	203,15
224,66	7	203,60
224,66	8	204,10
224,66	9	204,55
224,66	10	204,95
224,66	11	205,35
224,66	12	<b>205,85</b> <b>(PATAH)</b>

Data waktu dan pertambahan panjang spesimen tembaga pada media korosi air dengan tegangan 224,66 MPa adalah lihat (Tabel 5)

**Tabel 5.** Data pada tegangan 224,66 Mpa

Tegangan (Mpa)	Waktu (hari)	Pertambahan Panjang (mm)
224,66	1	200,60
224,66	2	201,00
224,66	3	201,55
224,66	4	202,05
224,66	5	202,60
224,66	6	203,15
224,66	7	203,60
224,66	8	204,10
224,66	9	204,55
224,66	10	204,95
224,66	11	205,35
224,66	12	<b>205,85 (PATAH)</b>

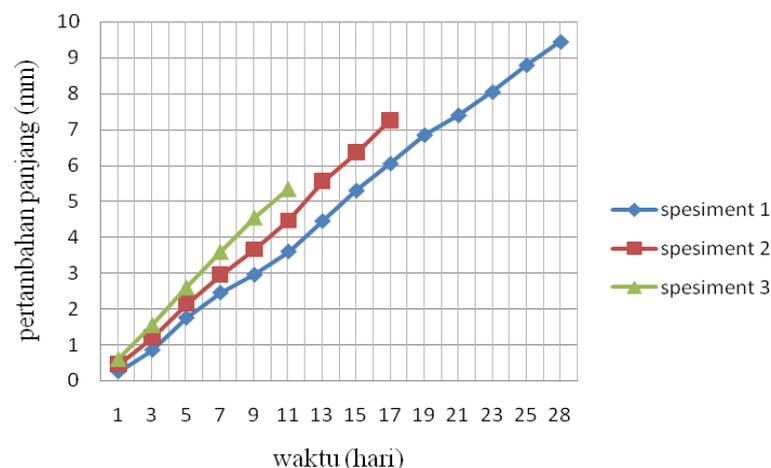
### 3.3 Pengujian kekerasan specimen tembaga

Dari hasil pengujian kekerasan didapatkan nilai kekerasan rata-rata benda uji tanpa perlakuan sebesar 90,2 VHN, dan hasil pengujian untuk benda uji yang mengalami pembebanan 15 kg sebesar 113,6 VHN pembebanan 20 kg sebesar 103,7 VHN pembebanan 25 kg sebesar 95,9 VHN. Maka dapat disimpulkan nilai kekerasan yang paling tinggi adalah benda uji yang mengalami pembebanan 15 kg, 20 kg, dan 25 kg. Data uji kekerasan bisa dilihat pada Tabel 6

**Tabel 6.** Nilai kekerasan mikro Vickers benda uji pada berbagai pembebanan

No	Benda Uji	d1(μm)	d2(μm)	Kekerasan (VHN)
1	15 Kg	89,21	89,41	116,3
2		90,28	89,01	115,4
3		91,81	91,78	116,3
4	20 Kg	97,06	91,57	103,6
5		99,23	89,17	101,3
6		100,86	89,94	101,9
7	25 Kg	98,29	92,95	101,4
8		80,89	77,40	108,0
9		91,49	94,33	94,33

Grafik data hasil pengujian SCC untuk specimen tembaga dengan variasi tegangan 146,58 MPa, 183,78 MPa, 224,66 MPa adalah sebagai berikut lihat (Gambar 4)



**Gambar 4.** Grafik pertambahan panjang

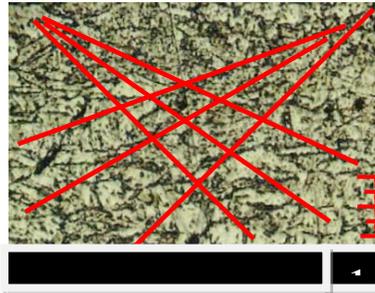
### 3.4 Metalografi

Gambar 5 di bawah ini merupakan hasil mikrografi sebelum pengujian yang dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran 1 strip yang nilainya sama dengan 10 mikron.



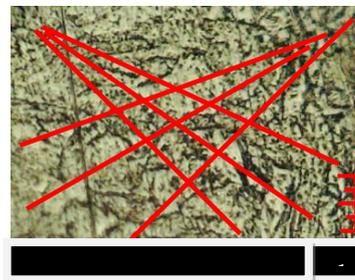
**Gambar 5.** Bentuk struktur mikro benda uji sebelum pengujian *Stress Corrosion Cracking*

Gambar 6 di bawah ini merupakan hasil mikrografi yang dilakukan dengan pembebanan 25kg dengan pembesaran 1 strip yang nilainya sama dengan 10 mikron



**Gambar 6.** Bentuk struktur mikro benda uji setelah pengujian *Stress Corrosion Cracking* beban 25 kg

Gambar 7 di bawah ini merupakan hasil mikrografi yang dilakukan dengan pembebanan 20 kg dengan pembesaran 1 strip yang nilainya sama dengan 10 mikron



**Gambar 7.** Bentuk struktur mikro benda uji setelah pengujian *Stress Corrosion Cracking* beban 20 kg

Gambar 8 di bawah ini merupakan hasil mikrografi yang dilakukan dengan pembebanan 15 kg dengan pembesaran 1 strip yang nilainya sama dengan 10 mikron



**Gambar 8.** Bentuk struktur mikro benda uji setelah pengujian *Stress Corrosion Cracking* beban 15 kg

#### 4. Kesimpulan

Fenomena terjadinya *Stress Corrosion Cracking* tembaga dipengaruhi beberapa faktor yaitu tegangan tarik, lingkungan korosi, dan sifat sensitif material. Dari hasil pengamatan menunjukkan bahwa kegagalan disebabkan karena pengaruh media korosif, hal ini ditunjukkan bahwa tegangan yang bekerja masih dibawah tegangan luluh material. Semakin besar tegangan, maka terjadinya *Stress Corrosion Cracking* semakin cepat. Kekerasan uji menurun seiring dengan lamanya benda uji terendam dalam media korosif. Jenis retak yang terjadi pada tembaga adalah retak *intergranular*

#### 5. Daftar Pustaka

- [1] Han, S., Martenak, D. J., Palermo, R. E., Pearson, J. A. and Walsh, D. E. 1994. Direct partial oxidation of methan over ZSM-5 catalyst: metals effects on higher hydrocarbon formation. *Journal of Catalysis*. 148: 134-137.
- [2] 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.
- [3] Putrandono, F., 2014, Laporan Tugas Akhir "Analisis Stress Corrosion Cracking Kuningan dengan variasi pembebanan pada media korosi air", Semarang.
- [4] ASM international, 1990, "*Welding Brazing and soldering Vol 6*", United States of America.
- [5] ASM international, 1987, "*metal handbook ninth edition Vol 13 corrosion*", metal park, Ohio.