

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Adapun data hasil penelitian “Analisis *Stress Corrosion Cracking* Pada Sambungan Las *Gas Tungsten Arc Welding* Spesimen Aluminium: Sebelum dan Sesudah *Stress Relieving*” ini terbagi menjadi 4, yang nantinya akan dijadikan dasar daripada pengolahan data dan pembahasan, yakni; Data waktu patah, geometri akhir spesimen berupa tebal dan lebar, dan berat akhir spesimen pada setiap variasi pembebanan. Spesimen uji, yang merupakan variabel bebas pada penelitian ini, terbagi menjadi tiga dan pada bab ini akan dilakukan penamaan sebagai berikut; Spesimen aluminium (Al) tanpa pengelasan (Spesimen A), spesimen aluminium dengan pengelasan (Spesimen WA), dan spesimen aluminium dengan pengelasan dan perlakuan *stress relieving* (Spesimen SR). Berikut keempat tabel data hasil penelitian:

Tabel 4.1
Data waktu patah masing-masing spesimen uji

Pembebanan (kg)	Spesimen A (jam)	Spesimen WA (jam)	Spesimen SR (jam)
20	-	250	-
25	-	57	250
30	188	15.9	49.6
35	59	3.92	13.4
40	25.75	0.8	3.5
45	12.8	0	0.7
50	7	0	0

Tabel 4.2
Data geometri (tebal) akhir masing-masing spesimen uji

Pembebanan (kg)	Spesimen A (m)	Spesimen WA (m)	Spesimen SR (m)
20	-	0.0016	-
25	-	0.0016	0.0016
30	0.00165	0.0016	0.00165
35	0.0017	0.0016	0.00165

40	0.00175	0.0017	0.001725
45	0.00175	0.0017	0.00175
50	0.0018	0.0017	0.00175

Tabel 4.3
Data geometri (lebar) akhir masing-masing spesimen uji

Pembebanan (kg)	Spesimen A (m)	Spesimen WA (m)	Spesimen SR (m)
20	-	0.0165	-
25	-	0.0165	0.017
30	0.019	0.0155	0.0155
35	0.0185	0.015	0.0155
40	0.018	0.014	0.0145
45	0.017	0.014	0.0145
50	0.017	0.0135	0.014

Tabel 4.4
Data berat akhir masing-masing spesimen uji

Pembebanan (kg)	Spesimen A (gr)	Spesimen WA (gr)	Spesimen SR (gr)
20	-	12.07	-
25	-	12.48	12.05
30	12.17	12.58	12.50
35	12.48	12.61	12.58
40	12.56	12.62	12.61
45	12.59	0.00	12.62
50	12.60	0.00	0.00

4.2 Pengolahan Data

Pengolahan data akan terbagi menjadi dua bagian yaitu pengolahan data utama dan pengolahan data pendukung, dimana data pendukung dimaksudkan untuk dapat memperkuat hasil analisis serta pembahasan. Pengolahan data utama meliputi nilai tegangan pada setiap variasi pembebanan dan faktor intensitas tegangan pada setiap variasi pembebanan setiap spesimen uji. Sedangkan pengolahan data pendukung meliputi nilai gaya pada setiap variasi pembebanan dan laju korosi pada setiap variasi pembebanan setiap spesimen uji. Pada pengolahan data di bab ini hanya akan disajikan contoh perhitungan salah satu variasi pembebanan spesimen uji, untuk perhitungan selebihnya akan dilampirkan pada bagian akhir laporan ini.

4.2.1 Pengolahan Data Utama

1. Nilai Tegangan pada Setiap Variasi Pembebanan

Diketahui perumusan dalam menentukan tegangan (σ) adalah sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Dengan data yang telah diperoleh berdasarkan hasil pengolahan data Poin 4.2.2, pada pembebanan 50 kg spesimen A, adalah:

$$F = 2002.701805 \text{ N}$$

$$A = \text{Luas penampang spesimen uji \{ bernilai sama untuk setiap perhitungan tegangan untuk data waktu patah (0.02) (0.002) m}^2 = 0.00004 \text{ m}^2 \}$$

Maka dapat dilakukan perhitungan tegangan, sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{2002.701805 \text{ N}}{0.00004 \text{ m}^2}$$

$$\sigma = 50067545.125 \text{ Pa}$$

$$\sigma = 50.068 \text{ MPa}$$

2. Faktor Intensitas Tegangan pada Setiap Variasi Pembebanan

Diketahui perumusan dalam menentukan faktor intensitas tegangan (K), berdasarkan Poin 2.6, adalah sebagai berikut:

$$K = \frac{P}{B\sqrt{w}} \left\{ \frac{\sqrt{\frac{\pi a}{2w}}}{\sqrt{1 - \frac{a}{w}}} \left[1,122 - 0,561 \frac{a}{w} - 0,205 \left(\frac{a}{w} \right)^2 + 0,471 \left(\frac{a}{w} \right)^3 + 0,19 \left(\frac{a}{w} \right)^4 \right] \right\}$$

Dengan data yang telah diperoleh berdasarkan hasil penelitian dan pengolahan data, pada pembebanan 50 kg spesimen A, seperti disajikan pada Tabel 4.2, disajikan pada Tabel 4.3, dan pengolahan data Poin 4.2.2, adalah:

$$P = 2002.701805 \text{ N}$$

$$B = 0.0018 \text{ m}$$

$$2w = 0.017 \text{ m}$$

$$a = 0.008 \text{ m}$$

Maka dapat dilakukan perhitungan faktor intensitas tegangan, sebagai berikut:

$$K = \frac{2002.701805 \text{ N}}{0.0018 \text{ m} \sqrt{0.017 \text{ m}}} \left\{ \frac{\sqrt{\left(\frac{22}{7}\right) 0.008 \text{ m}}}{0.017 \text{ m}} \left[1,122 - 0,561 \frac{0.008 \text{ m}}{0.0085 \text{ m}} - 0,205 \left(\frac{0.008 \text{ m}}{0.0085 \text{ m}}\right)^2 + 0,471 \left(\frac{0.008 \text{ m}}{0.0085 \text{ m}}\right)^3 + 0,19 \left(\frac{0.008 \text{ m}}{0.0085 \text{ m}}\right)^4 \right] \right\}$$

$$K = \frac{2002.701805 \text{ N}}{0.0018 \sqrt{0.017/2} \sqrt[3]{m}} \left\{ \frac{\sqrt{\left(\frac{22}{7}\right) 0.008 \text{ m}}}{0.017 \text{ m}} \left[1,122 - 0,561 \frac{0.008}{0.0085} - 0,205 \left(\frac{0.008}{0.0085}\right)^2 + 0,471 \left(\frac{0.008}{0.0085}\right)^3 + 0,19 \left(\frac{0.008}{0.0085}\right)^4 \right] \right\}$$

$$K = 29494126.99 \frac{\text{N}}{\sqrt[3]{m}}$$

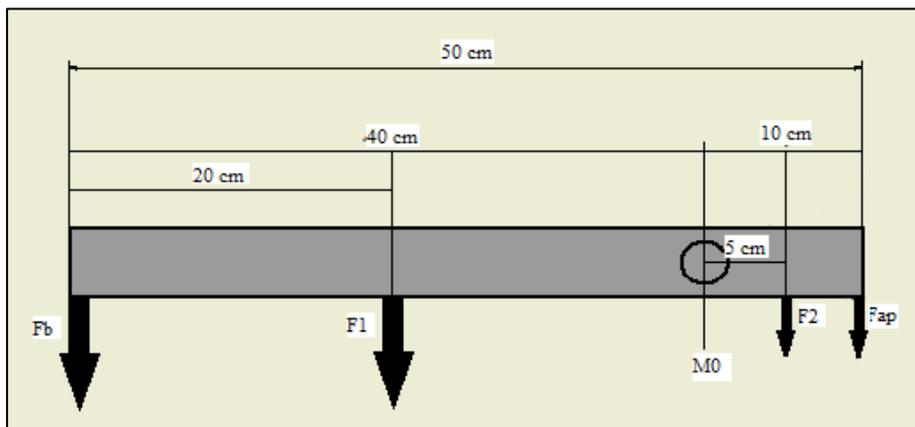
$$K = 29494126.99 \text{ Pa} \sqrt{m}$$

$$K = 29.494 \text{ MPa} \sqrt{m}$$

4.2.2 Pengolahan Data Pendukung

1. Nilai Gaya pada Setiap Variasi Pembebanan

Diketahui diagram benda bebas sistem pengungkit alat uji adalah sebagai berikut:



Gambar 4.1 Gambar diagram benda bebas sistem pengungkit alat uji *Stress Corrosion Cracking (SCC)*

Diketahui perumusan, berdasarkan diagram benda bebas Gambar 4.1, dalam menentukan nilai gaya (F) adalah sebagai berikut:

$$\sum M_0 = 0$$

$$(F_b)(0.4) + (F_1)(0.2) - (F_2)(0.05) - (F_{ap})(0.1) = 0$$

Dengan data sebagai berikut:

F_b = Gaya akibat pembebanan (untuk pembebanan 50 kg, bernilai 294.1995 N)

F_1 = Gaya akibat 4/5 berat dari pengungkit (22.0649625 N)

F_2 = Gaya akibat 1/5 berat dari pengungkit (5.516240625 N)

F_{ap} = Gaya aplikasi (gaya yang diterima spesimen uji)

Maka dapat dilakukan perhitungan nilai gaya, sebagai berikut:

$$(294.1995 \text{ N})(0.4 \text{ m}) + (22.0649625)(0.2 \text{ m}) - (5.516240625)(0.05 \text{ m}) - (F_{ap})(0.1 \text{ m}) = 0$$

$$(F_{ap})(0.1 \text{ m}) = (294.1995 \text{ N})(0.4 \text{ m}) + (22.0649625)(0.2 \text{ m}) - (5.516240625)(0.05 \text{ m})$$

$$F_{ap} = \frac{(294.1995 \text{ N})(0.4 \text{ m}) + (22.0649625 \text{ N})(0.2 \text{ m}) - (5.516240625 \text{ N})(0.05 \text{ m})}{0.1 \text{ m}}$$

$$F_{ap} = \frac{121.8169805 \text{ N}}{0.1}$$

$$F_{ap} = 12181.169805 \text{ N}$$

2. Laju Korosi pada Setiap Variasi Pembebanan

Diketahui perumusan dalam menentukan laju korosi (CR), berdasarkan Poin 2.2.2, adalah sebagai berikut:

$$CR = \frac{W \cdot K}{D \cdot A \cdot T}$$

Dengan data yang telah diperoleh berdasarkan hasil penelitian, pada pembebanan 50 kg spesimen A, seperti disajikan pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.4, adalah:

W = (12.62-12.6) gr

K = $8,76 \times 10^4$

D = 2700 gr/cm^3

A = 0.8 cm^2

T = 7 jam

Maka dapat dilakukan perhitungan laju korosi, sebagai berikut:

$$CR = \frac{(0.02)(8.76)(10^4)}{(2700)(0.8)(7)} \text{ mm/year}$$

$$CR = \frac{1752}{15120} \text{ mm/year}$$

$$CR = 0.11 \text{ mmpy}$$

4.3 Data Hasil Pengolahan Data

4.3.1 Data Hasil Pengolahan Data Utama

Tabel 4.5

Data nilai tegangan pada setiap variasi pembebanan masing-masing spesimen uji

Pembebanan (kg)	Spesimen A (MPa)	Spesimen WA (MPa)	Spesimen SR (MPa)
20	-	20.648	-
25	-	25.551	25.551
30	30.454	30.454	30.454
35	35.358	35.358	35.358
40	40.261	40.261	40.261
45	45.164	45.164	45.164
50	50.068	50.068	50.068

Tabel 4.6

Data faktor intensitas tegangan pada setiap variasi pembebanan masing-masing spesimen uji

Pembebanan (kg)	Spesimen A (MPa√m)	Spesimen WA (MPa√m)	Spesimen SR (MPa√m)
20	-	13.88940797	-
25	-	17.18782025	16.9331718
30	18.51242483	21.1367505	20.49624291
35	21.14091789	24.94554593	23.79626692
40	23.70747705	27.67239198	26.79702242
45	27.36580448	31.04257863	29.63116176
50	29.49412699	35.04424485	33.42954342

4.3.2 Data Hasil Pengolahan Data Pendukung

Tabel 4.7

Data nilai gaya pada setiap variasi pembebanan masing-masing spesimen uji

Pembebanan (kg)	Spesimen A (N)	Spesimen WA (N)	Spesimen SR (N)
20	-	825.9038047	-
25	-	1022.036805	1022.036805
30	1218.169805	1218.169805	1218.169805
35	1414.302805	1414.302805	1414.302805
40	1610.435805	1610.435805	1610.435805
45	1806.568805	1806.568805	1806.568805
50	2002.701805	2002.701805	2002.701805

Tabel 4.8

Data laju korosi pada setiap variasi pembebanan masing-masing spesimen uji

Pembebanan (kg)	Spesimen A (mmpy)	Spesimen WA (mmpy)	Spesimen SR (mmpy)
20	-	0.089	-
25	-	0.100	0.092
30	0.097	0.102	0.100
35	0.100	0.114	0.108
40	0.101	0.122	0.111
45	0.105	-	0.116
50	0.110	-	-

4.4 Pembahasan

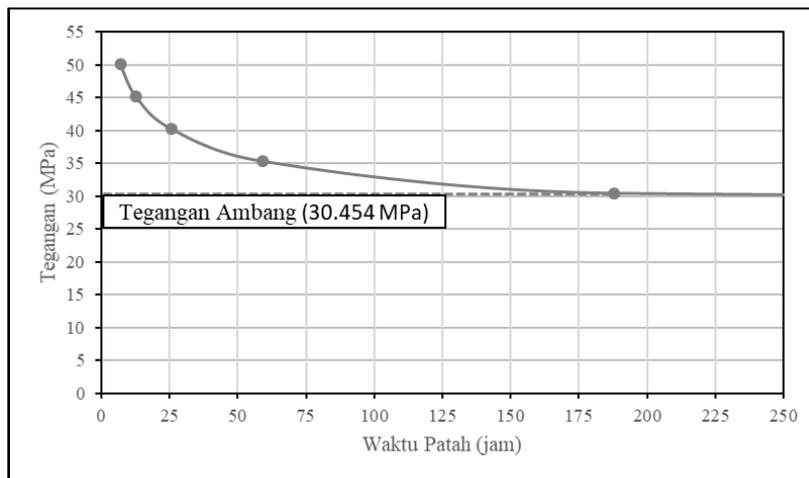
Berlandaskan pada Poin 1.4, maka pembahasan, mengenai analisis nilai tegangan ambang masing-masing spesimen uji, perbandingan diagram tegangan ambang antara variasi spesimen satu dengan yang lainnya, karakteristik masing-masing spesimen uji pada lingkungan SCC, dan perbandingan karakteristik antara variasi spesimen satu dengan yang lainnya pada lingkungan SCC, akan dilakukan.

4.4.1 Diagram Tegangan Ambang Masing-Masing Spesimen Uji

Diagram tegangan ambang digunakan sebagai dasaran dalam menentukan nilai tegangan ambang daripada suatu material pada lingkungan SCC tertentu, dimana tegangan ambang merupakan suatu nilai tolak ukur ketahanan material tersebut terhadap fenomena SCC. Tegangan ambang dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, seperti unsur paduan suatu

material logam, lingkungan, kondisi metalurgi paduan tersebut, dan kesesuaian dengan tingkat tegangan terendah yang diperlukan untuk berinteraksi secara sinergis dengan lingkungan (Jones, 1992). Ketiga elemen yang mengontrol terjadinya SCC, yakni tegangan, lingkungan korosif, dan kerentanan material, akan secara langsung berhubungan dengan diagram ambang ini. Diagram tegangan ambang akan disajikan dengan hubungan antara nilai tegangan dan waktu patah.

4.4.1.1 Diagram Tegangan Ambang Spesimen A



Gambar 4.2 Grafik diagram tegangan ambang spesimen A

Dapat dilihat pada Gambar 4.2 bahwa diagram tegangan ambang spesimen A menunjukkan nilai tegangan ambang daripada spesimen A berada pada angka 30.454 MPa. Pada pembebanan 20 kg, 25 kg, dan 30 kg, secara berurutan dengan nilai tegangan 20.648 MPa, 25.551 MPa, dan 30.454 MPa, spesimen A tidak akan mengalami patah, dengan waktu patah pembebanan 20 kg dan 25 kg adalah lebih dari 188 jam serta pembebanan 30 kg adalah 188 jam. Untuk pembebanan selanjutnya, semakin besar, waktu patah akan semakin cepat dengan rentang waktu yang semakin dekat. Daripada grafik tersebut juga dapat dilihat bahwa rentang penurunan waktu patah cenderung konstan mulai dari pembebanan 20 kg hingga 50 kg.

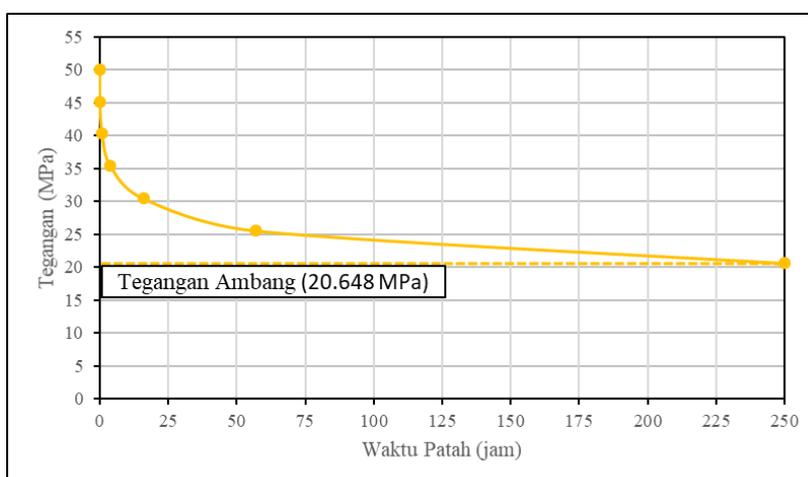
Pada spesimen A, plat dengan unsur utama aluminium, sesungguhnya korosi akan berjalan dengan sangat lambat, dimana hal ini diakibatkan oleh adanya lapisan oksida aluminium (Al_2O_3) yang terbentuk dari hasil reaksi antara aluminium dan oksigen pada udara atmosfer. Namun dengan adanya pembebanan maka akan menyebabkan unsur ini rentan terhadap korosi. Regangan, akibat pembebanan, akan merusak lapisan oksida tersebut

dimana secara bersamaan akan memberi celah bagi larutan korosif untuk masuk dan menyerang unsur aluminium dibalik lapisan oksida tersebut, yang lebih rentan akan korosi. Sehingga pada akhirnya kondisi SCC terbentuk dan menyebabkan kegagalan.

Pada diagram dapat dilihat bahwa seiring dengan kenaikan nilai tegangan maka waktu patah akan semakin cepat. Hal ini dipengaruhi oleh tingkat konsentrasi tegangan yang akan bernilai semakin besar akibat peregangan yang terjadi pada bagian cacat spesimen A, yang dipicu retak awal. Retak ini akan menjalar sejalan dengan intensitas tegangan, semakin besar tegangan diberikan maka laju kerusakan semakin tinggi dan kegagalan akibat SCC akan semakin cepat terjadi. Selain daripada itu, dengan semakin bertambahnya nilai tegangan maka secara bersamaan regangan yang terjadi juga akan semakin meningkat. Hal ini mengakibatkan penetrasi oleh larutan korosif ke celah retak menjadi lebih cepat sehingga perambatan retak akan meningkat dan waktu patah akan menjadi semakin cepat hingga pada satu titik tegangan akan dapat langsung mematahkan spesimen A ini.

Pada spesimen A dengan pembebanan 30 kg dan 35 kg dapat dilihat bahwa rentang waktu patah meningkat secara signifikan, dimana pada pembebanan 30 kg waktu patah adalah 188 jam dan pada pembebanan 35 kg waktu patah adalah 59 jam. Hal ini mengindikasikan bahwa fenomena SCC telah akan mulai terjadi pada pembebanan 30 kg. Pada saat spesimen A mulai bereaksi dengan lingkungan SCC maka laju perambatan retak akan meningkat secara signifikan, sehingga akan menyebabkan perubahan peningkatan waktu patah yang terjadi secara signifikan juga, pada pembebanan berikutnya.

4.4.1.2 Diagram Tegangan Ambang Spesimen WA



Gambar 4.3 Grafik diagram tegangan ambang spesimen WA

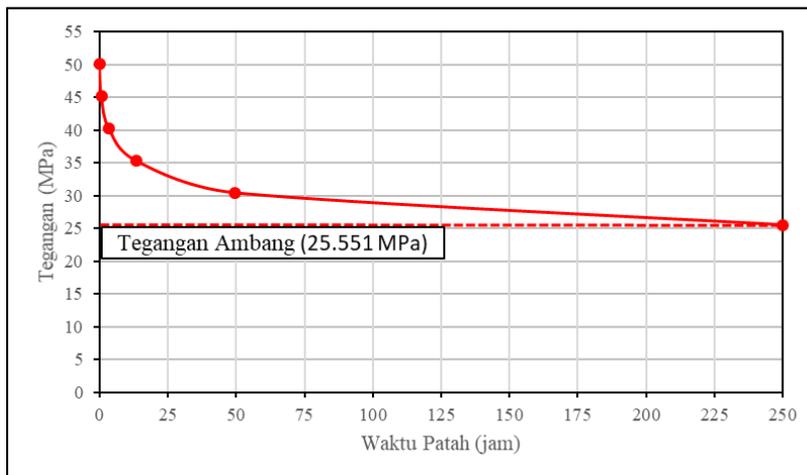
Dapat dilihat pada Gambar 4.3 bahwa diagram tegangan ambang spesimen WA menunjukkan nilai tegangan ambang daripada spesimen WA berada pada angka 20.648 MPa. Pada pembebanan 20 kg, dengan nilai tegangan 20.648 MPa, spesimen WA tidak akan mengalami patah, dengan waktu patah pembebanan adalah lebih dari 240 jam. Spesimen WA mengalami patah spontan atau 0 jam pada pembebanan 45 kg dan 50 kg, dengan nilai tegangan, secara berurutan, adalah 45.164 MPa dan 50.068 MPa. Pada grafik dapat dilihat bahwa rentang penurunan waktu patah sangat besar mulai dari pembebanan 20 kg hingga 35 kg kemudian cenderung konstan pada pembebanan-pembebanan berikutnya.

Sebelum dilakukan pengujian, pada spesimen WA dilakukan pengelasan dengan jenis pengelasan *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) pada bagian tengah spesimen tersebut. Selama proses las terjadi daerah sambungan las atau *Weld Metal* (WM) akan mengalami sebuah siklus termal cepat yang menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan metalurgi yang rumit, deformasi, dan juga tegangan-tegangan termal, dimana keseluruhan proses yang terjadi dapat menimbulkan terciptanya tegangan tersimpan atau tegangan sisa pada daerah WM. Adanya tegangan sisa akan berkaitan langsung dengan perubahan tingkat kekuatan material, timbulnya cacat retak, dan lain sebagainya.

Sejalan dengan diagram tegangan ambang spesimen A, pada diagram tegangan ambang spesimen WA dapat dilihat bahwa seiring dengan kenaikan nilai tegangan maka waktu patah akan semakin cepat. Selain dipengaruhi oleh tingkat konsentrasi tegangan yang akan bernilai semakin besar seiring dengan bertambahnya nilai tegangan yang akhirnya mengakibatkan penetrasi oleh larutan korosif ke celah retak semakin meningkat dan memperburuk kualitas spesimen dengan korosi, pada spesimen WA juga terdapat peran tegangan sisa dalam mempercepat proses kegagalan material. Tegangan sisa pada spesimen WA ini akan memperburuk proses kegagalan SCC dengan meningkatkan nilai tegangan yang diterima spesimen tersebut, sehingga kegagalan menjadi lebih cepat terjadi.

Pada spesimen WA dengan pembebanan 20 kg dan 25 kg dapat dilihat bahwa rentang waktu patah meningkat secara signifikan, dimana pada pembebanan 20 kg waktu patah adalah 250 jam dan pada pembebanan 25 kg waktu patah adalah 57 jam. Hal ini mengindikasikan bahwa fenomena SCC telah akan mulai terjadi pada pembebanan 20 kg. Pada saat spesimen WA mulai bereaksi dengan lingkungan SCC maka laju perambatan retak akan meningkat secara signifikan, sehingga akan menyebabkan perubahan peningkatan waktu patah yang terjadi secara signifikan juga, pada pembebanan berikutnya.

4.4.1.3 Diagram Tegangan Ambang Spesimen SR



Gambar 4.4 Grafik diagram tegangan ambang spesimen SR

Dapat dilihat pada Gambar 4.4 bahwa diagram tegangan ambang spesimen SR menunjukkan nilai tegangan ambang daripada spesimen SR berada pada angka 25.551 MPa. Pada pembebanan 25 kg, dengan nilai tegangan 25.551 MPa, spesimen SR tidak akan mengalami patah, dengan waktu patah pembebanan adalah lebih dari 240 jam. Spesimen WA mengalami patah spontan atau 0 jam pada pembebanan 50 kg, dengan nilai tegangan 50.068 MPa. Pada grafik dapat dilihat bahwa rentang penurunan waktu patah sangat besar mulai dari pembebanan 20 kg hingga 40 kg kemudian cenderung konstan pada pembebanan 45 kg dan 50 kg.

Sebelum dilakukan pengujian, pada spesimen SR dilakukan pengelasan dengan las GTAW pada bagian tengah dan kemudian dilakukan perlakuan *stress relieving*. Terbentuknya tegangan sisa pada saat pengelasan akan menurunkan tingkat kualitas, maka dari itu pada spesimen SR dilakukan perlakuan yang bertujuan menghilangkan tegangan sisa, yakni *stress relieving*. Pemanasan dilakukan pada temperatur 200° C untuk selanjutnya tegangan tersimpan tersebut dapat dibebaskan, kemudian pendinginan secara lambat ditujukan untuk pemulihan sifat-sifat material setelah diperlakukan. Penghilangan tegangan sisa akan meningkatkan kekuatan spesimen hasil pengelasan, yang secara langsung meningkatkan ketahanannya pada lingkungan SCC.

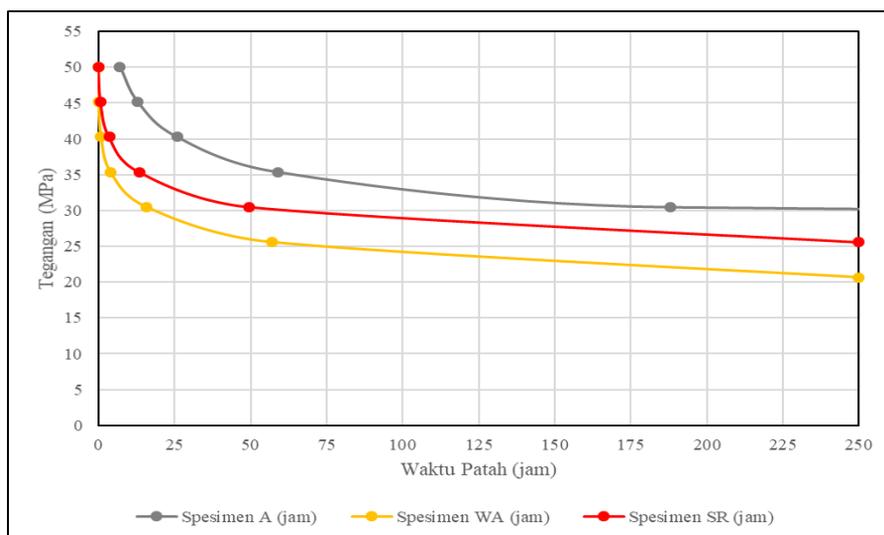
Sejalan dengan diagram tegangan ambang spesimen A dan spesimen WA, pada diagram tegangan ambang spesimen SR dapat dilihat bahwa seiring dengan kenaikan nilai tegangan maka waktu patah akan semakin cepat. Pembebasan tegangan sisa, seperti dijelaskan pada paragraf sebelumnya, akan berperan langsung dalam meningkatkan tegangan sisa. Hal ini

menyebabkan nilai tegangan ambang akan bernilai lebih tinggi dibanding sebelum dilakukan *stress relieving*. Maka dari itu semakin cepatnya waktu patah akan lebih dipengaruhi oleh tegangan luar dan korosi pada lingkungan SCC spesimen SR.

Pada spesimen SR dengan pembebanan 25 kg dan 30 kg dapat dilihat bahwa rentang waktu patah meningkat secara signifikan, dimana pada pembebanan 25 kg waktu patah adalah 250 jam dan pada pembebanan 30 kg waktu patah adalah 49.6 jam. Hal ini mengindikasikan bahwa fenomena SCC telah akan mulai terjadi pada pembebanan 25 kg. Pada saat spesimen A mulai bereaksi dengan lingkungan SCC maka laju perambatan retak akan meningkat secara signifikan, sehingga akan menyebabkan perubahan peningkatan waktu patah yang terjadi secara signifikan juga, pada pembebanan berikutnya.

4.4.2 Perbandingan Diagram Ambang antara Spesimen A, Spesimen WA, dan Spesimen SR

Perbandingan ditujukan untuk mengetahui pengaruh perbedaan sifat-sifat pada ketiga variasi spesimen uji terhadap perbedaan kekuatan masing-masing spesimen uji tersebut antara yang satu dengan yang lainnya pada lingkungan SCC, dengan lingkungan SCC yang sama, yakni HCl 1M.



Gambar 4.5 Grafik perbandingan diagram tegangan ambang spesimen A, spesimen WA, dan spesimen SR

Pada Gambar 4.5 dapat dilihat perbandingan diagram ambang spesimen A, spesimen WA, dan spesimen SR. Grafik tersebut menunjukkan bahwa nilai tegangan ambang spesimen A bernilai lebih tinggi dibandingkan spesimen WA. Perbedaan ini diakibatkan oleh adanya tegangan sisa hasil pengelasan pada sambungan las spesimen WA. Nilai tegangan

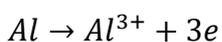
ambang spesimen SR juga akan bernilai lebih tinggi dibandingkan spesimen WA, dimana hal ini diakibatkan oleh adanya perlakuan *stress relieving* pada spesimen SR. Adanya perlakuan *stress relieving* pada spesimen SR sangat berperan dalam meningkatkan kekuatan spesimen SR sejalan dengan terbebasnya tegangan-tegangan sisa yang muncul pada saat proses las. Sedangkan nilai tegangan ambang spesimen A bernilai lebih tinggi dibandingkan spesimen SR.

Spesimen SR, walaupun telah dilakukan pelepasan tegangan sisa pada daerah WM, tidak dapat memulihkan sifat-sifatnya secara utuh ke bentuk *Base Metal* (BM) spesimen tersebut. Hal ini dikarenakan penurunan kualitas atau sifat-sifat yang terjadi pada spesimen SR, selama proses pengelasan, tidak saja diakibatkan munculnya tegangan sisa, namun juga terdapat hal-hal lain seperti cacat pengelasan berupa retak dan ketidak-stabilan struktur material daerah WM akibat pemanasan pada permukaan dengan komposisi yang tidak merata daripada spesimen SR. Jadi, walaupun telah dilakukan *stress relieving* pada spesimen SR guna menghilangkan tegangan sisa, hal tersebut tetap belum dapat mengembalikan sifat spesimen SR ke bentuk BM-nya sebab cacat dan ketidak-stabilan struktur tidak dapat diperbaiki dengan perlakuan *stress relieving*. Hal-hal buruk hasil pengelasan pada akhirnya juga akan berdampak pada ketahanan spesimen SR pada lingkungan SCC.

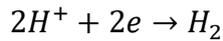
Struktur molekul daerah WM pada prinsipnya akan lebih bersifat heterogen daripada daerah BM. Hal ini berkaitan dengan kerentanannya terhadap SCC. Pada dasarnya kerentanan akan SCC pada unsur paduan akan lebih tinggi dibandingkan unsur murninya. Dengan posisi retak awal berada di tengah-tengah spesimen uji, maka pada spesimen WA dan spesimen SR retak awal berada tepat di daerah WM. Hal ini menjelaskan bahwa bersamaan dengan timbulnya konsentrasi tegangan, kondisi material akan diperburuk dengan korosi dan SCC yang lebih agresif pada daerah WM yang bersifat heterogen, struktur molekulnya. Pada fase ini peran korosi akan lebih besar dibandingkan pada spesimen A atau BM-nya.

Secara garis besar reaksi elektrokimia yang terjadi pada korosi aluminium dalam larutan HCl, oleh karena ukuran atom HCl yang lebih kecil dibandingkan Al maka penetrasi terhadap celah logam Al oleh HCl akan lebih baik. Berdasarkan contoh umum reaksi pada Poin 2.2.2, dapat diuraikan sebagai berikut:

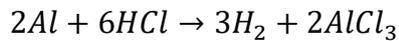
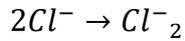
Reaksi oksidasi (anodik),



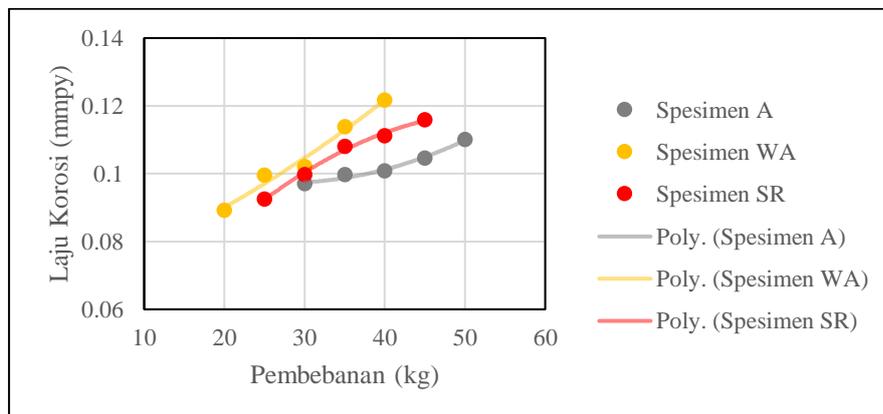
Reaksi reduksi (katodik),



Reaksi korosi,



Berdasarkan data yang didapatkan dari hasil pengujian, yakni berat yang hilang pada setiap variasi pembebanan masing-masing spesimen uji, maka dapat digambarkan grafik perbandingan laju korosi setiap spesimen uji, sebagai berikut:

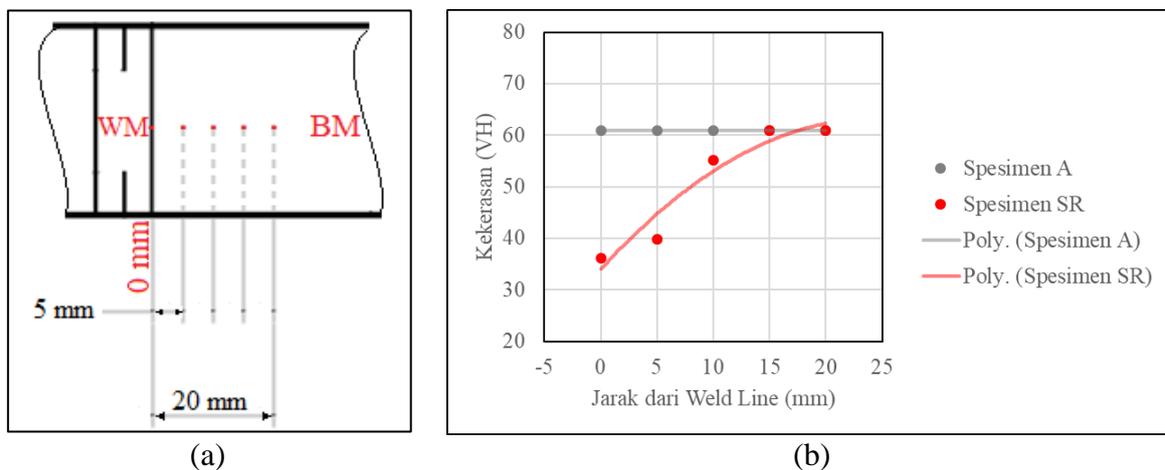


Gambar 4.6 Grafik perbandingan laju korosi spesimen A, spesimen WA, dan spesimen SR

Pada Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa semakin tinggi nilai pembebanan maka laju korosi juga akan semakin meningkat pada seluruh spesimen uji dengan nilai terendah dan tertinggi secara berurutan adalah spesimen A sebesar 0.097 mmpy pada pembebanan 30 kg dan 0.11 mmpy pada pembebanan 50 kg, spesimen WA sebesar 0.089 mmpy pada pembebanan 20 kg dan 0.112 mmpy pada pembebanan 40 kg, dan spesimen SR sebesar 0.092 mmpy pada pembebanan 25 kg dan 0.116 mmpy pada pembebanan 45 kg. Laju korosi spesimen WA memiliki nilai tertinggi diantara kedua variasi lainnya dimana hal ini dipicu oleh sifat-sifat spesimen WA yang didapat daripada proses las GTAW, seperti telah dijelaskan paragraf sebelumnya. Rendahnya kekuatan tarik daripada spesimen WA, khususnya pada daerah WM, akan menyebabkan lebih mudahnya pemutusan ikatan-ikatan antar atom pada struktur molekul spesimen tersebut. Daripada Gambar 4.6 dapat diambil kesimpulan bahwa spesimen

WA akan memiliki kekuatan paling kecil, dibandingkan dua variasi spesimen uji lainnya, oleh karena adanya tegangan sisa dan adanya laju korosi yang lebih besar.

Cacat pada aluminium dapat dipicu oleh beberapa macam hal, salah satunya adalah karena adanya *strength loss* pasca proses perlakuan aluminium. Pada spesimen SR, dimana pada prosesnya melewati perlakuan *stress relieving*, akan terjadi fenomena *strength loss*, yang dapat diketahui daripada uji kekerasan. Uji kekerasan dilakukan pada lima titik pengujian, dengan rentang 5 mm dan titik awal pada *Fusion Line* (FL) spesimen SR tersebut. Pengujian kekerasan akan melalui daerah *Heat Affected Zone* (HAZ) hingga berhenti di daerah BM spesimen SR. Pada spesimen A juga dilakukan uji kekerasan sebagai pembandingan nilai kekerasan antara FL dan BM. Secara skematik titik pengujian kekerasan spesimen SR adalah seperti ditunjukkan Gambar 4.7 (a).

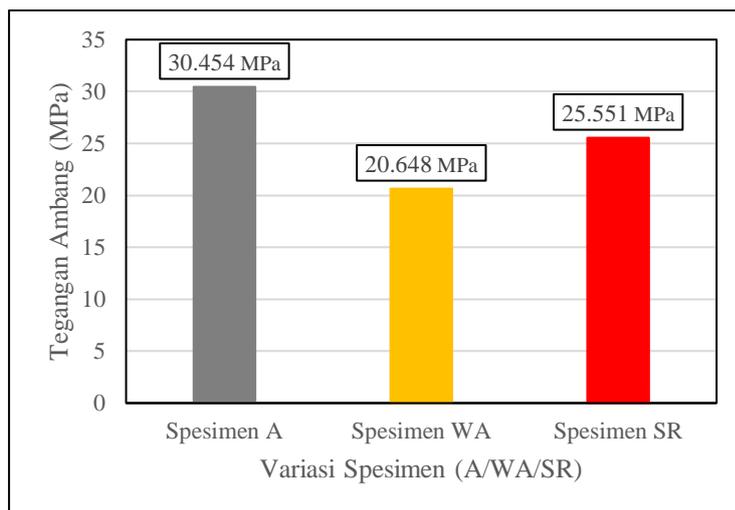


Gambar 4.7 (a) Jarak pengujian kekerasan pada spesimen SR dan (b) Grafik perbandingan kekerasan spesimen A dan spesimen SR

Pada Gambar 4.7 (b) dapat dilihat bahwa nilai kekerasan daripada spesimen A dan spesimen SR adalah sebagai berikut: Spesimen A, dari titik awal, bernilai konstan pada 60.9 VH, sedangkan spesimen SR, dari titik awal, bernilai 36.09 VH, 39.74 VH, 55.24 VH, 60.89 VH, dan 60.9 VH. Maka daripada hasil pengujian kekerasan ini, diketahui bahwa fenomena *strength loss* memang terjadi pada spesimen SR. Hal tersebut ditandai dengan penurunan nilai kekerasan seiring dengan semakin dekatnya titik pengujian dari titik awal, yakni WM. Adanya *strength loss* kemudian akan memicu terciptanya retak secara lebih mudah, dimana hal ini kemudian akan memicu terjadinya fenomena SCC yang lebih buruk.

Seperti telah dijelaskan pada Poin 2.8.2, fenomena *strength loss* terjadi oleh karena proses peleburan suatu unsur, seperti pada proses las, yang kemudian mengembalikan beberapa sifat suatu material pada kondisi sebelum diperlakukan proses penguatan. Pada

akhirnya dapat disimpulkan bahwa lebih rendahnya nilai tegangan ambang spesimen WA dibanding spesimen A dan spesimen SR dikarenakan terciptanya tegangan sisa pada saat pengelasan, sedangkan lebih rendahnya nilai tegangan ambang spesimen SR dibanding spesimen A dikarenakan adanya dampak-dampak lain daripada pengelasan yang tidak dapat dihilangkan oleh perlakuan *stress relieving*, seperti cacat retak, ketidak-stabilan struktur material, dan adanya *strength loss*. Guna mempermudah perbandingan nilai tegangan ambang ketiga variasi pengujian maka dibuat perbandingan berupa diagram batang, sebagai berikut:

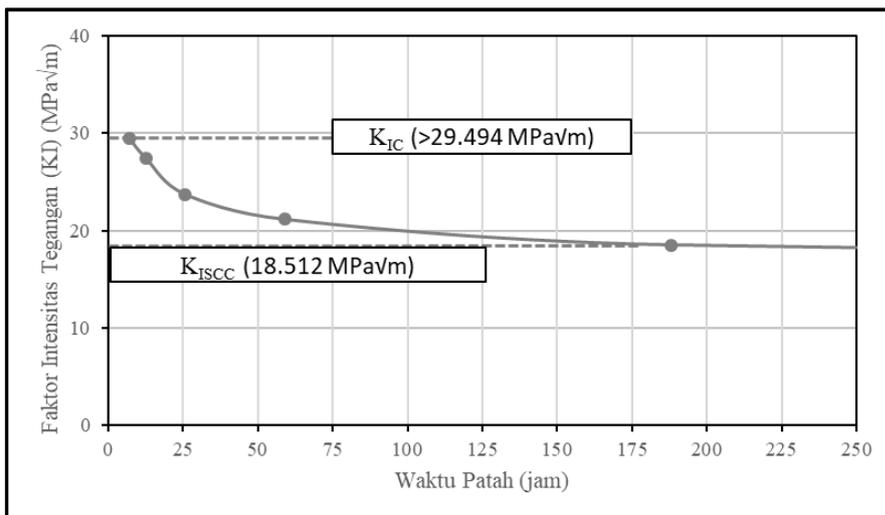


Gambar 4.8 Grafik diagram batang perbandingan tegangan ambang spesimen A, spesimen WA, dan spesimen SR

4.4.3 Karakteristik Masing-Masing Spesimen Uji

Karakteristik spesimen uji yang dimaksud pada penelitian ini, seperti telah dijelaskan pada Poin 1.3, meliputi nilai-nilai yang berdasar pada faktor intensitas tegangan yakni ketegaran SCC (K_{ISCC}) dan ketegaran perpatahan (K_{IC}). K_{ISCC} merupakan suatu nilai faktor intensitas tegangan material pada kondisi material tersebut akan memulai reaksinya dengan lingkungan SCC secara spesifik, sedangkan K_{IC} didefinisikan sebagai nilai ketegaran perpatahan material, yakni suatu nilai faktor intensitas tegangan material pada kondisi material tersebut mengalami penjarangan retak dengan sangat cepat sehingga menyebabkan kegagalan katastrofik. Adapun faktor utama yang mempengaruhi K_{ISCC} dan K_{IC} adalah adanya cacat retak pada permukaan material, dimana hal ini memicu terjadinya konsentrasi tegangan.

4.4.3.1 Karakteristik Spesimen A



Gambar 4.9 Grafik hubungan faktor intensitas tegangan dan waktu patah spesimen A

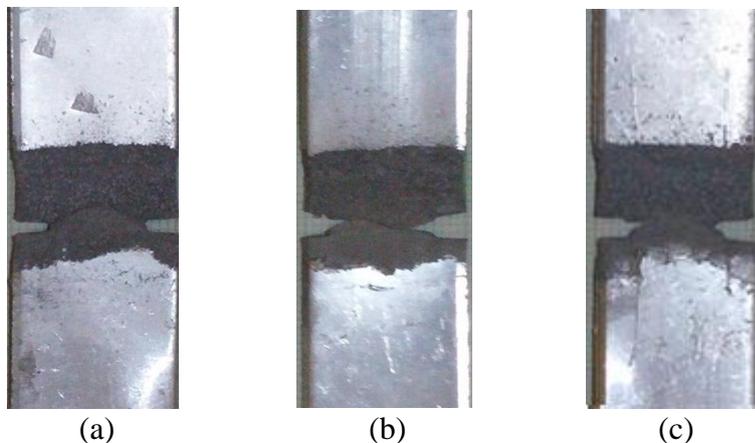
Dapat dilihat pada Gambar 4.9 bahwa peningkatan nilai faktor intensitas tegangan pada grafik hubungan faktor intensitas tegangan dan waktu patah akan memiliki kecenderungan serupa dengan grafik hubungan tegangan dan waktu patah. Hal ini disebabkan peran daripada tegangan yang menjadi salah satu dasar daripada perhitungan faktor intensitas tegangan. Pada grafik dapat dilihat nilai K_{ISCC} akan bernilai lebih kecil dibandingkan nilai K_{IC} , dengan nilai K_{ISCC} dan K_{IC} daripada spesimen A, secara berurutan adalah 18.512 MPa√m dan >29.494 MPa√m. Grafik tersebut juga mengindikasikan bahwa fenomena SCC akan mulai terjadi pada pembebanan paling rendah, yakni 30 kg. Sedangkan kegagalan katastrofik akan mulai terjadi pada pembebanan di atas 50 kg.

Pada grafik, sesungguhnya, tidak dapat ditentukan nilai K_{IC} yang sebenarnya dikarenakan kekuatan akan lingkungan SCC spesimen A berada di atas variasi pembebanan terbesar. Pada grafik dapat dilihat pula bahwa kecenderungan grafik adalah; Besarnya faktor intensitas tegangan akan mengalami penurunan secara signifikan pada daerah setelah K_{IC} , kemudian pada daerah mendekati K_{ISCC} penurunan akan terjadi dengan perubahan nilai yang sangat kecil hingga dapat dianggap konstan. Hal ini mengindikasikan bahwa seiring penurunan nilai faktor intensitas tegangan, penjarangan retak yang teramati akan semakin sedikit, hingga mencapai titik K_{ISCC} -nya, yakni 18.512 MPa√m.

Pada faktor intensitas tegangan spesimen A, dengan pembebanan diantara 35 kg hingga 50 kg, penjarangan retak oleh korosi akan cenderung lebih cepat terjadi. Dislokasi yang terjadi pada tahap awal, yakni tahap pemicuan, akan mengalami penumpukan untuk selanjutnya,

ketika dikenakannya tegangan tarik, akan tetap terbuka dan memberi celah bagi elektrolit untuk dapat masuk ke bagian ujung dalam cacat tersebut, dimana hal tersebut akan mempermudah larutan korosif untuk melakukan penetrasi ke bagian yang pada awalnya lebih sulit dijangkau. Namun penjalaran retak tersebut tidak akan diikuti dengan regangan, sehingga pada prosesnya, di lapangan, akan sulit untuk diketahui.

Pada pembebanan dibawah 35 kg penjalaran retak akan lebih dipengaruhi oleh kinerja mekanik dimana hal ini sepenuhnya akan berlandaskan pada kekuatan material masing-masing spesimen uji, oleh karenanya peregangan akan mudah untuk dideteksi. Pada prosesnya, fenomena SCC, dapat dilihat pada grafik, sejatinya akan mulai terjadi pada saat waktu patah mengalami penurunan secara signifikan, seiring dengan peningkatan nilai tegangan. Hal ini dipengaruhi oleh hal-hal yang telah disebutkan pada penjelasan-penjelasan sebelumnya, yakni tegangan, lingkungan korosif, dan kerentanan material spesimen uji terhadap fenomena SCC.



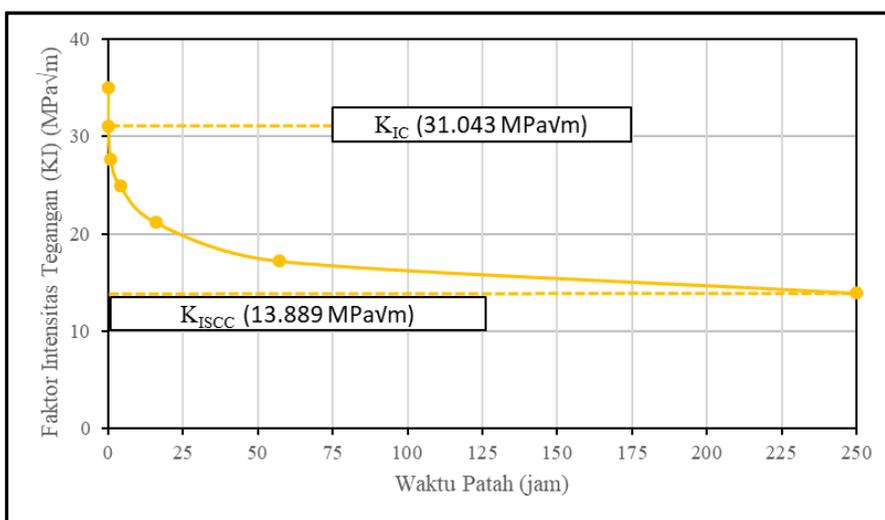
Gambar 4.10 Foto makro spesimen A pada pembebanan (a) 50 kg, (b) 40 kg, dan (c) 30 kg

Pada foto makro perpatahan spesimen A, Gambar 4.10, dapat dilihat bahwa semakin meningkatnya nilai faktor intensitas tegangan maka luasan retak yang terjadi akan semakin kecil. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi nilai tegangan maka kegagalan katastropik akan lebih cepat untuk terjadi. Dimana dengan semakin luasnya peretakan mengindikasikan nilai korosi yang lebih dominan pada proses kegagalan oleh fenomena SCC.

Pada spesimen A, dapat dilihat, bahwa korosi yang terjadi, seiring meningkatnya faktor intensitas tegangan, akan semakin besar. Seperti telah disajikan pada Tabel 4.8, laju korosi spesimen A pada pembebanan 50 kg, 40 kg, dan 30 kg, secara berurutan, 0.11 mmpy, 0.101 mmpy, dan 0.097 mmpy. Semakin tinggi laju korosi maka kegagalan akan SCC akan

semakin cepat untuk terjadi, dimana hal ini diakibatkan oleh penurunan kualitas pada struktur material spesimen A yang menyebabkan kekuatan ikatan antar atom juga semakin rendah. Hal tersebut dibuktikan dengan semakin meningkatnya pembebanan, pada Gambar 4.10 (a) pembebanan 50 kg, (b) pembebanan 40 kg, dan (c) pembebanan 30 kg, maka luasan spesimen yang terkorosi akan semakin meningkat.

4.4.3.2 Karakteristik Spesimen WA



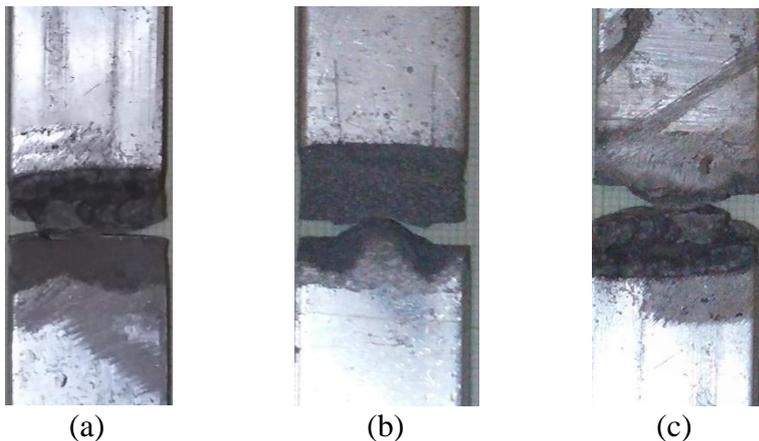
Gambar 4.11 Grafik hubungan faktor intensitas tegangan dan waktu patah spesimen WA

Dapat dilihat pada Gambar 4.11 bahwa nilai K_{ISCC} dan K_{IC} daripada spesimen WA, secara berurutan, adalah 13.889 MPa√m dan 31.043 MPa√m. Grafik tersebut juga mengindikasikan bahwa fenomena SCC akan mulai terjadi pada pembebanan paling rendah, yakni 25 kg. Sedangkan kegagalan katastropik akan mulai terjadi pada pembebanan 35 kg. Adanya tegangan sisa hasil pengelasan akan meningkatkan kecepatan reaksi kegagalan pada fenomena SCC.

Pada faktor intensitas tegangan spesimen WA, dengan pembebanan diantara 25 kg hingga 35 kg, penjalaran retak oleh korosi akan cenderung lebih cepat terjadi, dimana hal tersebut akan memberikan celah bagi larutan korosif untuk lebih mudah dalam melakukan penetrasi ke bagian yang pada awalnya lebih sulit dijangkau. Namun penjalaran retak tersebut tidak akan diikuti dengan regangan, sehingga pada prosesnya, di lapangan, akan sulit untuk diketahui. Pada pembebanan dibawah 25 kg penjalaran retak akan lebih dipengaruhi oleh kinerja mekanik dimana hal ini sepenuhnya akan berlandaskan pada

kekuatan material masing-masing spesimen uji, oleh karenanya peregangan akan mudah untuk dideteksi.

Pada prosesnya, fenomena SCC, dapat dilihat pada grafik, sejatinya akan mulai terjadi pada saat waktu patah mengalami penurunan secara signifikan, seiring dengan peningkatan nilai tegangan. Peran tegangan sisa hasil daripada proses las-pun juga akan mempengaruhi daya tahan secara signifikan, dengan pengaruh lingkungan yang minim. Selanjutnya peningkatan tegangan akan terus terjadi hingga pada tingkat dimana syarat-syarat fenomena SCC terpenuhi, pada fase ini-lah selanjutnya lingkungan akan mulai bereaksi secara intensif dengan spesimen uji sehingga akhirnya berakibat pada penurunan ketahanan material terhadap lingkungan SCC tersebut.



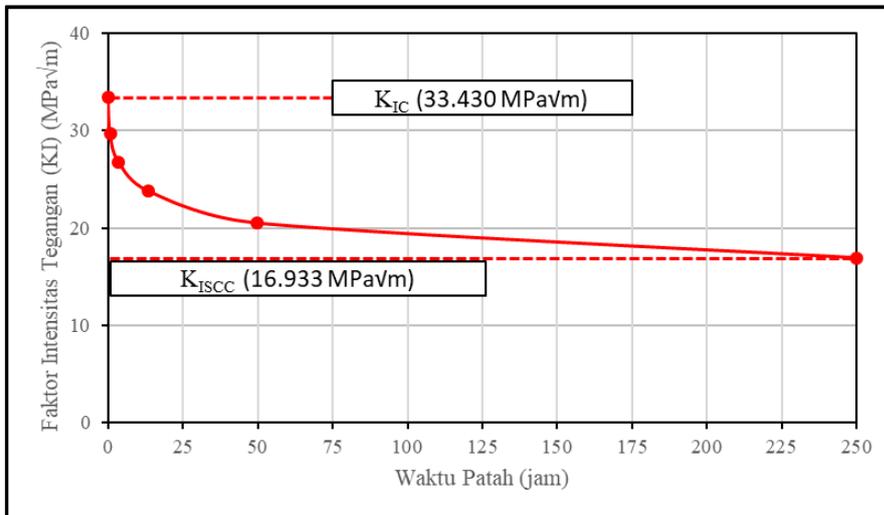
Gambar 4.12 Foto makro spesimen WA pada pembebanan (a) 35 kg, (b) 30 kg, dan (c) 25 kg

Pada foto makro perpatahan spesimen WA, Gambar 4.12, dapat dilihat bahwa semakin meningkatnya nilai faktor intensitas tegangan maka luasan retak yang terjadi akan semakin kecil. Sejalan dengan spesimen A, semakin tinggi pembebanan maka kegagalan katastropik pada spesimen WA akan semakin cepat terjadi. Pada spesimen WA, pengaruh daripada tegangan sisa akan mempengaruhi munculnya lintasan-lintasan aktif yang baru. Sehingga, sebanding dengan laju korosi spesimen WA tersebut, akan memiliki kerusakan akibat korosi yang relatif besar.

Sesungguhnya pengaruh tegangan sisa tidak akan berhubungan secara langsung. Pada dasarnya terdapat beberapa mekanisme timbulnya pemicu SCC, salah satu diantaranya adalah adanya retak-retak lokal pada batas butir yang menyebabkan struktur atom daripada suatu benda atau komponen berubah dan saling berpindah apabila adanya aplikasi tegangan tarik, tekan, geser, ataupun tegangan lainnya pada permukaan logam. Fenomena ini dapat

dianggap sebagai mekanisme pembentukan gerak cacat yang paling sederhana pada struktur kristal dan dikenal sebagai dislokasi. Tegangan sisa yang ada pada spesimen WA sejatinya akan berpengaruh langsung pada dislokasi tersebut, yang kemudian meningkatkan kerentanan terhadap kegagalan katastrofik.

4.4.3.3 Karakteristik Spesimen SR



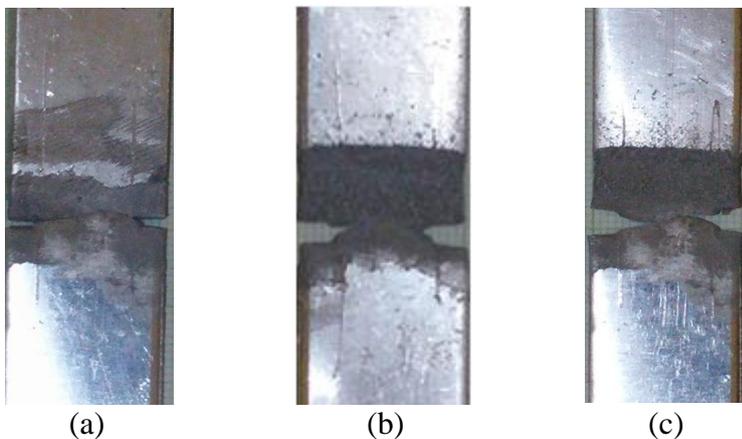
Gambar 4.13 Grafik hubungan faktor intensitas tegangan dan waktu patah spesimen SR

Dapat dilihat pada Gambar 4.13 bahwa nilai K_{ISCC} dan K_{IC} daripada spesimen SR, secara berurutan, adalah $16.933 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ dan $33.430 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$. Grafik tersebut juga mengindikasikan bahwa fenomena SCC akan mulai terjadi pada pembebanan paling rendah, yakni 30 kg. Sedangkan kegagalan katastrofik akan mulai terjadi pada pembebanan 40 kg. Adanya perlakuan *stress relieving* akan meningkatkan kekuatan daripada daerah WM spesimen SR, sehingga kerentanan terhadap lingkungan SCC, oleh karena pengelasan, dapat dikurangi. Pada prinsipnya, tegangan sisa merupakan tegangan akibat gaya dalam suatu sistem benda yang dapat mengubah jarak antar atom pada benda tersebut walaupun tidak adanya pembebanan dari luar sistem benda. Tegangan sisa tidak dapat dihindarkan, namun hal tersebut dapat diminimalisasi dengan beberapa cara, salah satu diantaranya adalah dengan perlakuan *stress relieving*. Dimana perlakuan tersebut akan berperan dalam meningkatkan ketahanan spesimen SR terhadap kegagalan SCC.

Pada faktor intensitas tegangan spesimen SR, dengan pembebanan diantara 30 kg hingga 40 kg, penjaralan retak oleh korosi akan cenderung lebih cepat terjadi, dimana hal tersebut akan memberikan celah bagi larutan korosif untuk lebih mudah dalam melakukan

penetrasi ke bagian yang pada awalnya lebih sulit dijangkau. Namun penjalaran retak tersebut tidak akan diikuti dengan regangan, sehingga pada prosesnya, di lapangan, akan sulit untuk diketahui. Pada pembebanan dibawah 30 kg penjalaran retak akan lebih dipengaruhi oleh kinerja mekanik dimana hal ini sepenuhnya akan berlandaskan pada kekuatan material masing-masing spesimen uji, oleh karenanya peregangan akan mudah untuk dideteksi.

Sejalan dengan spesimen A dan spesimen WA, pada prosesnya, fenomena SCC pada spesimen SR, dapat dilihat pada grafik, sejatinya akan mulai terjadi pada saat waktu patah mengalami penurunan secara signifikan, seiring dengan peningkatan nilai tegangan. Adanya perlakuan *stress relieving* terhadap spesimen SR akan mengakibatkan fenomena SCC terjadi lebih lambat dibandingkan tanpa perlakuan *stress relieving*. Faktor intensitas tegangan akan bernilai lebih tinggi dibanding sebelum dilakukan *stress relieving*. Maka dari itu semakin cepatnya waktu patah akan lebih dipengaruhi oleh tegangan luar dan korosi pada lingkungan SCC spesimen SR.

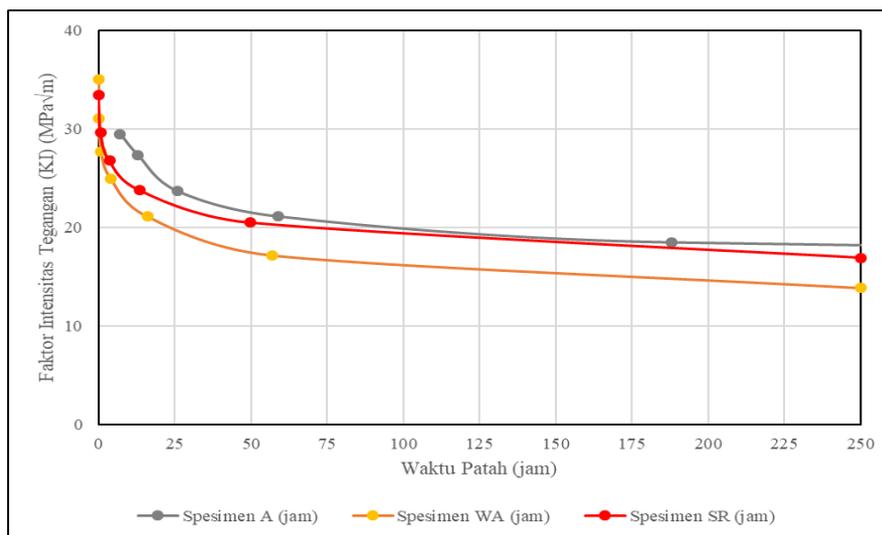


Gambar 4.14 Foto makro spesimen SR pada pembebanan (a) 40 kg, (b) 35 kg, dan (c) 30 kg

Pada foto makro perpatahan spesimen SR, Gambar 4.14, dapat dilihat bahwa semakin meningkatnya nilai faktor intensitas tegangan maka luasan retak yang terjadi akan semakin kecil. Sejalan dengan spesimen A dan spesimen WA, semakin tinggi pembebanan maka kegagalan katastrofik pada spesimen SR akan semakin cepat terjadi. Pada spesimen SR, pada Gambar 4.14 (a), (b), dan (c), dapat diketahui bahwa perlakuan *stress relieving* tidak akan mempengaruhi ketahanan spesimen SR terhadap laju korosi secara signifikan, maka dapat disimpulkan bahwa peningkatan kekuatan hanya akan dipengaruhi oleh pengurangan nilai tegangan pada spesimen tersebut.

4.4.4 Perbandingan Karakteristik antara Spesimen A, Spesimen WA, dan Spesimen SR

Perbandingan ini ditujukan untuk mengetahui pengaruh perbedaan sifat-sifat daripada ketiga variasi spesimen uji terhadap perbedaan karakteristik masing-masing spesimen uji tersebut antara yang satu dengan yang lainnya pada lingkungan SCC, dengan lingkungan SCC yang sama, yakni HCl 1M. Perbandingan dilakukan berdasarkan K_{IC} , K_{ISCC} , dan foto makro setelah terjadinya patah masing-masing spesimen uji antara yang satu dengan yang lainnya.



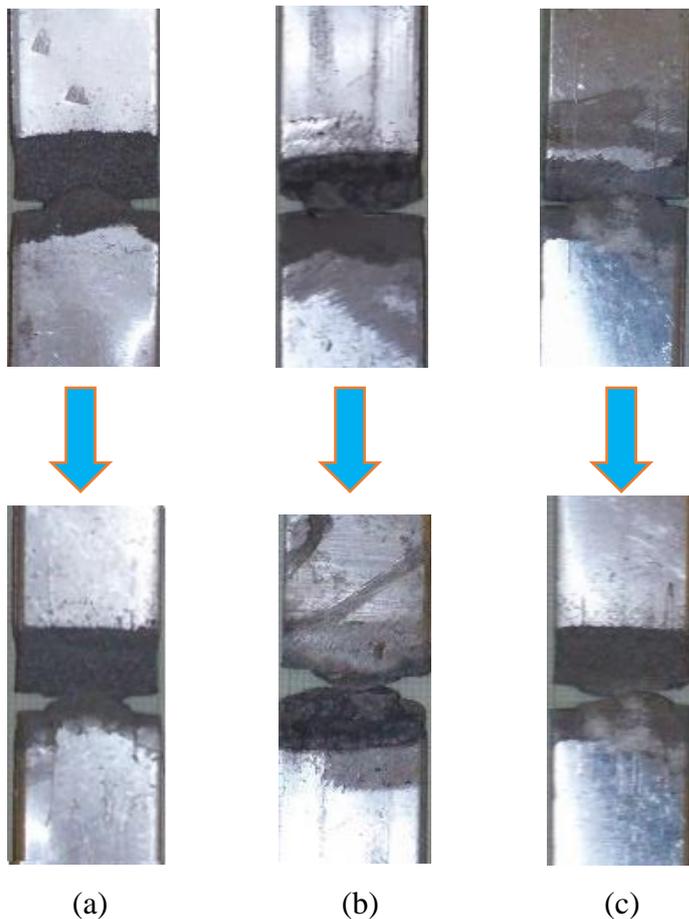
Gambar 4.15 Grafik perbandingan faktor intensitas tegangan spesimen A, spesimen WA, dan spesimen SR

Pada Gambar 4.15 dapat dilihat perbandingan faktor intensitas tegangan spesimen A, spesimen WA, dan spesimen SR. Grafik tersebut menunjukkan bahwa secara umum perbandingan faktor intensitas tegangan akan sejalan dengan perbandingan diagram ambang, dimana spesimen A akan memiliki K_{IC} dan K_{ISCC} tertinggi dengan $>29.494 \text{ MPa}\sqrt{m}$ dan $18.512 \text{ MPa}\sqrt{m}$, sedangkan spesimen WA akan memiliki K_{IC} dan K_{ISCC} terendah dengan $31.043 \text{ MPa}\sqrt{m}$ dan $13.889 \text{ MPa}\sqrt{m}$. Daripada grafik ini dapat diketahui bahwa semakin meningkatnya K_{IC} dan K_{ISCC} maka peretakkan katastrofik akan semakin cepat terjadi dan semakin cepat peretakkan katastrofik terjadi maka volume spesimen uji akan semakin besar. Dimana semakin cepat peretakkan katastrofik terjadi maka korosi yang terjadi juga akan semakin kecil. Keseluruhan proses kegagalan akan dipengaruhi oleh tiga faktor dasar yang saling berhubungan antara yang satu dengan yang lainnya, yakni tegangan, korosi, dan kerentanan material itu sendiri terhadap fenomena SCC.

Dengan dasar teori seperti telah disebutkan pada paragraf sebelumnya, maka dapat diketahui bahwa perbedaan karakteristik antara spesimen yang satu dengan yang lainnya akan berhubungan dengan perbedaan sifat yang diakibatkan oleh perlakuan akan masing-masing spesimen uji, sebagai berikut; Pada spesimen A, yakni spesimen aluminium tanpa pengelasan dan tanpa *stress relieving*, didapat karakteristik dengan peretakan katastrofik serta perambatan retak, yang terjadi pada lingkungan SCC, berjalan dalam tempo yang lebih lambat dibandingkan kedua variasi spesimen uji lainnya, dimana hal ini disebabkan oleh lebih homogenya struktur atom spesimen A tersebut.

Pada spesimen WA, yakni spesimen aluminium dengan pengelasan dan tanpa *stress relieving*, didapat karakteristik dengan peretakan katastrofik serta perambatan retak, yang terjadi pada lingkungan SCC, berjalan dalam tempo yang lebih cepat dibandingkan kedua variasi spesimen uji lainnya, dimana hal ini diakibatkan oleh adanya tegangan sisa hasil pengelasan pada sambungan las spesimen WA tersebut. Sehingga pada saat suatu gaya diaplikasikan pada spesimen WA, maka nilai tegangan yang diterima akan jauh lebih besar dibandingkan kedua variasi spesimen lainnya.

Sedangkan pada spesimen SR, yakni spesimen aluminium dengan pengelasan dan dengan *stress relieving*, didapat karakteristik dengan peretakan katastrofik serta perambatan retak, yang terjadi pada lingkungan SCC, berjalan dalam tempo yang lebih lambat dibandingkan spesimen WA dan lebih cepat dibandingkan spesimen A. Lebih lambatnya peretakan katastrofik serta perambatan retak dibandingkan spesimen WA disebabkan oleh adanya penghilangan tegangan sisa pasca-pengelasan, dimana hal ini berpengaruh pada besaran tegangan yang akan diterima oleh spesimen SR tersebut. Sedangkan lebih cepatnya peretakan katastrofik serta perambatan retak dibandingkan spesimen A disebabkan oleh adanya *strength loss* dan heterogenitas struktur atom spesimen SR dibandingkan spesimen A. Perbandingan karakteristik masing-masing spesimen uji antara yang satu dengan yang lainnya akan lebih diperjelas dengan perbandingan foto makro ketiga spesimen uji.

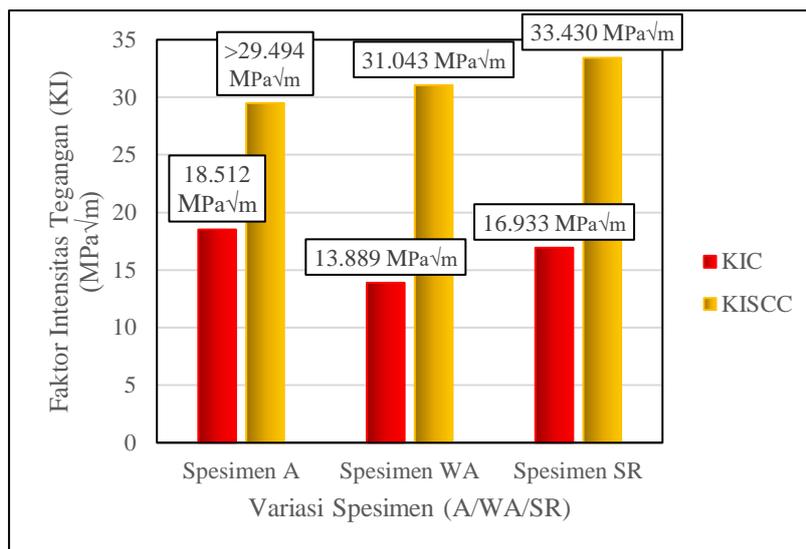


Gambar 4.16 Foto makro (a) Spesimen A pada K_{IC} (pembebanan 50 kg) dan K_{ISCC} (pembebanan 30 kg), (b) Spesimen WA pada K_{IC} (pembebanan 35 kg) dan K_{ISCC} (pembebanan 25 kg), dan (c) Spesimen SR pada K_{IC} (pembebanan 40 kg) dan K_{ISCC} (pembebanan 30 kg)

Daripada Gambar 4.16 dapat dilihat bahwa, pada pembebanan dimana faktor intensitas tegangan mencapai K_{ISCC} , tahap pemicuan yang terjadi pada spesimen A dan spesimen SR akan lebih lama terjadi dibandingkan spesimen WA, yang ditandai dengan luasan retak dan luasan terkorosi yang lebih besar pada spesimen A dan spesimen SR, sedangkan tahap pemicuan yang terjadi pada spesimen A akan lebih lama terjadi dibandingkan spesimen SR, yang ditandai dengan luasan retak dan luasan terkorosi yang lebih besar pada spesimen A. Sedangkan, pada pembebanan dimana faktor intensitas tegangan mencapai K_{IC} , penjalaran retak yang terjadi pada spesimen A dan spesimen SR akan lebih lama terjadi dibandingkan spesimen WA, sedangkan penjalaran retak yang terjadi pada spesimen A akan lebih lama terjadi dibandingkan spesimen SR.

Selain itu, melalui keterkaitan Gambar 4.16, dapat diketahui, seperti telah dijelaskan Poin 4.4.3.1, bahwa semakin meningkatnya nilai faktor intensitas tegangan maka luasan retak yang terjadi akan semakin kecil, dimana hal ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi

nilai tegangan maka kegagalan katastrofik akan lebih cepat untuk terjadi. Pada hubungannya antara spesimen yang satu dengan yang lainnya, dapat diketahui bahwa; Spesimen A, spesimen WA, dan spesimen SR akan mulai mengalami peretakan SCC dan peretakan katastrofik, pada K_{IC} dan K_{ISCC} spesimen A, spesimen WA, dan spesimen SR, secara berurutan, ialah $>29.494 \text{ MPa}\sqrt{m}$ dan $18.512 \text{ MPa}\sqrt{m}$, $31.043 \text{ MPa}\sqrt{m}$ dan $13.889 \text{ MPa}\sqrt{m}$, dan $33.43 \text{ MPa}\sqrt{m}$ dan $16.933 \text{ MPa}\sqrt{m}$. Guna mempermudah perbandingan karakteristik ketiga variasi pengujian maka dibuat perbandingan berupa diagram batang, sebagai berikut:



Gambar 4.19 Grafik diagram batang perbandingan K_{IC} dan K_{SCC} spesimen A, spesimen WA, dan spesimen SR