

## Ketahanan Korosi Daerah Sambungan Las Baja Karbon Rendah

M. Sairin Haning<sup>1)</sup> dan R.H. Rusli<sup>1,2)</sup>

<sup>1)</sup> Program Studi Materials Science, Program Pascasarjana Universitas Indonesia

<sup>2)</sup> Research Center For Materials Science and Engineering (RCMS) Program Pascasarjana Universitas Indonesia

M. Sairin Haning dan R.H. Rusli, Ketahanan Korosi Daerah Sambungan Las Baja Karbon Rendah. Jurnal Ilmu dan Rekayasa Material 1999; 1(3): 70-82.

### Abstrak

Perubahan struktur mikro daerah las baja karbon rendah menyebabkan terjadinya perubahan dan perbedaan sifat ketahanan korosi. Tingkat ketahanan korosi secara tidak langsung dipengaruhi oleh bentuk dan jenis perlakuan atau pengerjaan yang telah dialami sebelumnya. Untuk meningkatkan pengawasan terhadap kerusakan yang diakibatkan oleh korosi pada daerah sambungan las maka dilakukan penelitian tingkat ketahanan korosi pada daerah logam las (WM), daerah logam induk (BM) dan daerah terpengaruh panas (BM-HAZ, HAZ, WM-HAZ) dengan menggunakan bahan dari baja karbon rendah hasil canai panas yang telah mengalami proses pengelasan. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan tingkat ketahanan korosi antara masing-masing daerah disekitar sambungan las. Tingkat ketahanan tertinggi terjadi pada daerah logam las (WM) spesimen WM.2 dan tingkat ketahanan korosi terendah terjadi pada daerah berbutir halus (HAZ) spesimen WM.3.

### Abstract

The change of microstructure in the welding joint region of low carbon steel more often to cause difference in corrosion resistance. Corrosion resistance indirectly is influenced by the heat treatment or fabrication procedure. Improving fabrication procedure is necessary to prevent deleterious effect of corrosion in the welding joint area. Therefore in this investigation corrosion resistance in the weld metal area (WM), heat affected zone area (HAZ) as well as base metal (BM) become prime concern. The materials used in this investigation come from hot rolled process. The result indicated the different corrosion resistance between WM, BM and HAZ in the weld joint area. Highest corrosion resistance was found in the WM area while low corrosion resistance is the HAZ area.

### Pendahuluan

Baja merupakan bahan yang banyak digunakan sebagai bahan baku industri perkapalan, konstruksi rangka baja, jembatan, kilang-kilang minyak atau tangki-tangki Pertamina serta berbagai sektor industri lainnya. Pada proses

penggunaan selanjutnya lembaran pelat baja tersebut banyak berhubungan dengan proses penyambungan diantaranya adalah proses penyambungan dengan cara pengelasan. Karena penyambungan dengan cara ini memiliki kelebihan antara lain hasil penyambungan sangat kuat dan rapat serta pelaksanaannya dapat

dilakukan dengan mudah dan praktis dibandingkan dengan cara penyambungan lainnya. Selain memiliki kelebihan juga terdapat kekurangan atau kerugian antara lain berupa kecenderungan terbentuknya peralatan, yang akan menimbulkan masalah yang besar bagi dunia industri dan konstruksi karena tidak sedikit kerugian material maupun finansial yang akan terjadi<sup>1,2</sup>.

Untuk menjamin kualitas ketahanan terhadap serangan korosi pada daerah sambungan las, satu hal yang perlu mendapat perhatian adalah bentuk berupa jenis pengerjaan awal yang telah dialami sebelum dilakukan proses pengelasan, karena hal ini dapat berpengaruh pada kualitas ketahanan bahan / peralatan terhadap serangan korosi dari daerah tersebut<sup>3</sup>.

Sebagai tindak lanjut terhadap hal ini maka perlu dilakukan penelitian khusus untuk mengetahui sejauh mana pengaruh perlakuan (arah roll terhadap arah las) terhadap tingkat ketahanan korosi pada daerah logam las (WM), daerah terpengaruh panas (BM-HAZ, HAZ, WM-HAZ), daerah logam induk (BM) serta faktor penyebab terjadinya perbedaan tingkat ketahanan korosi dari masing-masing daerah tersebut.

#### Laju Korosi<sup>4</sup>

Pengurangan massa digunakan sebagai ukuran ketahanan korosi dimana besarnya penetrasi rata-rata dalam mils/yr dapat dihitung jika diketahui :

- Kehilangan berat persatuan luas permukaan yang terkorosi.
- Berat logam persatuan volume.
- Waktu pengabutan

Sehingga kecepatan korosi dapat dihitung dengan persamaan seperti dibawah :

$$R = K.W / A.T.De \dots\dots (1)$$

dimana :

- R = Laju Korosi (mills/yr)
- K = Konstanta ( $8,76 \times 10^4$ )
- W = Berat logam yang terkorosi (gram)

karat pada daerah sambungan las dalam waktu yang sangat singkat, hal ini mempermudah terjadinya kegagalan atau kerusakan berupa patah, bocor atau penipisan ketebalan pada komponen

A = Luas permukaan yang terkorosi ( $\text{cm}^2$ )

T = Waktu pengabutan (jam)

De = Rapat jenis logam ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

#### Bahan dan Cara Kerja

Bahan dasar yang digunakan pada penelitian ini adalah baja karbon rendah spesifikasi Ship Plate BKI Grade "A" hasil canai panas produksi PT.Krakatau Steel, dengan komposisi sebagai berikut :

C = 0,186 %      Si = 0,016 %

P = 0,130 %      Al = 0,037 %

S = 0,014 %      Mn = 0,0868 %

Pada penelitian ini dilakukan pengelasan pada pelat baja (spesimen ) dengan menggunakan SMAW (Shielded Metal Arc Welding). Jenis sambungan yang digunakan adalah sambungan tumpul dengan alur "V" (kampuh V) serta arus dan kecepatan pengelasan masing-masing 120A dan 0,2 mm/detik dengan pendinginan udara serta arah logam las terdiri dari  $0^\circ$  terhadap arah roll (spesimen WM.1),  $90^\circ$  terhadap arah roll (spesimen WM.2) dan  $45^\circ$  terhadap arah roll (spesimen WM.3).

Setelah pengelasan selesai maka dilakukan pengujian metalografi, pengujian korosi dengan metode kabut uap garam (salt sprayer) serta pengujian kekasaran permukaan (surface roughness).

#### Laju korosi masing-masing daerah<sup>5</sup>

Untuk menentukan besarnya laju korosi (pengurangan massa persatuan waktu ) pada masing-masin daerah dapat dipandang sebagai perbandingan antara besarnya laju korosi pada suatu daerah sebanding dengan besarnya nilai kekasaran permukaan pada daerah itu akan sama dengan perbandingan antara

besarnya laju korosi spesimen dengan jumlah nilai kekasaran permukaan masing-masing daerah, hal ini dapat ditulis dalam bentuk persamaan sebagai berikut :

$$R : R_i = \Sigma Ra : Ra_i \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

R = Laju korosi total spesimen (mdd)

R<sub>i</sub> = Laju korosi suatu daerah (mdd)

ΣRa = Jumlah nilai kekasaran permukaan masing-masing daerah (μm).

ΣRa<sub>i</sub> = Kekasaran permukaan suatu daerah (μm).

Hasil dari perhitungan laju korosi (mdd) masing-masing daerah selanjutnya dikonversi kedalam mills/yr dan akan dibandingkan dengan standar ketahanan korosi relatif (Tabel 4).

**Hasil Pengamatan**

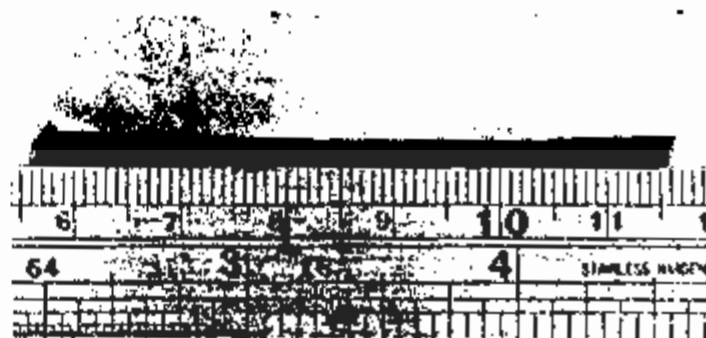
Geometri spesimen yaitu WM.1 WM.2 dan WM.3 masing-masing dapat dilihat pada Gambar 1.a, 1.b dan 1.c.



Gambar 1.a. Penampang spesimen WM.1



Gambar 1.b. Penampang spesimen WM.2



Gambar 1.c. Penampang spesimen WM.3

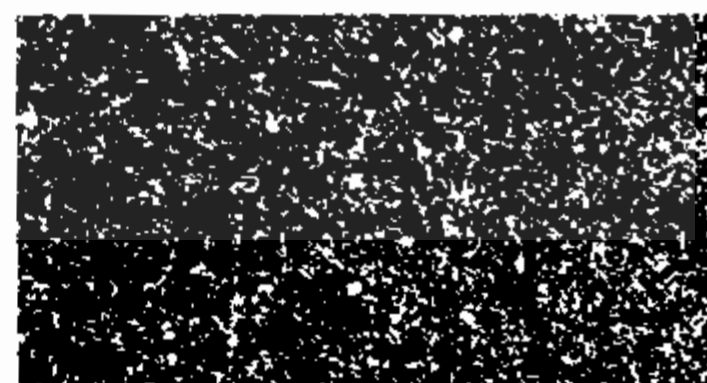
Hasil dari pengujian metalografi untuk spesimen WM.1 pada daerah BM, BM-HAZ, HAZ, WM-HAZ, dan WM dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini :



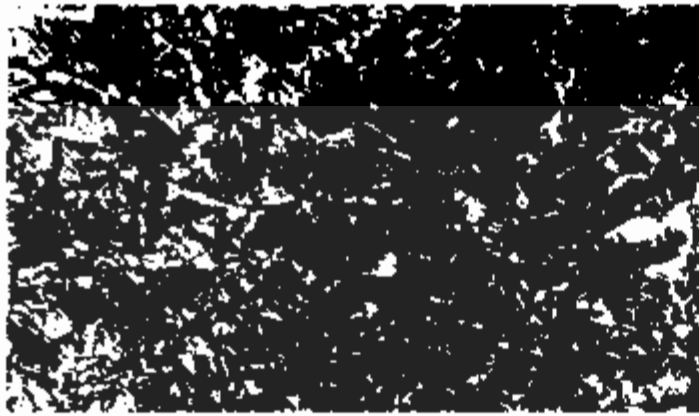
Gambar 2.a. Struktur mikro daerah HAZ.



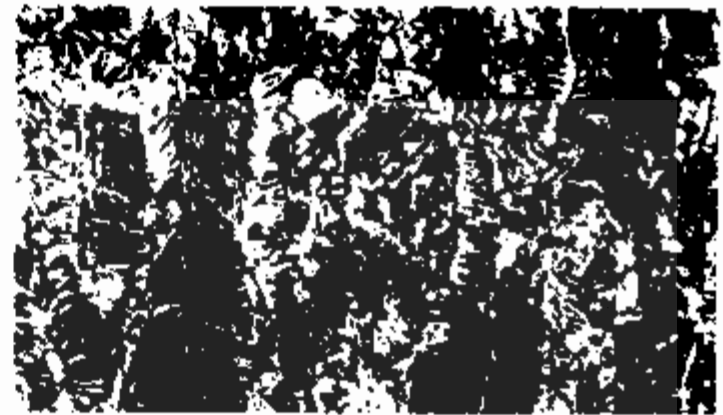
Gambar 2.b. Struktur mikro daerah BM-HAZ.



Gambar 2.c. Struktur mikro daerah HAZ.



Gambar 2.d. Struktur mikro daerah WM-HAZ.



Gambar 2.e. Struktur mikro daerah WM

Hasil Pengujian kekasaran permukaan (surface roughness) ditunjukkan oleh Tabel 1.a s/d 1.d berikut:

Tabel 1.a. Hasil uji kekasaran permukaan .Ra (µm) waktu pengabutan 0 Jam Pembesaran 5000 x

Daerah	s p e s i m e n		
	WM.1	WM.2	WM.3
BM	0,125	0,210	0,180
	0,165	0,190	0,122
	0,130	0,140	0,120
	0,120	0,200	0,185
	0,140	0,182	0,151
BM-HAZ	0,105	0,130	0,100
	0,190	0,180	0,200
	0,120	0,310	0,195
	0,195	0,220	0,190
	0,125	0,210	0,170
HAZ	0,105	0,130	0,150
	0,115	0,140	0,185
	0,180	0,100	0,105
	0,100	0,180	0,190
	0,120	0,137	0,157
HAZ-WM	0,199	0,140	0,170
	0,190	0,110	0,200
	0,150	0,240	0,100
	0,120	0,200	0,110
	0,100	0,172	0,145
WM	0,199	0,140	0,185
	0,105	0,155	0,105
	0,150	0,200	0,140
	0,100	0,170	0,150
	0,190	0,240	0,145

Tabel 1.b. Hasil uji kekasaran permukaan .Ra ( $\mu\text{m}$ )

waktu pengabutan : 24 Jam

Pembesaran : 1000 x

Daerah	s p e s i m e n		
	WM.1	WM.2	WM.3
BM	2,300	1,750	1,300
	2,200	2,020	1,700
	2,100	2,300	2,100
	2,150	2,050	2,200
	2,000	1,800	2,300
BM-HAZ	1,050	1,500	1,510
	1,900	1,550	1,300
	1,850	1,515	1,405
	1,650	1,535	1,457
	1,750	1,525	1,352
HAZ	1,700	1,600	1,505
	1,765	1,500	1,875
	1,750	1,550	1,690
	1,725	1,520	1,597
	1,800	1,542	1,782
HAZ-WM	1,750	1,700	1,500
	2,150	1,450	1,360
	1,950	1,575	1,425
	2,050	1,637	1,450
	1,850	1,668	1,350
WM	2,150	1,600	1,500
	1,900	1,300	1,300
	2,025	1,450	1,400
	1,960	1,520	1,450
	2,060	1,410	1,351

Tabel 1.c. Hasil uji kekasaran permukaan .Ra ( $\mu\text{m}$ )

waktu pengabutan : 48 Jam

Pembesaran : 1000 x

Daerah	s p e s i m e n		
	WM.1	WM.2	WM.3
BM	1,500	1,600	1,700
	1,750	1,700	1,710
	1,850	1,520	1,250
	2,150	2,000	1,200
	2,100	2,200	2,200
BM-HAZ	1,300	1,700	1,700
	2,200	2,050	1,750
	2,400	1,850	1,205
	1,520	1,970	1,200
	1,110	2,000	1,450
HAZ	1,550	1,575	1,950
	2,000	1,850	1,575
	1,825	1,680	1,250

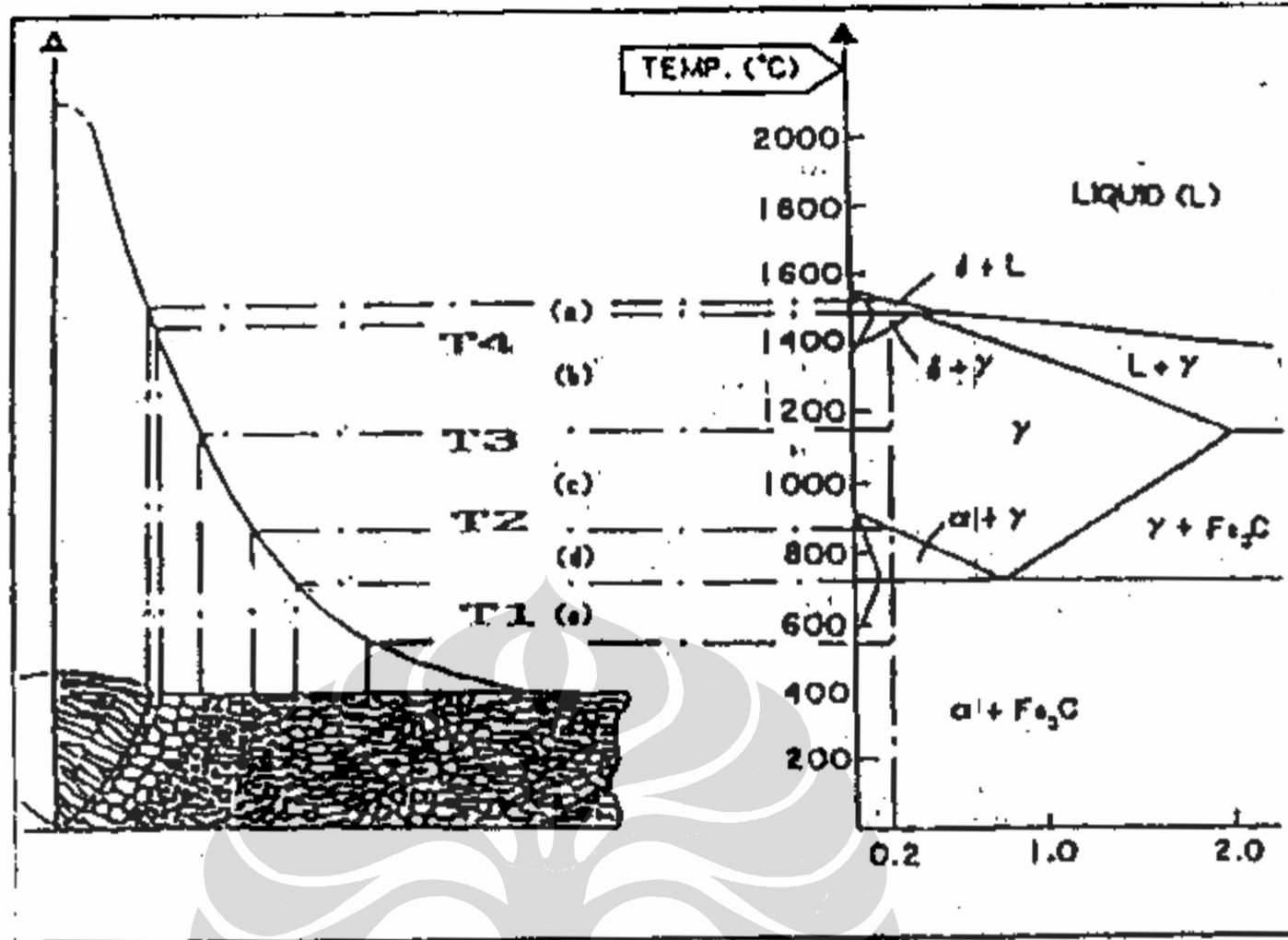
	1,515 1,310	1,735 1,775	1,585 1,417
HAZ-WM	1,825 1,975 1,550 1,255 1,960	1,755 2,175 1,955 1,750 1,725	2,750 2,375 1,500 2,035 2,000
WM	1,800 1,350 1,950 1,510 1,250	1,450 1,700 1,510 1,500 1,350	2,200 1,450 1,300 1,970 1,750

Tabel 1.d. Hasil uji kekasaran permukaan .Ra ( $\mu\text{m}$ )  
 waktu pengabutan : 72 Jam  
 Pembesaran : 1000 x

Daerah	s p e s i m e n		
	WM.1	WM.2	WM.3
BM	1,600	1,050	1,050
	0,600	1,300	0,990
	0,800	1,000	0,900
	0,750	0,900	0,600
	0,650	0,990	1,000
BM-HAZ	0,962	1,152	1,047
	1,360	0,937	1,137
	0,675	0,947	1,118
	0,825	1,050	0,962
	1,325	1,375	1,141
HAZ	1,025	1,130	1,075
	1,775	0,925	1,375
	0,750	0,900	1,575
	0,725	1,150	0,800
	1,900	1,700	1,575
HAZ-WM	0,937	1,215	1,137
	1,237	0,962	1,337
	2,237	0,900	1,437
	0,912	0,975	0,925
	1,275	1,100	1,462
WM	0,850	1,300	1,200
	0,700	1,000	1,300
	3,750	0,900	1,310
	1,100	0,800	1,050
	0,650	0,500	1,350

Gambar 3 berikut menunjukkan struktur mikro yang terjadi pada daerah las, sedangkan informasi ukuran besar butir

rata-rata pada masing-masing spesimen dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 3. Struktur mikro daerah las

Tabel 2. Besar butir rata-rata

No.Spes	Perlakuan	Daerah	Diameter butir rata-rata	
			d( um )	d( mm )
WM.1	Arah roll 0°Arah las	A.Base metal	12,30	0,0123
		B.HAZ	04,05	0,0040
		C.Logam las	22,67	0,0226
		D.Antara logam las dan HAZ	15,28	0,0152
		E.Antara HAZ dan Base metal	08,90	0,0089
WM.2	Arah roll 90°Arah las	A.Base metal	13,00	0,0130
		B.HAZ	04,09	0,0049
		C.Logam las	40,98	0,0409
		D.Antara logam las dan HAZ	18,70	0,0187
		E.Antara HAZ dan Base metal	10,80	0,0108
WM.3	Arah roll 45°Arah las	A.Base metal	10,50	0,0105
		B.HAZ	04,00	0,0040
		C.Logam las	27,47	0,0274
		D.Antara logam las dan HAZ	33,11	0,0331
		E.Antara HAZ dan Base metal	08,90	0,0089



Hasil Pengujian korosi dengan metoda kabut uap garam (salt sprayer) terlihat pada Tabel 3, sedangkan untuk standar ketahanan korosi relatif ditunjukkan oleh Tabel 4.

Hasil perhitungan konversi laju korosi spesimen WM.1, WM.2 dan WM.3 untuk waktu pengabutan masing-masing 24, 48 dan 72 jam dapat dilihat pada Tabel 5.a s/d 5.i .

Tabel 3. Hasil rata-rata uji korosi

Kode Spesimen	Berat Awal ( gram )	Berat Akhir (gram)	Waktu ( Jam )	Luas Permukaan ( cm <sup>2</sup> )	Laju Korosi ( mdd )
BM.1	50,4695	50,4262	24	4,15	1038,55
BM.2	39,6081	39,5730	24	3,80	923,68
BM.3	53,3024	53,2542	24	4,73	1019,03
BM.1	50,4695	50,3995	48	4,15	843,37
BM.2	39,6081	39,5474	48	3,80	798,68
BM.3	53,3042	53,2285	48	4,73	781,18
BM.1	50,4695	50,3705	72	4,15	795,18
BM.2	39,6081	39,5113	72	3,80	849,12
BM.3	53,3024	53,1993	72	4,73	726,57
WM.1	64,5945	64,5430	24	4,25	1211,76
WM.2	62,9000	62,8444	24	4,40	1263,64
WM.3	66,2840	66,2285	24	4,30	1290,98
WM.1	64,5945	64,5202	48	4,25	874,12
WM.2	62,9000	62,8180	48	4,40	931,82
WM.3	66,2840	66,2020	48	4,30	953,49
WM.1	64,5945	64,5070	72	4,25	686,27
WM.2	62,9000	62,7981	72	4,40	771,97
WM.3	66,2840	66,1682	72	4,30	897,67

Tabel 4. Ketahanan Korosi Relatif (mampu korosi)  
Standar kecepatan korosi

Ketahanan korosi relatif	Kecepatan korosi (mm/yr)
Luar biasa	< 0,02
Baik sekali	0,02 - 0,15
Baik	0,15 - 0,5
Cukup	0,5 - 1,25
Jelek	1,25 - 5
Jelek sekali	> 5



**Tabel 5a. Hasil Perhitungan Konversi Laju Korosi  
Spesimen WM.1 / Waktu Pengabutan 24 jam**

Daerah	Laju Korosi (mdd)	Faktor Konversi	Laju Korosi (mm/yr)
BM	244,616	0,004695	1,149
BM-HAZ	228,412	0,004695	1,072
HAZ	242,063	0,004695	1,137
WM-HAZ	242,340	0,004695	1,138
WM	242,340	0,004695	1,138

**Tabel 5b. Hasil Perhitungan Konversi Laju Korosi  
Spesimen WM.2 / Waktu Pengabutan 24 jam**

Daerah	Laju Korosi (mdd)	Faktor Konversi	Laju Korosi (mm/yr)
BM	252,728	0,004695	1,187
BM-HAZ	252,397	0,004695	1,185
HAZ	252,728	0,004695	1,187
WM-HAZ	252,728	0,004695	1,187
WM	186,364	0,004695	0,875

**Tabel 5c. Hasil Perhitungan Konversi Laju Korosi  
Spesimen WM.3 / Waktu Pengabutan 24 jam**

Daerah	Laju Korosi (mdd)	Faktor Konversi	Laju Korosi (mm/yr)
BM	258,196	0,004695	1,212
BM-HAZ	258,196	0,004695	1,212
HAZ	258,196	0,004695	1,212
WM-HAZ	213,452	0,004695	1,002
WM	258,196	0,004695	1,212

**Tabel 5d. Hasil Perhitungan Konversi Laju Korosi  
Spesimen WM.1 / Waktu Pengabutan 48 jam**

Daerah	Laju Korosi (mdd)	Faktor Konversi	Laju Korosi (mm/yr)
BM	174,824	0,004695	0,821
BM-HAZ	174,824	0,004695	0,821
HAZ	180,900	0,004695	0,849
WM-HAZ	213,452	0,004695	1,002
WM	180,567	0,004695	0,848

**Tabel 5e. Hasil Perhitungan Konversi Laju Korosi  
Spesimen WM.2 / Waktu Pengabutan 48 jam**

Daerah	Laju Korosi (mdd)	Faktor Konversi	Laju Korosi (mm/yr)
BM	186,364	0,004695	0,875
BM-HAZ	187,343	0,004695	0,880
HAZ	186,364	0,004695	0,875

WM-HAZ	186,464	0,004695	0,876
WM	186,364	0,004695	0,875

Tabel 5f. Hasil Perhitungan Konversi Laju Korosi  
Spesimen WM.3 / Waktu Pengabutan 48 jam

Daerah	Laju Korosi (mdd)	Faktor Konversi	Laju Korosi (mm/yr)
BM	192,128	0,004695	0,902
BM-HAZ	192,145	0,004695	0,902
HAZ	203,768	0,004695	0,956
WM-HAZ	190,698	0,004695	0,895
WM	190,698	0,004695	0,895

Tabel 5g. Hasil Perhitungan Konversi Laju Korosi  
Spesimen WM.1 / Waktu Pengabutan 72 jam

Daerah	Laju Korosi (mdd)	Faktor Konversi	Laju Korosi (mm/yr)
BM	137,254	0,004695	0,644
BM-HAZ	137,254	0,004695	0,644
HAZ	137,812	0,004695	0,647
WM-HAZ	136,484	0,004695	0,641
WM	137,254	0,004695	0,644

Tabel 5h. Hasil Perhitungan Konversi Laju Korosi  
Spesimen WM.2 / Waktu Pengabutan 72 jam

Daerah	Laju Korosi (mdd)	Faktor Konversi	Laju Korosi (mm/yr)
BM	154,394	0,004695	0,725
BM-HAZ	154,394	0,004695	0,725
HAZ	154,394	0,004695	0,725
WM-HAZ	154,394	0,004695	0,725
WM	154,394	0,004695	0,725

Tabel 5i. Hasil Perhitungan Konversi Laju Korosi  
Spesimen WM.3 / Waktu Pengabutan 72 jam

Daerah	Laju Korosi (mdd)	Faktor Konversi	Laju Korosi (mm/yr)
BM	179,534	0,004695	0,843
BM-HAZ	179,534	0,004695	0,843
HAZ	179,674	0,004695	0,844
WM-HAZ	179,534	0,004695	0,843
WM	179,824	0,004695	0,844

## Pembahasan

Ketahanan korosi relatif dari masing-masing daerah diwakili oleh besarnya pengurangan massa persatuan waktu (laju korosi).

Dari hasil penelitian bahwa dengan kondisi pengelasan yang sama diberikan kepada ketiga spesimen dengan arah pengerolan yang berbeda menunjukkan perbedaan nilai ketahanan korosi relatif antara masing-masing daerah dari ketiga spesimen, hal ini diperlihatkan dalam tabel 5a s/d 5i.

Dengan adanya perbedaan nilai ketahanan korosi relatif pada masing-masing daerah dari ketiga spesimen maka dilakukan pembahasan atau mendiskusikan faktor-faktor penyebab terjadinya perbedaan tersebut, agar pembahasan ini lebih sistimatis maka pembahasan ini dibagi dalam tiga bagian yaitu :

### a. Daerah logam induk (BM)

Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa penelitian dilakukan dengan menggunakan bahan dasar baja karbon rendah, serta dapat difahami bahwa daerah logam induk (BM) adalah daerah yang tidak terpengaruh panas atau dikenal sebagai daerah yang tidak mengalami proses pemanasan dan pendinginan dengan bentuk struktur adalah ferit dan perlit seperti terlihat pada gambar 2.

Tingkat ketahanan korosi pada daerah ini lebih tinggi dibandingkan dengan tingkat ketahanan korosi pada daerah berbutir halus (HAZ), dimana mekanisme proses korosinya disebabkan oleh adanya faktor korosi terlokalisasi pembentuk katode (ferit) dan anode (perlit) atau dikenal sebagai daerah berfasa ganda dan bersifat lebih mudah terkorosi dibandingkan dengan logam berfasa tunggal, juga karena adanya faktor ukuran diameter butir lebih besar dibandingkan dengan dengan ukuran butir pada daerah berbutir halus yang memiliki jumlah butir lebih banyak yang berperan

sebagai anode. Dengan batas butir yang lebih banyak akan meningkatkan laju korosi akibatnya menurunkan sifat ketahanan korosi dari logam.

### b. Daerah logam las (WM)

Daerah ini dikenal sebagai daerah lebur (fusion zone) adalah daerah yang telah mengalami proses pencairan dan pembekuan akibat pemanasan sampai temperatur diatas T4 (diatas 1500° C). lihat gambar 3.

Struktur yang terjadi pada daerah ini adalah bentuk butir memanjang (columnar) dengan ukuran butir lebih besar dan kasar dari daerah berbutir kasar (grain growth region) lihat tabel 1. juga pada daerah ini terbentuk fasa ferit dan sementit (daerah berfasa ganda), lihat gambar 2.

Dengan butir yang besar dan kasar mengakibatkan jumlah batas butirnya sangat sedikit dibandingkan dengan daerah lainnya dan memiliki tingkat pengurangan massa yang paling rendah atau ketahanan korosi pada daerah ini paling besar (kuat) dibandingkan dengan daerah lainnya.

### c. Daerah terpengaruh panas

Pada daerah ini struktur mikro dan ukuran butir yang terbentuk tidak seragam dan terdiri dari :

#### 1) Daerah berbutir kasar (HAZ-WM)

Pada daerah ini telah terjadi proses pemanasan antara temperatur T4-T3 (lihat gambar 3). Struktur yang terbentuk pada daerah ini memiliki ukuran butir yang besar dan kasar dan dikenal sebagai struktur Widmanstatten yaitu ferit yang berbentuk pelat-pelat (lihat gambar 2 dan tabel 2). Tingkat pengurangan massa pada daerah ini lebih rendah dari daerah logam induk, hal ini disebabkan oleh ukuran butirnya kasar-kasar yang mengakibatkan jumlah batas butirnya lebih kurang serta terbentuknya daerah berfasa tunggal.

2) Daerah transisi (BM-HAZ)

Pada daerah ini terjadi transformasi partial dari perlit menjadi austenite atau besi gamma pada temperatur konstan dan diikuti dengan transformasi dari ferit menjadi austenite. Temperatur yang pernah dicapai pada daerah ini adalah antara garis  $A_3$  (garis solvus) dan garis  $A_1$  (garis pada temperatur  $723^{\circ}\text{C}$ ).

Struktur mikro yang terjadi pada daerah ini adalah ferit dan perlit yang tidak homogen dengan ukuran butir yang tidak sama (mixed grain) seperti terlihat pada gambar 3. Pada daerah ini memperlihatkan tingkat pengurangan massa lebih besar dari logam induk, hal ini juga disebabkan oleh ukuran butir rata-rata lebih kecil dari ukuran butir logam induk serta terbentuknya daerah berfasa ganda (lihat gambar 3 dan tabel 2).

3) Daerah berbutir halus (HAZ)

Pada penelitian ini daerah berbutir halus didefinisikan sebagai daerah HAZ, dimana pada daerah ini memiliki struktur mikro yang terdiri dari fasa ferit dan perlit halus dengan ukuran butir paling kecil dan halus dibandingkan dengan ukuran butir pada daerah lainnya, hal ini disebabkan oleh karena proses pemanasan yang dialami selama proses pengelasan berlangsung. Temperatur pemanasan yang pernah dicapai pada daerah ini adalah dari temperatur  $A_3$  sampai temperatur  $1150^{\circ}\text{C}$  (temperatur annealing) seperti terlihat pada gambar 3 yaitu daerah bertemperatur  $T_3 - T_2$ .

Dengan ukuran butir yang halus mengakibatkan jumlah batas butirnya yang akan berfungsi sebagai anode lebih banyak menyebabkan tingkat pengurangan massa sangat besar dibandingkan dengan daerah lainnya, selain dari faktor ukuran butir sebagai penyebab meningkatnya pengurangan

massa juga dipengaruhi oleh terbentuknya fasa ferit dan perlit (daerah berfasa ganda) akan lebih mudah terkorosi dibandingkan dengan daerah berfasa tunggal.

### Kesimpulan

Dari hasil pengamatan uji korosi (kabut uap garam), uji kekasaran permukaan, serta uji metalografi dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Arah pengerolan terhadap arah pengelasan mempunyai pengaruh terhadap perubahan butir mengakibatkan adanya perbedaan tingkat ketahanan korosi dari masing-masing daerah disekitar sambungan las yang dalam hal ini diwakili oleh besarnya pengurangan massa rata-rata (R) yang berbeda diantara spesimen yang mengalami proses pengelasan.
2. Untuk waktu pengabutan 24 jam, 48 jam dan 72 jam didapatkan tingkat ketahanan korosi tertinggi terjadi pada waktu pengabutan 24 jam dan cenderung menurun dalam 24 jam berikutnya, hal ini sama untuk ketiga spesimen.
3. Faktor pengelasan lebih nyata (significant) pengaruhnya terhadap tingkat ketahanan korosi dibandingkan dengan faktor arah pengerolan, hal ini dapat dilihat perbedaan ketahanan korosi pada daerah logam induk (daerah yang tidak mengalami proses pemanasan dan pendinginan).
4. Kekasaran permukaan cenderung identik dengan perubahan pengurangan massa rata-rata.

### Saran-saran

Untuk mendapatkan hasil ketahanan korosi yang optimal dan akurat pada masing-masing daerah disekitar sambungan las maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut menyangkut atau

berkaitan antara batasan daerah yang jelas, pengurangan massa dan kekasaran permukaan.

#### Daftar Pustaka

1. LIPI, Majalah Ilmiah dan Teknologi., *Korosi*, Volume 1, No: 2, Bandung, Nopember. 1979.
2. H. Wiryosumarto dan T. Okumura .. *Teknologi Pengelasan Logam* , P.T. Pradnya Paramita, Jakarta. 1985.
3. Dr.Ir.D.N. Adnyana., *Metalugi Las*, Bahan Kuliah Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jakarta, April. 1993.
4. Narayan, Raj., *An Introduction to Mettalic Corrosion and Its Prevention*, Oxford & IBH, New Delhi. 1983.
5. M.Sairin Haning., *Struktur Mikro, Sifat Mekanik dan Mampu Korosi Daerah Las Baja Karbon*, Tesis S2, Universitas Indonesia, Jakarta.

