

## BAB IV

### DATA DAN HASIL PENELITIAN

#### 4.1. HASIL PENGUJIAN *OPTICAL SPECTROSCOPY* BAJA DARI SPONGE BIJIH BESI LATERITE T<sub>1</sub> 22320 QUALITY CQ1 SRK DAN BAJA KARBON

Dari pengujian *Optical spectroscopy* baja dari sponge bijih besi laterite diperoleh data sebagai berikut :

**Tabel 4.1. Komposisi baja dari sponge bijih besi laterite T<sub>1</sub> 22320 quality CQ1 SRK (%)**

Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
99.339	0.0521	0.0132	0.234	0.0073	0.0139	0.0737	<0.0050
Ni	Al	Co	Cu	Nb	Ti	V	W
0.106	0.0667	0.0113	0.0326	< 0.002	< 0.002	0.0035	< 0.015
Pb	Sn	B	Ca	Zr	As	Bi	
< 0.025	< 0.002	< 0.001	0.0007	0.0078	0.0071	< 0.03	

Dari pengujian *Optical spectroscopy* baja karbon diperoleh data sebagai berikut :

**Tabel 4.2. Komposisi baja karbon**

Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
99.409	0.0714	0.0131	0.254	0.0105	0.0139	0.0192	0.0067
Ni	Al	Co	Cu	Nb	Ti	V	W
0.0183	0.0434	0.0096	0.0526	< 0.002	< 0.002	0.0024	0.0503
Pb	Sn	B	Ca	Zr	As	Bi	
< 0.025	0.0058	< 0.001	0.0002	0.006	0.0108	< 0.03	

## 4.2. DATA PENGUJIAN WEIGHT LOSS

### 4.2.1 Data Sampel Baja dari Sponge Bijih Besi Laterite

**Tabel 4.3. Data pengujian laju korosi pada larutan 700 ppm klorida + 0 ppm NaCl**

Waktu (jam)	Berat sampel (gram)				Laju Korosi (mpy) 1	Laju Korosi (mpy) 2	Rata-rata (mpy)
	Sampel 1		Sampel 2				
	Awal	Akhir	Awal	Akhir			
48	1.943	1.939	1.919	1.915	3.46	3.46	3.5
72	1.947	1.942	1.894	1.889	2.88	2.88	2.9
120	1.971	1.961	1.944	1.934	3.46	3.46	3.5
168	1.937	1.923	1.885	1.87	3.46	3.71	3.6

**Tabel 4.4. Data pengujian laju korosi pada larutan 700 ppm klorida + 100 ppm NaCl**

Waktu (jam)	Berat sampel (gram)				Laju Korosi (mpy) 1	Laju Korosi (mpy) 2	Rata-rata (mpy)
	Sampel 1		Sampel 2				
	Awal	Akhir	Awal	Akhir			
48	1.808	1.804	1.866	1.862	3.46	3.46	3.5
72	1.722	1.718	1.927	1.922	2.31	2.88	2.6
120	1.806	1.795	1.887	1.876	3.81	3.81	3.8
168	1.972	1.952	1.964	1.950	4.94	3.46	4.2

**Tabel 4.5. Data pengujian laju korosi pada larutan 700 ppm klorida + 200 ppm NaCl**

Waktu (jam)	Berat sampel (gram)				Laju Korosi (mpy) 1	Laju Korosi (mpy) 2	Rata-rata (mpy)
	Sampel 1		Sampel 2				
	Awal	Akhir	Awal	Akhir			
48	1.917	1.913	1.953	1.949	3.46	3.46	3.5
72	1.876	1.871	1.91	1.903	2.88	4.04	3.5
120	1.980	1.972	1.954	1.947	2.77	2.42	2.6
168	1.893	1.882	1.782	1.77	2.72	2.97	2.9

**Tabel 4.6. Data pengujian laju korosi pada larutan 700 ppm klorida + 300 ppm NaCl**

Waktu (jam)	Berat sampel (gram)				Laju Korosi (mpy) 1	Laju Korosi (mpy) 2	Rata-rata (mpy)
	Sampel 1		Sampel 2				
	Awal	Akhir	Awal	Akhir			
48	1.936	1.932	1.731	1.727	3.46	3.46	3.5
72	1.933	1.927	1.763	1.757	3.46	3.46	3.5
120	1.700	1.692	1.874	1.865	2.77	3.11	3
168	1.856	1.843	1.906	1.893	3.21	3.21	3.2

**Tabel 4.7. Data pengujian laju korosi pada larutan 700 ppm klorida + 400 ppm NaCl**

Waktu (jam)	Berat sampel (gram)				Laju korosi (mpy) 1	Laju korosi (mpy) 2	Rata-rata (mpy)
	Sampel 1		Sampel 2				
	Awal	Akhir	Awal	Akhir			
48	1.839	1.836	1.921	1.918	2.6	2.6	2.6
72	1.935	1.930	2.003	1.998	2.88	2.88	2.9
120	1.946	1.938	1.922	1.913	2.77	3.11	3
168	1.929	1.916	1.918	1.905	3.21	3.21	3.2

**Tabel 4.8 Data pengujian laju korosi pada larutan 700 ppm klorida + (0 ppm, 100 ppm, 200 ppm, 300, dan 400 ppm) NaCl selama 168 jam perendaman**

Penambahan klorida (ppm)	Waktu (jam)	Berat sampel (gram)				Laju Korosi (mpy) 1	Laju Korosi (mpy) 2	Rata-rata (mpy)
		Sampel 1		Sampel 2				
		Awal	Akhir	Awal	Akhir			
0	168	1.937	1.923	1.885	1.87	3.46	3.71	3.6
100	168	1.972	1.952	1.964	1.950	4.94	3.46	4.2
200	168	1.893	1.882	1.782	1.77	2.72	2.97	2.9
300	168	1.856	1.843	1.906	1.893	3.21	3.21	3.2
400	168	1.929	1.916	1.918	1.905	3.21	3.21	3.2

**Tabel 4.9. Data pengujian laju korosi pada larutan air danau berpH 4, 5, dan 6 selama 168 jam perendaman**

pH larutan	Waktu (jam)	Berat sampel (gram)				Laju korosi (mpy) 1	Laju korosi (mpy) 2	Rata-rata (mpy)
		Sampel 1		Sampel 2				
		Awal	Akhir	Awal	Akhir			
4	168	1.898	1.821	1.915	1.838	19.77	19.77	20
5	168	1.909	1.891	1.786	1.769	5	5	5
6	168	1.868	1.851	1.710	1.694	5	5	5

#### 4.2.2 Data Sampel Baja Karbon

**Tabel 4.10 Data pengujian laju korosi pada larutan 700 ppm klorida + 0 ppm NaCl**

Waktu (jam)	Berat sampel (gram)				Laju Korosi (mpy) 1	Laju Korosi (mpy) 2	Rata-rata (mpy)
	Sampel 1		Sampel 2				
	Awal	Akhir	Awal	Akhir			
48	4.343	4.338	4.292	4.287	4.24	4.24	4.2
72	4.162	4.154	4.111	4.104	4.52	4	4.3
120	4.276	4.264	4.328	4.314	4.07	4.75	4.4
168	4.232	4.217	4.246	4.231	3.63	3.63	3.6

**Tabel 4.11. Data pengujian laju korosi pada larutan 700 ppm klorida +100 ppm NaCl**

Waktu (jam)	Berat sampel (gram)				Laju Korosi (mpy) 1	Laju Korosi (mpy) 2	Rata-rata (mpy)
	Sampel 1		Sampel 2				
	Awal	Akhir	Awal	Akhir			
48	4.118	4.108	4.412	4.403	8.48	7.63	8.1
72	4.454	4.446	4.326	4.319	4.52	3.98	4.3
120	4.183	4.172	4.313	4.301	3.73	4.07	4
168	4.304	4.29	4.138	4.123	3.39	3.63	3.5

**Tabel 4.12. Data pengujian laju korosi pada larutan 700 ppm klorida +200 ppm NaCl**

Waktu (jam)	Berat sampel (gram)				Laju Korosi (mpy) 1	Laju Korosi (mpy) 2	Rata-rata (mpy)
	Sampel 1		Sampel 2				
	Awal	Akhir	Awal	Akhir			
48	4.391	4.38	4.188	4.176	9.33	10.18	10
72	4.080	4.074	4.159	4.153	3.39	3.39	3.4
120	4.086	4.076	4.235	4.223	3.4	4.07	3.7
168	4.406	4.389	4.127	4.110	4.12	4.12	4.1

**Tabel 4.13. Data pengujian laju korosi pada larutan 700 ppm klorida +300 ppm NaCl**

Waktu (jam)	Berat sampel (gram)				Laju Korosi (mpy) 1	Laju Korosi (mpy) 2	Rata-rata (mpy)
	Sampel 1		Sampel 2				
	Awal	Akhir	Awal	Akhir			
48	4.159	4.153	4.229	4.223	4.90	4.90	4.9
72	4.41	4.403	4.074	4.068	3.96	3.46	3.7
120	4.396	4.385	4.207	4.196	3.78	3.90	3.8
168	4.147	4.131	4.224	4.207	3.88	4.12	4

**Tabel 4.14. Data pengujian laju korosi pada larutan 700 ppm klorida +400 ppm NaCl**

Waktu (jam)	Berat sampel (gram)				Laju Korosi (mpy) 1	Laju Korosi (mpy) 2	Rata-rata (mpy)
	Sampel 1		Sampel 2				
	Awal	Akhir	Awal	Akhir			
48	4.284	4.279	4.394	4.39	4.24	3.39	3.8
72	4.368	4.361	4.102	4.095	3.96	3.96	4
120	4.428	4.416	4.092	4.081	4.07	3.73	3.9
168	4.067	4.051	4.082	4.065	3.88	4.12	4

**Tabel 4.15. Data pengujian laju korosi pada larutan 700 ppm klorida + (0 ppm, 100 ppm, 200 ppm, 300, dan 400 ppm) NaCl selama 168 jam perendaman**

Penambahan klorida (ppm)	Waktu (jam)	Berat sampel (gram)				Laju Korosi (mpy) 1	Laju Korosi (mpy) 2	Rata-rata (mpy)
		Sampel 1		Sampel 2				
		Awal	Akhir	Awal	Akhir			
0	168	4.232	4.217	4.246	4.231	3.63	3.63	3.6
100	168	4.304	4.29	4.138	4.123	3.39	3.63	3.5
200	168	4.406	4.389	4.127	4.110	4.12	4.12	4.1
300	168	4.147	4.131	4.224	4.207	3.88	4.12	4
400	168	4.067	4.051	4.082	4.065	3.88	4.12	4

**Tabel 4.16. Data pengujian laju korosi pada larutan air danau berpH 4, 5, dan 6 selama 168 jam perendaman**

pH larutan	Waktu (jam)	Berat (gram)				Laju korosi (mpy) 1	Laju korosi (mpy) 2	Rata-rata (mpy)
		Sampel 1		Sampel 2				
		Awal	Akhir	Awal	Akhir			
4	168	4.397	4.34	4.312	4.254	13.81	14.05	14
5	168	4.068	4.047	4.258	4.238	5.09	4.85	5
6	168	4.097	4.077	4.439	4.419	4.85	4.85	5

**Tabel 4.17 Data pH vs E (Volt vs SHE) pada larutan 700 ppm klorida + (0 ppm, 300 ppm, dan 400 ppm) NaCl**

Penambahan klorida (ppm)	Larutan	pH		E (Volt vs SHE)	
		CS	LS	CS	LS
		0	Akhir	7.29	7.29
300	Akhir	8.2	8.2	-0.1	-0.12
400	Akhir	7.91	7.91	-0.06	-0.13

**Tabel 4.18 Data pH vs E (Volt vs SHE) pada larutan air danau berpH 4, 5, dan 6**

pH Larutan	Larutan	pH		E (Volt vs SHE)	
		CS	LS	CS	LS
4	Awal	4.44	4.44	-0.22	-0.24
5	Akhir	5.05	5.05	-0.25	-0.3
6	Akhir	6.44	6.44	0.01	-0.05

**Tabel 4.19 Data indeks korosifitas pada larutan 700 ppm klorida + (100 ppm, 200 ppm, 300 ppm, dan 400 ppm) NaCl**

Penambahan klorida (ppm)	TDS (ppm)	Temp. (°C)	pHs	pH	RI	Kondisi	LI	Kondisi
0	80	27.5	7.00955	7.36	6.66	netral	0.35045	scale (+)
100	170	28.5	7.21661	7.37	7.06	korosif (-)	0.15	scale (-)
200	250	28.6	7.1383	7.33	6.95	netral	0.2	scale (-)
300	320	29.2	7.0374	7.1	6.98	korosif (-)	0.06	scale (-)
400	380	28.6	7.0563	7.38	6.73	netral	0.32	scale (-)

**Tabel 4.20 Data indeks korosifitas pada larutan air danau berpH 4, 5, dan 6**

pH larutan	TDS (ppm)	Temp. (°C)	pHs	pH	RI	Kondisi	LI	Kondisi
3	7360	28.7	7.37634	3.13	11.62	korosif (+)	-4.25	korosif (+)
4	620	28.2	7.08515	4.63	9.54	korosif (+)	-2.46	korosif (+)
5	210	27.5	7.05147	4.9	9.21	korosif (+)	-2.15	korosif (+)
6	130	27.7	7.02684	5.95	8.10	korosif (-)	-1.1	korosif (-)

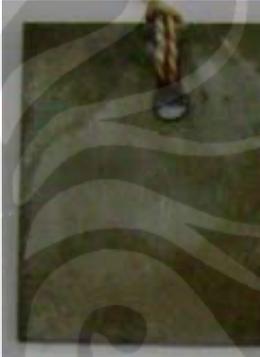
Keterangan : sedikit (-) dan sangat (+)

**4.3. HASIL PENGAMATAN PENGUJIAN VISUAL BAJA DARI SPONGE  
BIJIH BESI LATERITE T<sub>1</sub> QUALITY CQ1 DAN BAJA KARBON**

**4.3.1. Pengujian Visual Baja Dari Sponge Bijih Besi Laterite Quality CQ1**

**Tabel 4.21 Sampel baja lembaran dari sponge bijih besi laterite sesudah perendaman**

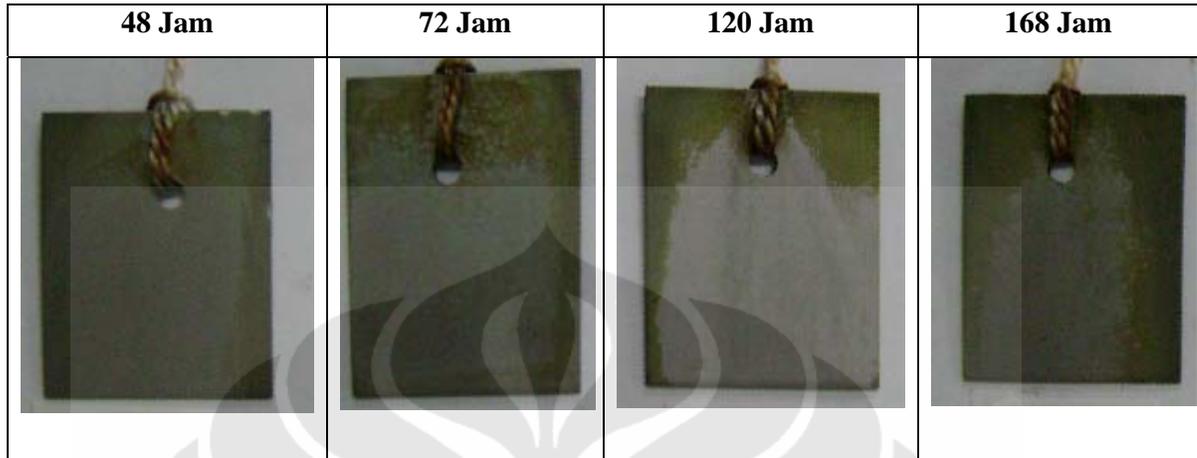
❖ Larutan 700 ppm klorida + 0 ppm NaCl

48 Jam	72 Jam	120 Jam	168 Jam
			

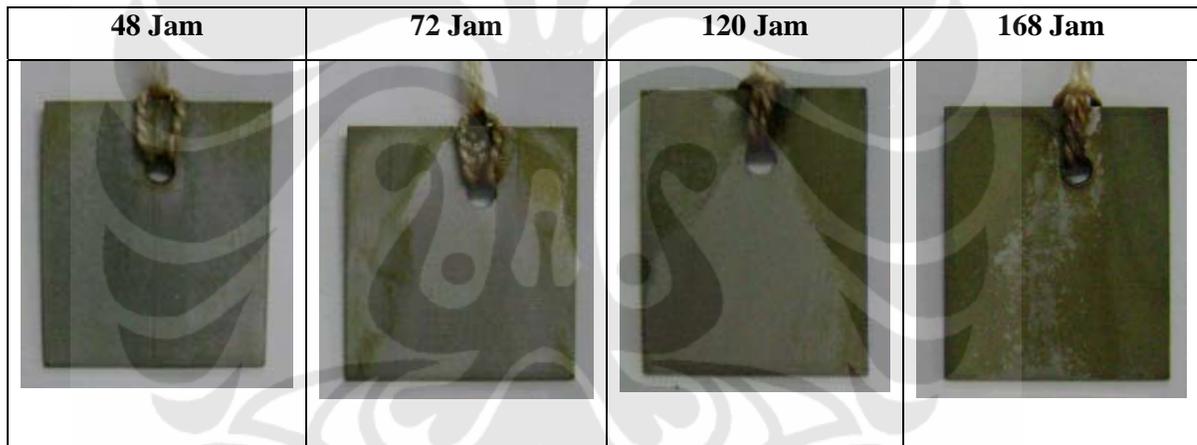
❖ Larutan 700 ppm klorida + 100 ppm NaCl

48 Jam	72 Jam	120 Jam	168 Jam
			

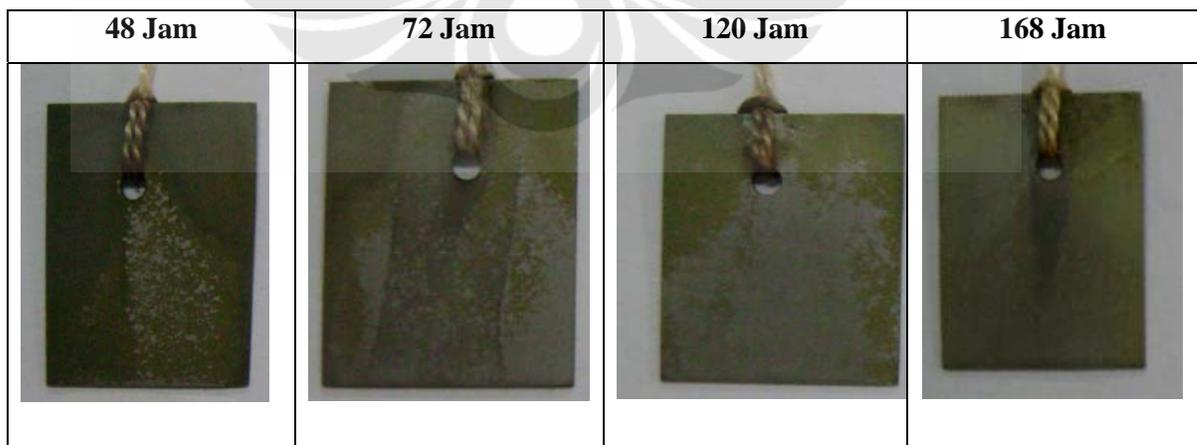
❖ Larutan 700 ppm klorida + 200 ppm NaCl



❖ Larutan 700 ppm klorida + 300 ppm NaCl



❖ Larutan 700 ppm klorida + 400 ppm NaCl



- ❖ Larutan 700 ppm klorida + (100 ppm, 200 ppm, 300 ppm, 400 ppm) NaCl selama perendaman 168 jam

+ 100 ppm	+ 200 ppm	+ 300 ppm	+ 400 ppm
			

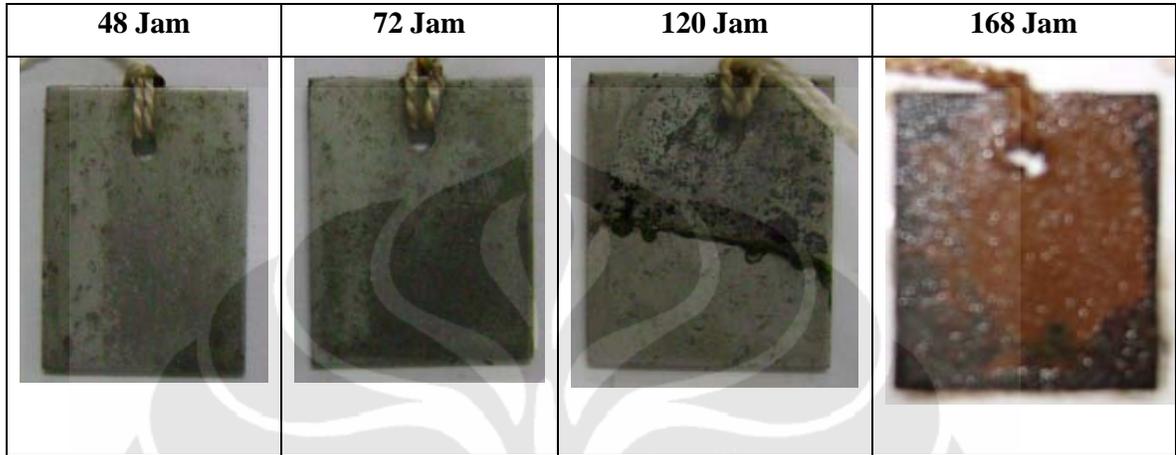
- ❖ Larutan air danau pH = 3, pH = 4, pH = 5, pH = 6 selama perendaman 168 jam

PH = 3	PH = 4	PH = 5	PH = 6
			

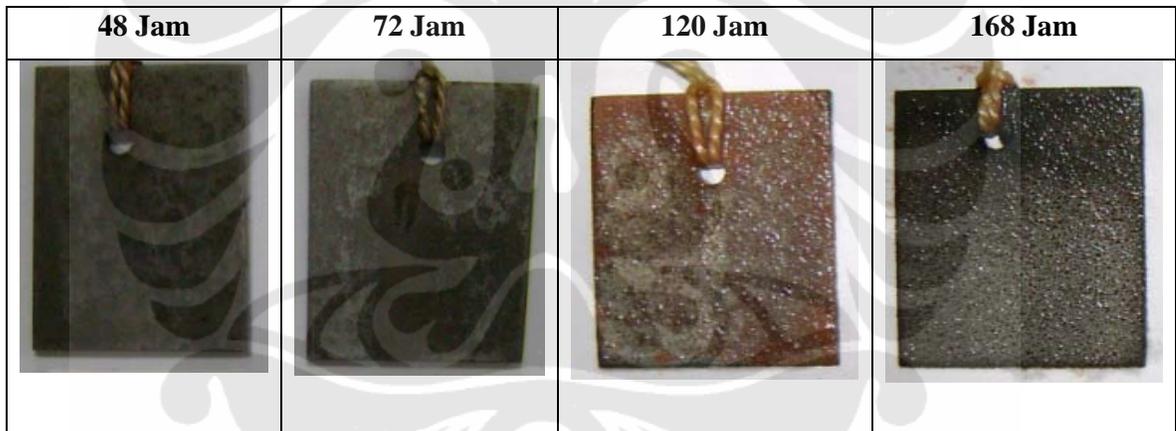
### 4.3.2. Pengujian Visual Baja Karbon

Tabel 4.22 Sampel Baja Karbon Sesudah Perendaman

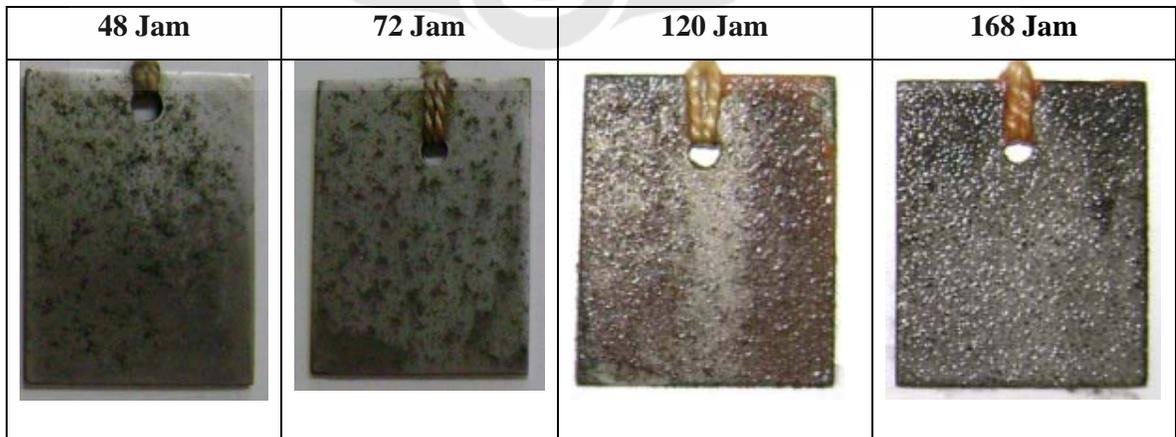
❖ Larutan 700 ppm klorida + 0 ppm NaCl



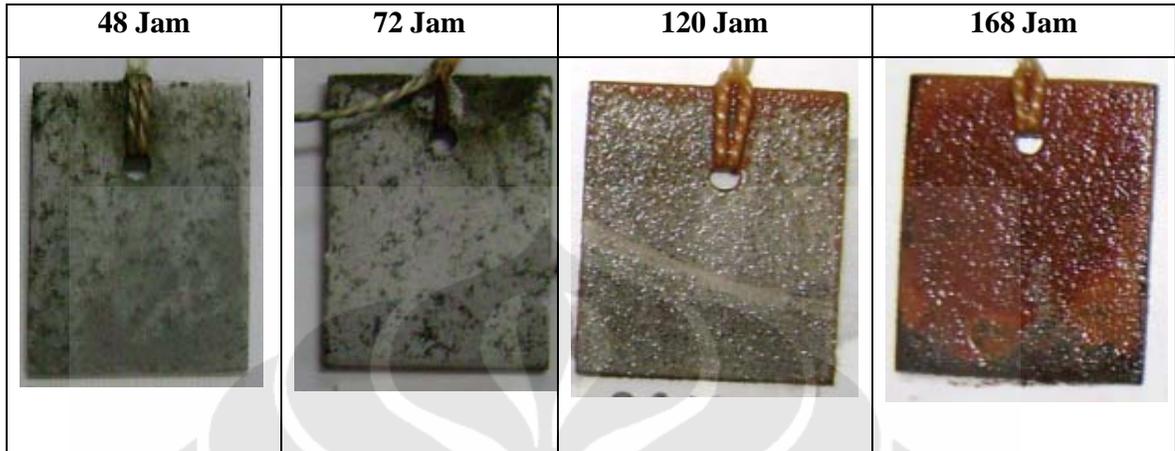
❖ Larutan 700 ppm klorida + 100 ppm NaCl



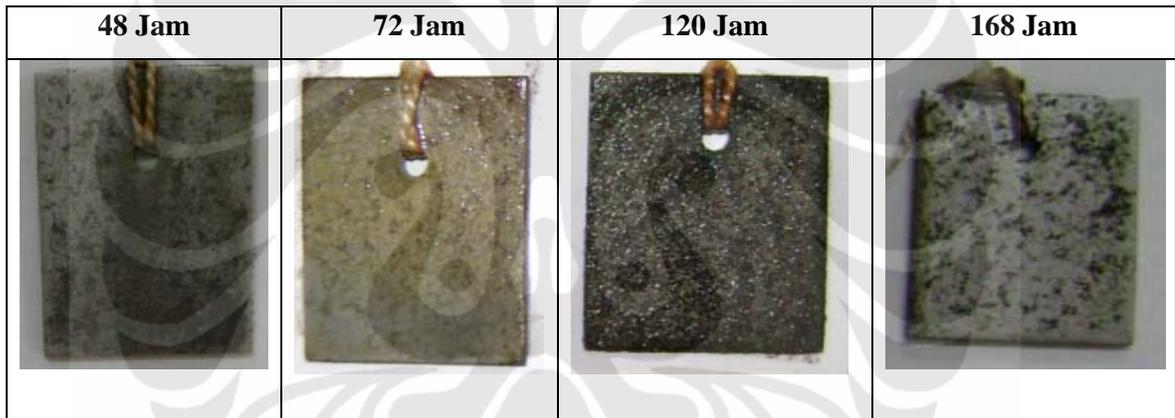
❖ Larutan 700 ppm klorida + 200 ppm NaCl



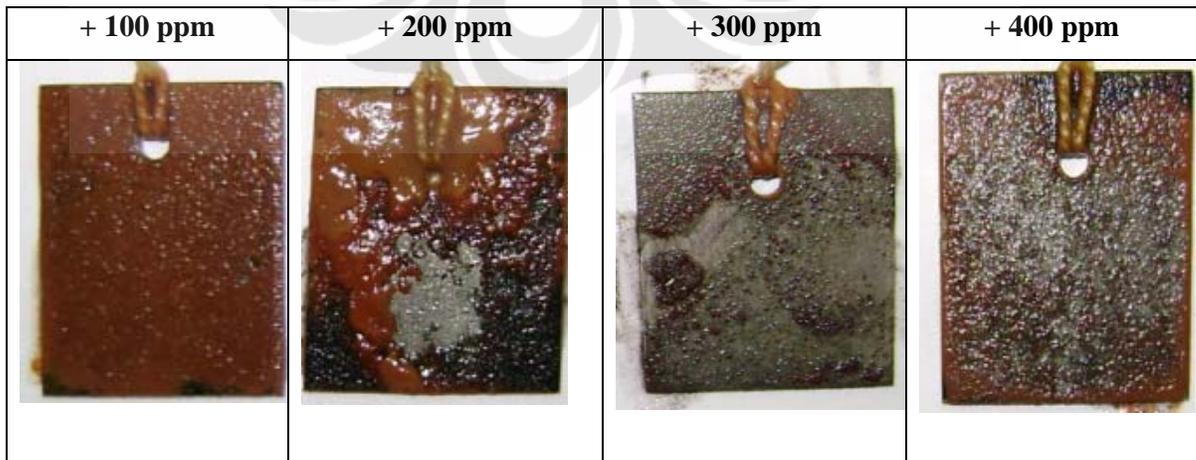
❖ Larutan 700 ppm klorida + 300 ppm NaCl



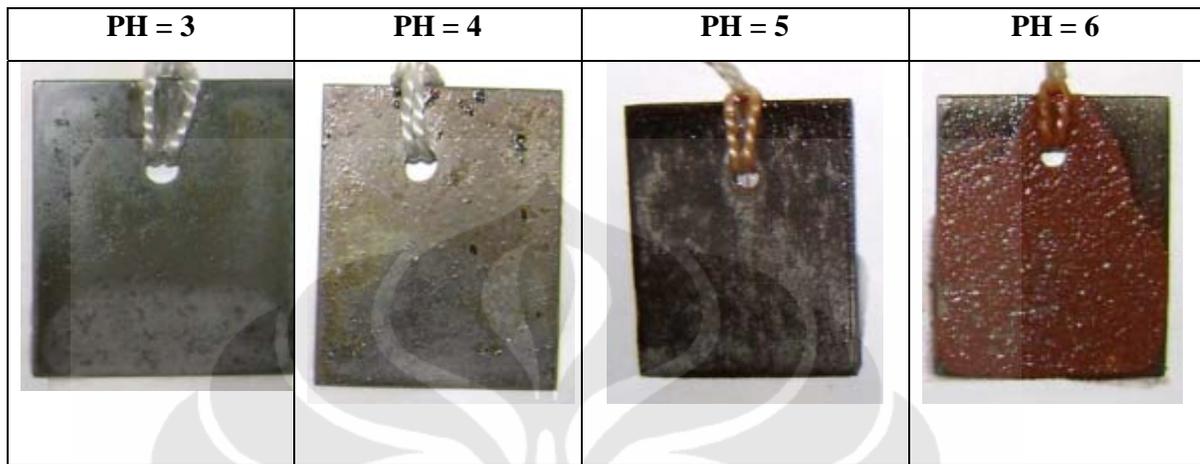
❖ Larutan 700 ppm klorida + 400 ppm NaCl



❖ Larutan 700 ppm klorida + (100 ppm, 200 ppm, 300 ppm, 400 ppm) NaCl selama perendaman 168 jam

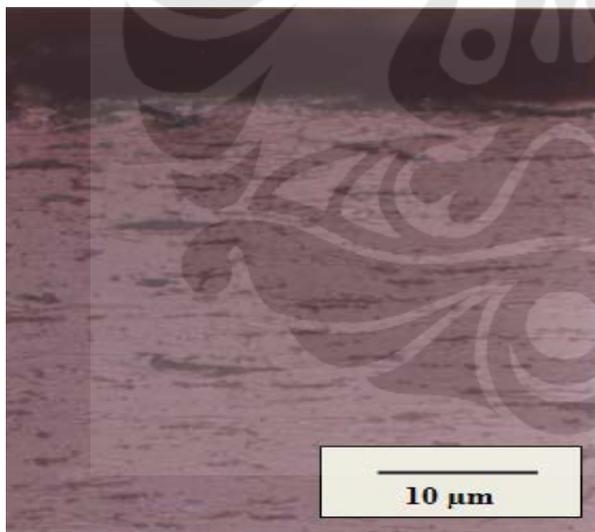


- ❖ Larutan air danau pH = 3, pH = 4, pH = 5, pH = 6 selama perendaman 168 jam

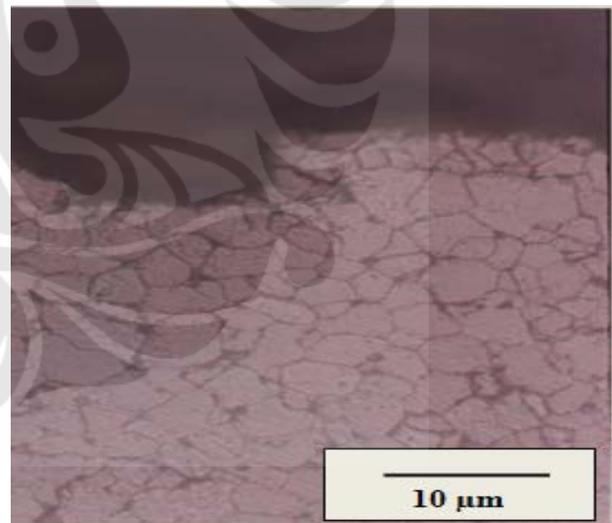


#### 4.4. HASIL PENGAMATAN DEGRADASI KERUSAKAN BAJA DARI SPONGE BIJIH BESI LATERITE T<sub>1</sub> CQ1 DAN BAJA KARBON

- ❖ Penambahan NaCl 100 ppm

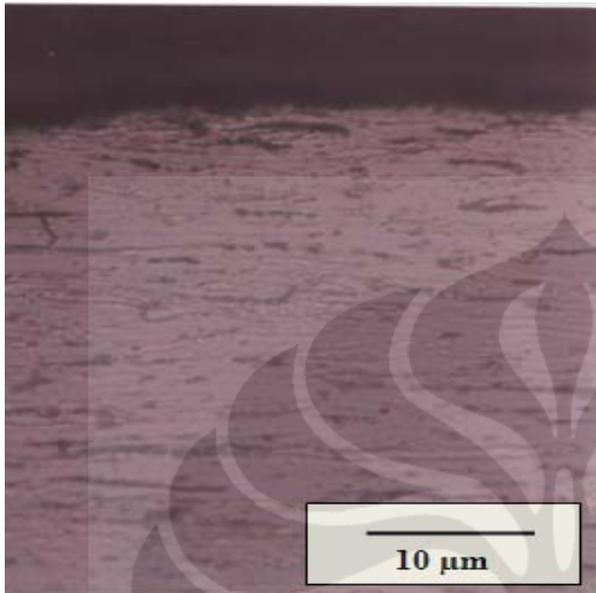


Gambar 4.1 Sample baja dari sponge bijih besi laterite T<sub>1</sub> perbesaran 500 x

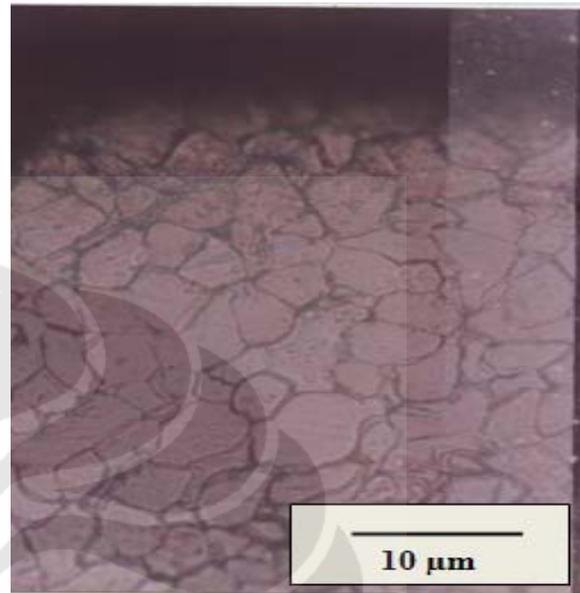


Gambar 4.2 Sample baja karbon perbesaran 500 x

❖ Penambahan NaCl 200 ppm

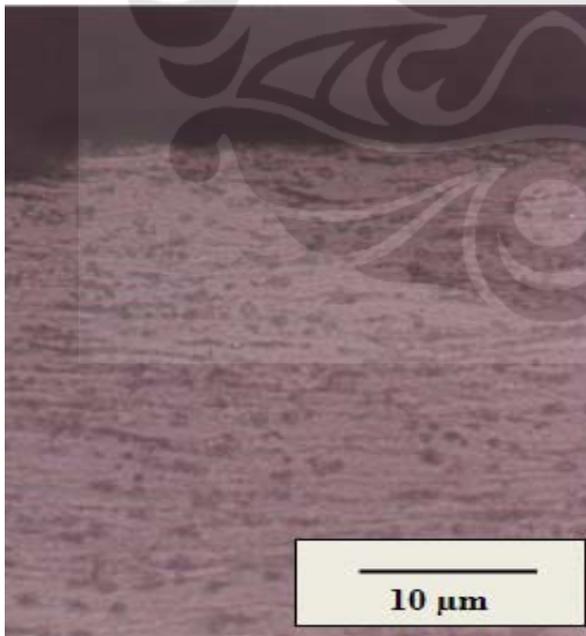


Gambar 4.3 Sample baja dari sponge bijih besi laterite T1 perbesaran 500 x

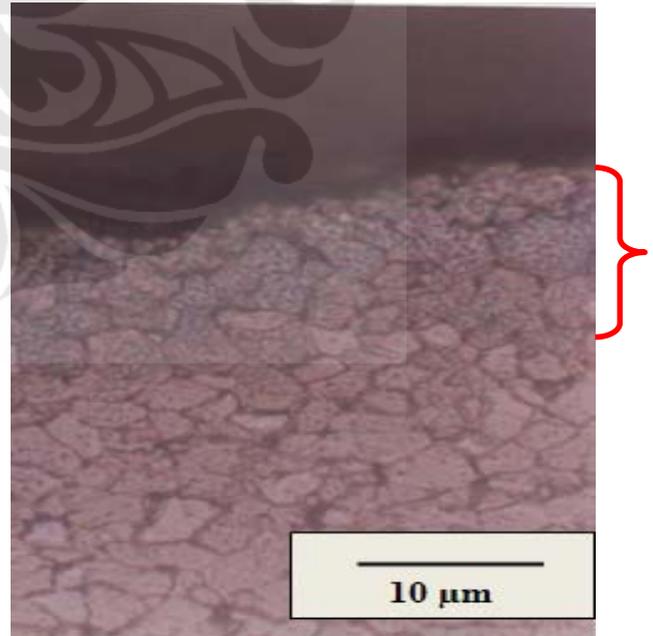


Gambar 4.4 Sample baja karbon perbesaran 500 x

❖ Penambahan NaCl 300 ppm

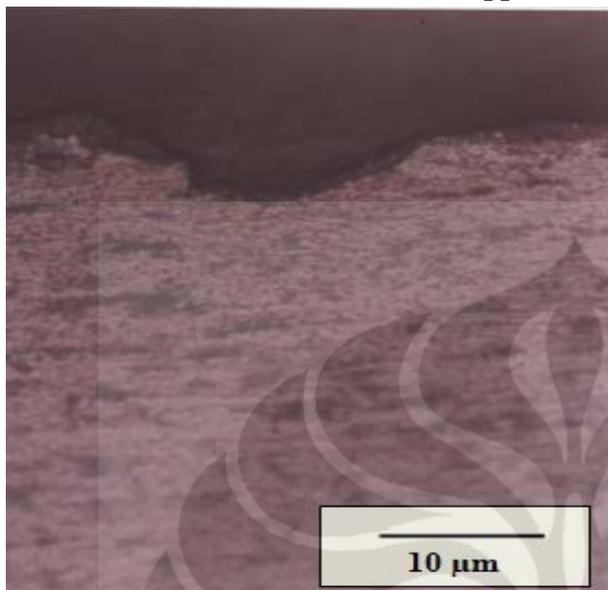


Gambar 4.5 Sample baja dari sponge bijih besi laterite T1 perbesaran 500 x

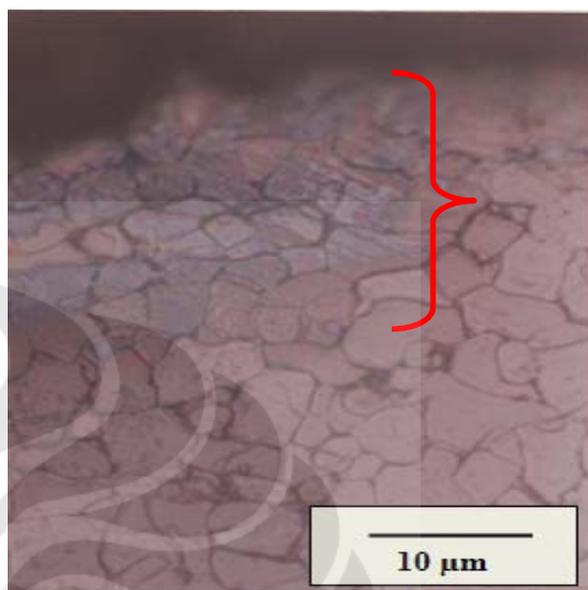


Gambar 4.6 Sample baja karbon perbesaran 500 x

❖ Penambahan NaCl 400 ppm



Gambar 4.7 Sample baja dari sponge bijih besi laterite T1 perbesaran 500 x

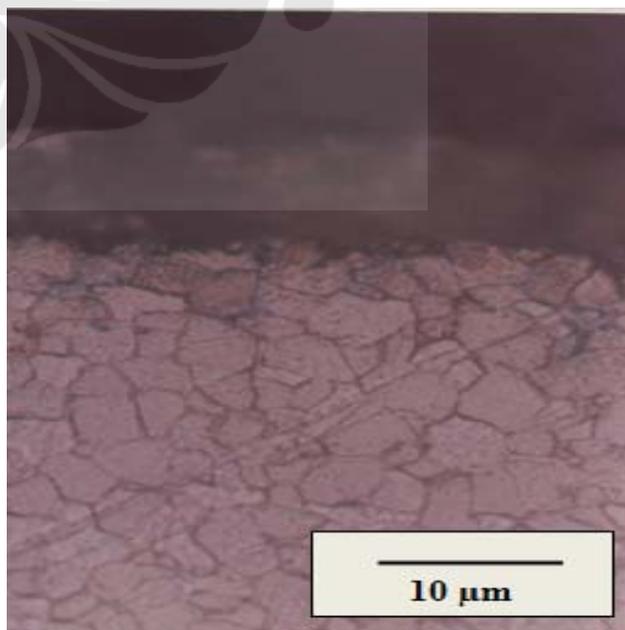
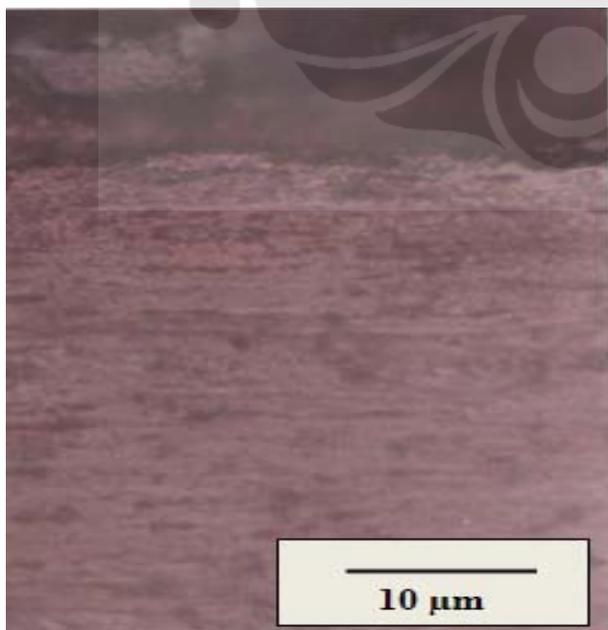


Gambar 4.8 Sample baja karbon perbesaran 500 x

Keterangan :

} = ion  $Cl^-$  *induce* dan masuk ke dalam baja

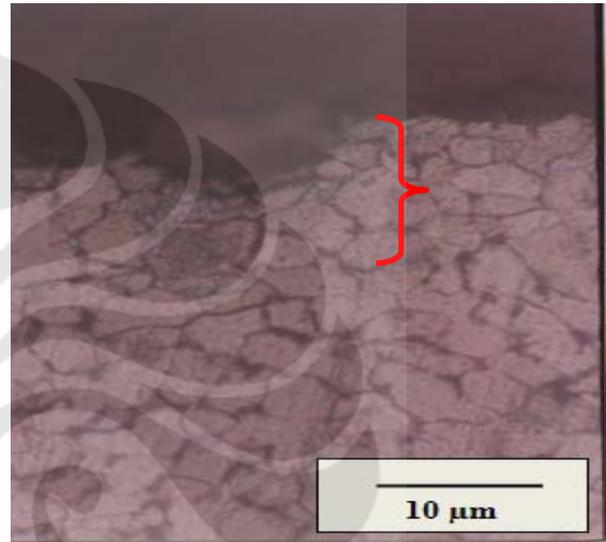
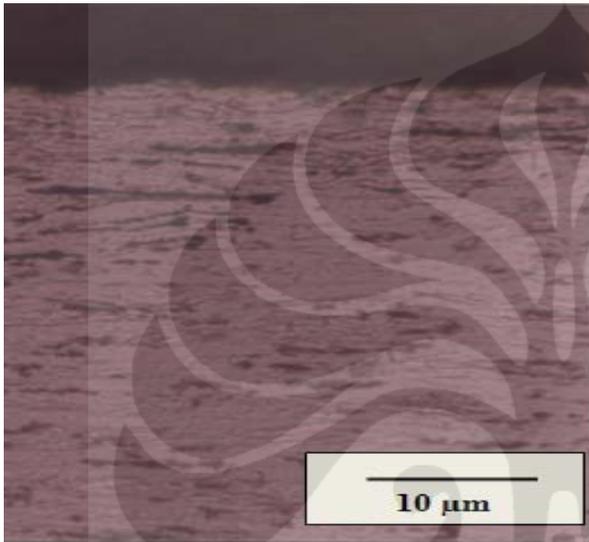
❖ pH Larutan Air Danau = 6



Gambar 4.9 Sample baja dari sponge bijih besi laterite T1 perbesaran 500 x

Gambar 4.10 Sample baja karbon perbesaran 500 x

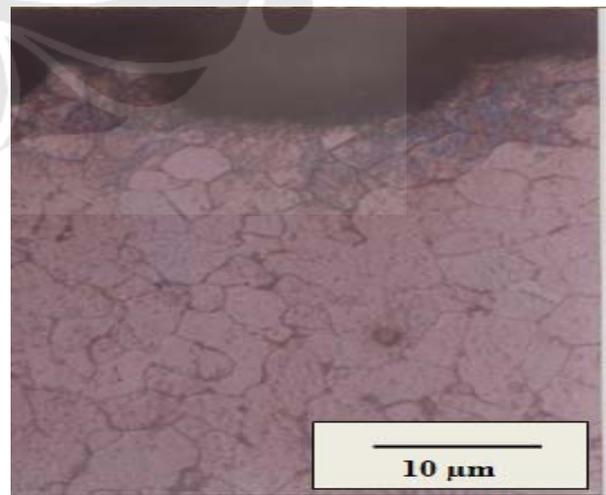
❖ pH Larutan Air Danau = 5



Gambar 4.11 Sample baja dari sponge bijih besi laterite T1 perbesaran 500 x

Gambar 4.12 Sample baja karbon perbesaran 500 x

❖ pH Larutan Air Danau = 4



Gambar 4.13 Sample baja dari sponge bijih besi laterite T1 perbesaran 500 x

Gambar 4.14 Sample baja karbon perbesaran 500 x

**4.5. HASIL PENGAMATAN PENGUJIAN EDAX (*ENERGY DISPERSIVE X-RAY ANALYSIS*)**

**Tabel 4.23. Unsur hasil pengujian EDAX deposit di permukaan (a.) Baja dari sponge bijih besi laterite (b.) Baja karbon**

(a)

No.	Unsur	Element (%)
1.	C	7.093
2	O	23.56
3.	Si	2.61
4.	Ca	0.93
5.	Fe	66.54

(b)

No	Unsur	Element (%)
1.	C	7.01
2.	O	25.16
3.	Si	3.015
4.	Fe	64.82

## **BAB V**

### **PEMBAHASAN**

#### **5.1. ANALISA PENGUJIAN *OPTICAL SPECTROSCOPY***

Dari hasil pengujian terhadap komposisi baja karbon dengan menggunakan *Spectroscopy Analyze* maka antara lain didapatkan kandungan Cr sebesar 0.0192 %, Ni sebesar 0.0183 %, Mo sebesar 0.0067 %, P sebesar 0.0105 %, Al sebesar 0.0434 % dan Cu sebesar 0.0526 %. Sedangkan hasil pengujian terhadap komposisi dari baja dari sponge bijih besi laterite **T<sub>1</sub>** 22320 quality CQ1 dengan metode pengujian yang sama maka didapatkan kandungan Cr sebesar 0.0737 %, Ni sebesar 0.106 %, Mo sebesar < 0.0050 %, P sebesar 0.0073 %, Al sebesar 0.0667 %, dan Cu sebesar 0.0326 %.

Osaralube, dkk [2] dalam penelitiannya tentang laju korosi baja mild steel dan high carbon steel di larutan asam menyatakan bahwa laju korosi pada mild steel (*low carbon steel*) lebih tinggi dibandingkan *high carbon steel* pada larutan HCl. Hal tersebut karena kandungan carbon dalam *high carbon steel* yang lebih tinggi mempunyai sedikit pengaruh terhadap ketahanan korosi pada larutan HCl. Apabila dilihat dari hasil pengujian spektroskopi maka kandungan C pada baja laterite lebih sedikit sebesar 27.03 % dibandingkan baja karbon. Akan tetapi karena perbedaan kadar C pada kedua baja tidak berbeda jauh dan kadarnya sangat kecil (< 1 %) maka ketahanan korosi dari baja karbon hampir sama dengan baja laterite pada larutan HCl berpH 5 dan 6. Namun, pada pH 4 baja laterite lebih terkorosi sedikit dibandingkan baja karbon.

Berdasarkan ASM Handbook 13B [10] maka dengan penambahan elemen paduan seperti Cu, Cr, dan Ni maka dapat meningkatkan ketahanan korosi dari baja apabila diaplikasikan pada suatu lingkungan. Namun, kandungan Cu, Cr, dan Ni pada kedua baja hampir sama dan nilainya tidak terlalu signifikan atau sangat

kecil (< 1 %) maka ketahanan korosi dari kedua baja pada suatu lingkungan hampir sama.

Baorong Hou dkk [18] dalam penelitiannya tentang hubungan antara ketahanan korosi baja dengan elemen paduan yang berbeda menyatakan bahwa elemen paduan seperti Cr, Ni, Mo, P, Al, dan Cu masing-masing memiliki pengaruh yang berbeda terhadap laju korosi baja karbon di lingkungan yang berbeda pula. Pada penelitian tersebut, baja diuji dengan *electric method* di lingkungan yang berbeda marine atmosphere zone, *splash zone*, *tidal zone*, dan *sea water zone* (3.5 wt % NaCl) selama 90 hari sampai 20 tahun. Hasilnya yaitu baja yang mengandung elemen paduan seperti Cr, Mo, Al yang lebih tinggi tidak menunjukkan ketahanan korosi yang lebih baik pada lingkungan atmosferik dibandingkan dengan lingkungan *aqueous*. Atau dengan kata lain dengan penambahan elemen paduan seperti Al, Cr, dan Mo sangat efektif untuk aplikasi baja di lingkungan *aqueous* dan sebaliknya baja yang mengandung elemen paduan seperti Cu, P, Mo, dan V yang lebih tinggi tidak menunjukkan ketahanan korosi yang lebih baik pada lingkungan *aqueous* dibandingkan dengan lingkungan atmosferik. Oleh karena itu penambahan elemen paduan pada baja harus disesuaikan dengan lingkungan korosif yang diaplikasikan untuk material bajanya.

Dari hasil pengujian *Spectroscopy* didapatkan data baja lembaran untuk masing-masing elemen Al, Cr, dan Mo yaitu sebesar 0.0667 %, 0.0737 %, dan < 0.005 %. Apabila dibandingkan dengan kandungan paduan yang sama pada baja karbon maka hasilnya yaitu kandungan Mo pada baja lembaran lebih rendah sebesar 25.37 % dibandingkan baja karbon. Namun hal tersebut diimbangi dengan perbandingan kandungan Cr dan kandungan Al yang lebih tinggi pada baja laterite yaitu masing-masing sebesar 75 % (Cr) dan 35 % (Al). Akan tetapi karena perbedaan kadar Al, Cr, dan Mo pada kedua baja tidak berbeda jauh dan kadarnya sangat kecil (< 1 %) maka ketahanan korosi dari baja karbon hampir sama dengan baja laterite.

European patent application [19] menyatakan bahwa dengan nilai  $AL < 0$

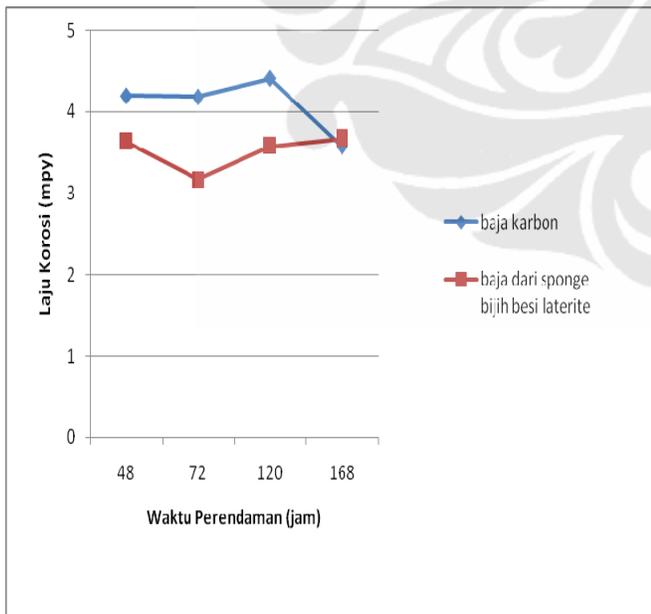
$$AL / 10000 = 0.0005 + (0.045 \times Sb \%) - (C\% \times Mo \%) \dots \dots \dots (5.1)$$

maka ketahanan korosi *low alloy steel* terhadap lingkungan HCl akan sangat baik. Apabila dilihat dari nilai AI maka baja karbon (AL = 0.2162) ketahanan korosinya lebih besar di pH rendah (pH = 4) dibandingkan baja laterite (AL = 2.395). Selain itu dengan penambahan paduan seperti C (0.001 s/d 0.2 %), Mo ( $\geq 0.001$  %), Si (0.55 % s/d 1.2 %), Cu ( $\geq 0.1$  %), P ( $\leq 0.01$  %), S ( $\geq 0.005$  %), W (0.05 % s/d 1 %), Cr, Ni, Al (masing-masing 0.1 s/d 0.5 %), dan Al ( $\geq 0.1$  %) maka ketahanan korosi dari material pada lingkungan HCl bersifat baik. Oleh karena besarnya paduan (%) pada baja laterite dan baja karbon berada pada range yang telah disebutkan di atas maka ketahanan korosi dari baja karbon dan baja laterite hampir sama di pH 5 dan 6.

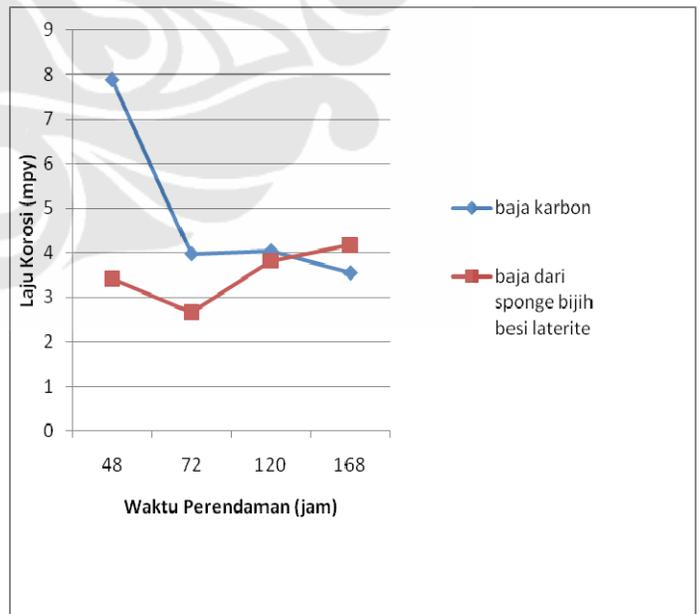
D.A Lopez, dkk [20] dalam penelitiannya menyatakan bahwa dengan meningkatnya kandungan Cr maka ketahanan korosi baja karbon dan *low alloy steel* akan meningkat. Namun, karena besarnya kandungan Cr pada kedua baja hampir sama dan bernilai tidak terlalu signifikan maka ketahanan korosi pada baja laterite dan baja karbon hampir sama.

## 5.2. ANALISA PENGUJIAN WEIGHT LOSS

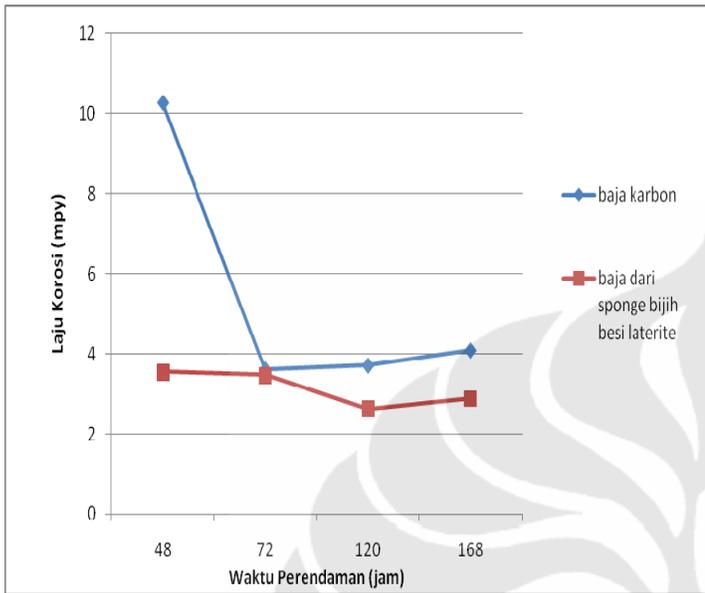
### 5.2.1 Pengaruh Waktu Perendaman (jam) terhadap Laju Korosi (mpy)



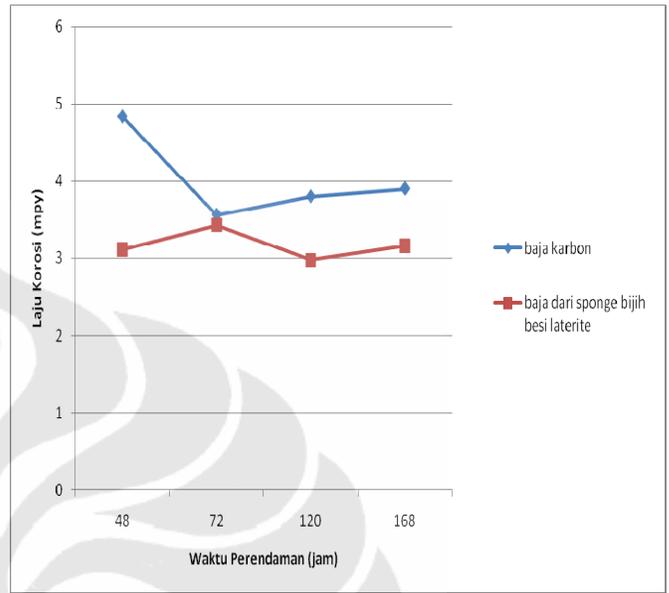
(a.)



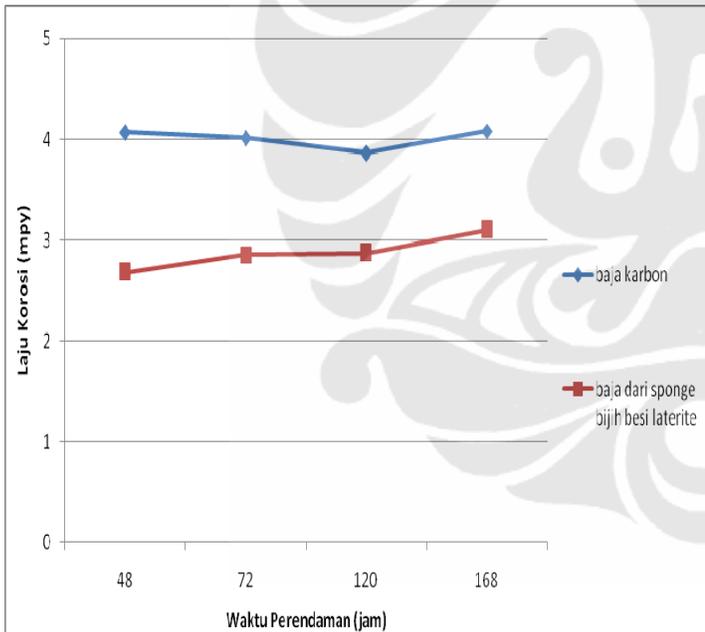
(b.)



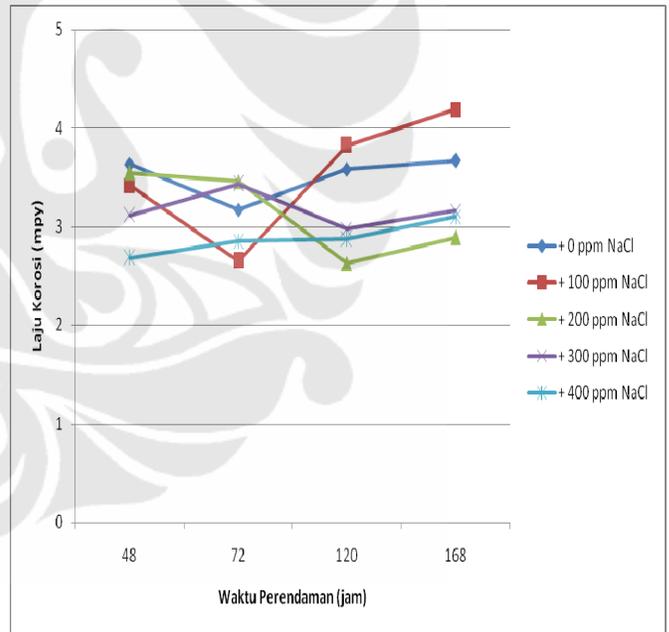
(c.)



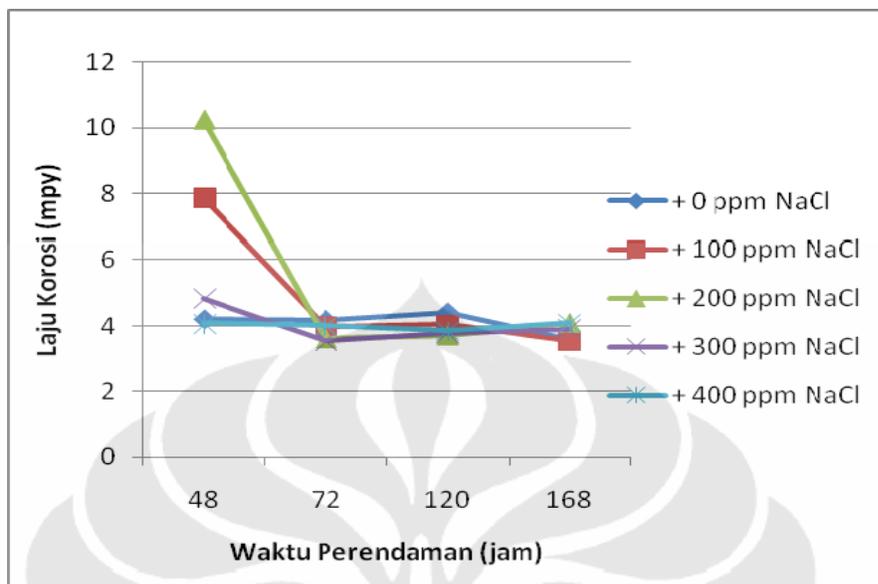
(d.)



(e.)



(f.)



(g.)

**Gambar 5.1. Pengaruh waktu perendaman (jam) terhadap laju korosi (mpy) pada larutan klorida 700 ppm (a.) + 0 ppm NaCl, (b.) + 100 ppm NaCl, (c.) + 200 ppm NaCl, (d.) + 300 ppm NaCl, (e.) + 400 ppm NaCl, (f.) baja laterite, (g.) baja karbon**

Gambar 5.1 memperlihatkan suatu pola yaitu dengan semakin lama waktu perendaman (jam) maka laju korosi (mpy) dari baja lembaran dari sponge bijih besi laterite dan baja karbon semakin besar. Namun, grafik yang ada pada Gambar 5.2 tidak memperlihatkan pola grafik yang beraturan, melainkan pola grafik naik-turun yang sering muncul. Hal tersebut didasarkan berdasarkan perhitungan matematis yaitu bahwa nilai laju korosi (mpy) yang diperoleh tidak hanya didapatkan dari selisih berat, tetapi juga memerlukan variabel lainnya seperti konstanta untuk mpy ( $3.45 \times 10^{-6}$ ), massa jenis material ( $\text{gr/cm}^3$ ), luas material yang terekspos ( $\text{cm}^2$ ), dan waktu perendaman (jam). Hubungan matematis pada masing-masing variabel secara umum digambarkan dengan Persamaan 5.2.

$$\text{Laju Korosi (mpy)} = \frac{KW}{DAT} \dots\dots\dots(5.2)$$

dimana :

K = konstanta ( $3.45 \times 10^6$ )

Untuk setiap satuan laju korosi mpy (mills per year)

W = kehilangan berat (gram)

D = massa jenis ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

A = luas permukaan yang terendam ( $\text{cm}^2$ )

Dari persamaan matematis 5.2 dapat dilihat bahwa laju korosi tidak hanya dipengaruhi oleh 1 variabel saja, melainkan variabel yang satu dapat saling mempengaruhi dengan variabel yang lainnya.

Osaralube, dkk [2] menyatakan bahwa dengan semakin bertambahnya waktu perendaman (jam) maka laju korosi cenderung meningkat lalu menurun akibat adanya pasivasi yaitu pembentukan produk korosi stabil di permukaan.

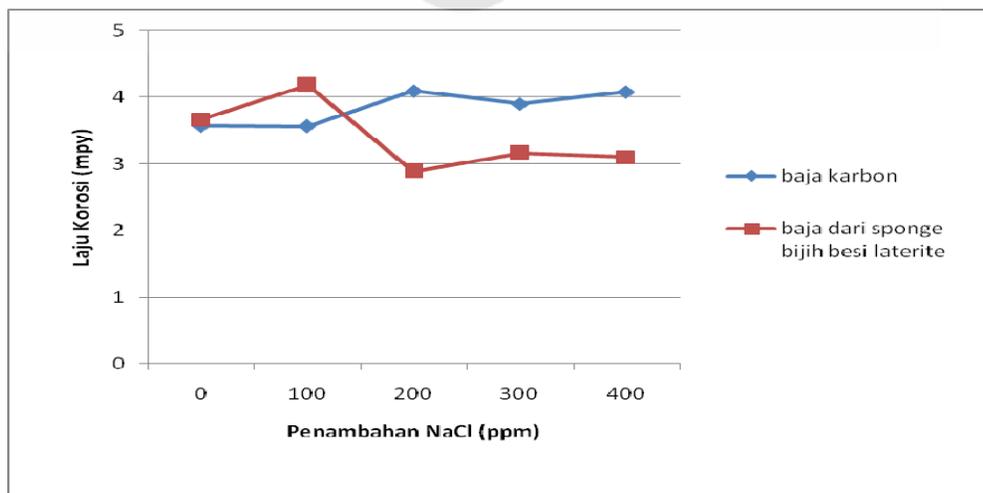
L.caceres dkk [21] dalam penelitiannya menyatakan bahwa pengujian *weight loss* mempunyai kelemahan dibandingkan teknik pengujian lainnya. Kelemahannya yaitu tidak dapat mendeteksi secara cepat perubahan yang terjadi pada proses korosi, perhitungan laju korosi pada coupon tidak dapat diterjemahkan secara langsung dari peralatan, *localized corrosion* tidak dapat dilihat secara langsung tanpa pemindahan coupon dari tempat pengujian, dan bentuk korosi tidak dapat dideteksi dari coupon. Oleh karena kelemahan yang dimiliki pengujian *weight loss* sangat banyak maka terdapat banyak kesalahan dalam pengujian dan pengambilan data sehingga hasilnya menjadi tidak begitu akurat. Namun, karena elemen paduan yang dimiliki keduanya hampir sama maka reaksi elektrokimia yang terjadi juga sama sehingga hal ini menghasilkan proses korosi dan laju korosi yang hampir sama pada keduanya dengan semakin bertambahnya waktu perendaman dari 48 jam, 72 jam, 120 jam, dan 168 jam (range waktu yang pendek).

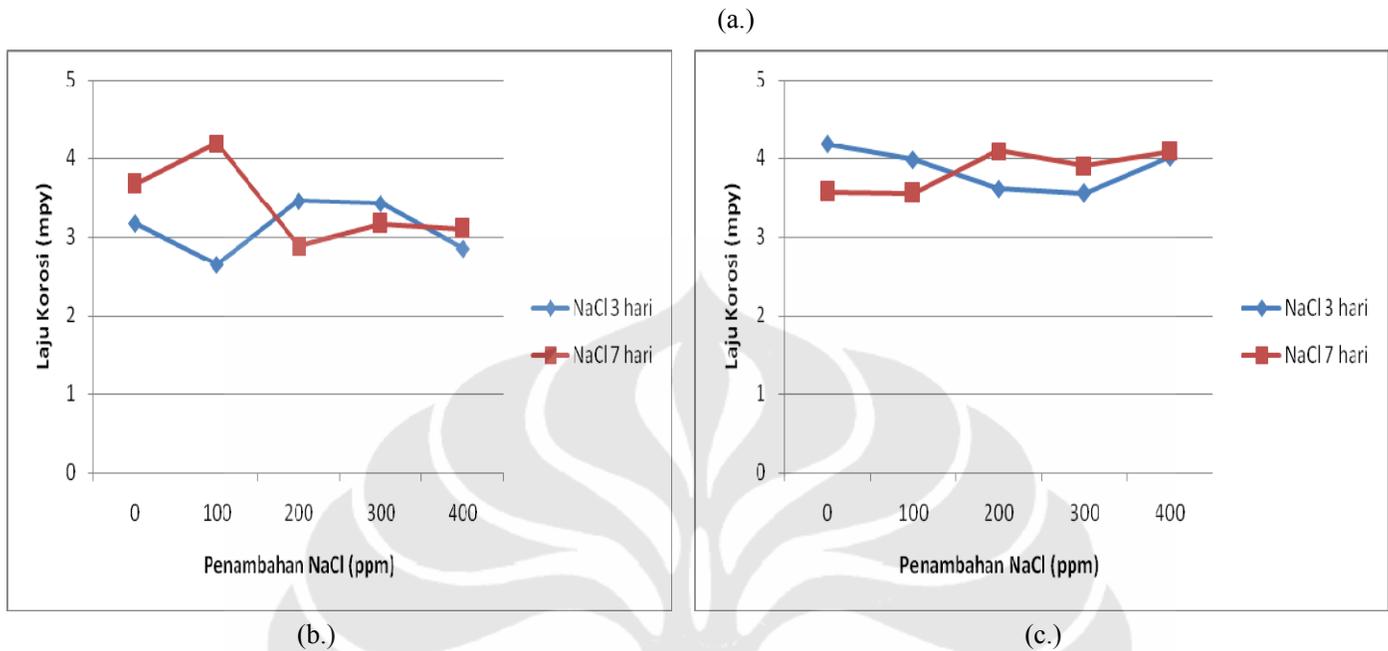
Selain itu Beliau juga menyatakan bahwa awal proses korosi baja AISI 1020 baja karbon (C = 0.2 %, Mn = 0.6 %, dan elemen tambahan seperti P, Cu, Ni, Cr, dan Mo) yang direndam di *destilated water* dengan penambahan larutan encer NaCl sebesar 0.02 M dan 0.1 M juga dipengaruhi oleh kandungan oksigen terlarut. Kinetika korosi awal terus dijaga setelah beberapa jam perendaman di larutan sebelum akhirnya dipengaruhi oleh lapisan oksida yang terbentuk di

permukaan baja. Kinetika perilaku korosi baja karbon di larutan NaCl tidak hanya dipengaruhi oleh waktu perendaman, tetapi juga dipengaruhi konsentrasi oksigen yang terlarut di elektrolit. Oleh karena itu laju korosi baja tersebut semakin meningkat dengan bertambahnya waktu perendaman (jam) dan konsentrasi NaCl. Namun, sampai titik optimal laju korosi cenderung menurun akibat berkurangnya kadar oksigen terlarut dan pembentukan lapisan pasif di permukaan. Jadi, baja karbon dan baja laterite yang diuji pada larutan dengan penambahan NaCl yang berbeda sebesar 0 ppm, 100 ppm, 200 ppm, 300 ppm, dan 400 ppm selama perendaman 48 jam, 72 jam, 120 jam, dan 168 jam mengalami penurunan laju korosi karena adanya pembentukan lapisan pasif di permukaan dan penurunan konsentrasi oksigen terlarut di larutan uji.

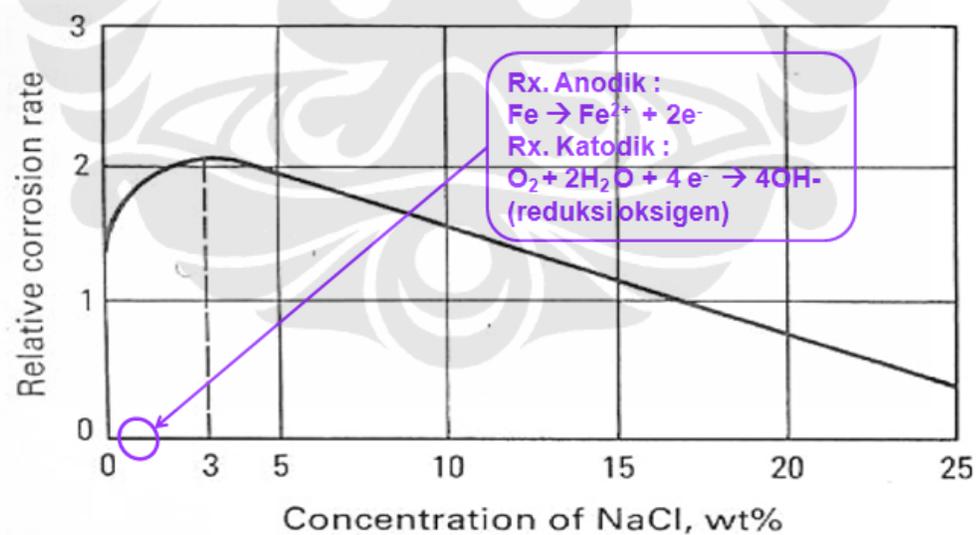
J Liu dkk [22] dalam penelitiannya tentang perubahan laju korosi baja karbon yang dilakukan uji *crevice test* dengan penambahan NaCl yang berbeda yaitu 1, 3.5, 10, dan 15 wt % dengan peningkatan temperatur (25-60 °C) menyatakan bahwa besarnya laju korosi masing-masing baja juga dipengaruhi oleh penambahan NaCl dan temperatur (°C) selain waktu pengujian. Pengaruh waktu pengujian terhadap laju korosi baja dibagi dalam beberapa tahap yaitu : tahap awal laju korosi relatif kecil lalu meningkat secara tajam dimana baja mulai terserang korosi. Kemudian laju korosi menuju tahapan kestabilan dimana laju korosi tidak meningkat tajam seiring dengan bertambahnya waktu pengujian dan akhirnya laju korosi mengalami penurunan karena pembentukan lapisan pasif di permukaan baja akibat bereaksinya permukaan baja dengan oksigen.

### 5.2.2. Pengaruh Penambahan NaCl (ppm) terhadap Laju Korosi (mpy)





**Gambar 5.2. Pengaruh penambahan NaCl (ppm) terhadap laju korosi (mpy) pada (a.) Perbandingan baja laterite dan baja karbon, (b.) Baja laterite, (c.) Baja Karbon**



**Gambar 5.3. Hubungan antara konsentrasi NaCl dengan laju korosi [5]**

Dari Gambar 5.2. dapat dilihat suatu pola yaitu semakin meningkatnya penambahan NaCl (ppm) maka laju korosi (mpy) dari baja lembaran dari sponge

bijih besi laterite dan baja karbon semakin besar. Namun grafik yang muncul tidak menunjukkan pola yang beraturan (naik-turun). Dari Gambar 5.2. dapat terlihat bahwa dengan semakin bertambahnya NaCl (ppm) dari 0 ppm, 100 ppm, 200 ppm, 300 ppm, dan 400 ppm maka laju korosi untuk baja karbon mengalami kenaikan berkisar pada 3.5 mpy s/d 4.1 mpy. Sedangkan untuk baja lembaran dari sponge bijih besi laterite laju korosinya mengalami penurunan berkisar pada 2.9 mpy sampai 4.2 mpy.

Osaralube dkk [2] menyatakan bahwa laju korosi pada coupon setelah 3 hari dan 7 hari menyatakan bahwa pelarutan logam melewati 3 hari pertama lebih cepat, dan selanjutnya menurun sebagai hasil dari pembentukan produk korosi kompleks di permukaan baja dimana hal ini akan menghasilkan nilai laju korosi yang lebih rendah. Perilaku di atas merupakan konsep dari pasivasi dan hal ini bisa menurunkan *mechanical properties* dari baja apabila diaplikasikan pada lingkungan tersebut.

Elsevier [6] menyatakan bahwa keberadaan ion  $Cl^-$  dapat meningkatkan kecenderungan terhadap percepatan laju korosi.

J Liu dkk [20] dalam penelitiannya tentang pengaruh NaCl concentration (wt %) terhadap tingkat kerusakan ( $gr/m^2-hr$ ) baja karbon (C = 0.015 – 0.22 %, Si = 0.12 – 0.3 %, S  $\leq$  0.055, dan P  $\leq$  0.045 %) menyatakan bahwa peningkatan laju korosi sebanding dengan peningkatan konsentrasi NaCl. Pengaruh konsentrasi NaCl 1, 3.5, 10, dan 15 wt % terhadap korosi baja karbon sangat kuat sehingga menghasilkan laju korosi yang lebih tinggi. Namun, konsentrasi klorida > 3.5 wt % menyebabkan laju korosinya turun. Kecepatan disolusi anodik baja menjadi ion-ionnya sebanding dengan peningkatan konsentrasi klorida dimana nantinya menghasilkan konduktivitas yang lebih tinggi pula pada lingkungan *aqueous*. Hal ini mengakibatkan *weight loss* dari baja karbon tersebut akan semakin besar. Pada titik penambahan NaCl maksimum, laju korosi menurun karena konsentrasi oksigen di larutan *aqueous* semakin menurun. Jadi, dengan semakin meningkatnya konsentrasi NaCl (ppm) pada larutan maka laju korosi baja laterite dan baja karbon meningkat lalu menurun sampai titik tertentu. Namun tingkat kerusakan yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan pengujian J Liu karena konsentrasi NaCl yang digunakan masih rendah (ppm).

K.Javarzadeh dkk [23] menyatakan bahwa efek dari peningkatan konsentrasi klorida pada larutan maka dapat mempercepat terjadinya reaksinya anodic yang menyebabkan pelarutan baja menjadi ion-ionnya. Reaksi katodik baja di larutan NaCl mengurangi oksigen yang terlarut dan menghasilkan ion hidroksil (OH<sup>-</sup>). Reaksinya anodiknya yaitu [23] :



Dengan adanya pembentukan lapisan pasif besi oksida maka laju korosi baja menurun sehingga ketahanan korosi baja meningkat. Masing-masing reaksi di atas terjadi juga dipengaruhi oleh pH larutan dan adanya oksigen yang terlarut. Apabila oksigen yang terlarut semakin sedikit maka juga akan menghasilkan penurunan laju korosi.

Apabila larutan sedikit mengandung oksigen maka reaksi katodik yang terjadi yaitu [23]:



Pada kondisi tersebut, lapisan karat hidroksida tidak cukup melekat kuat pada permukaan baja sehingga lapisan pasif tersebut tidak cukup untuk menghasilkan ketahanan terhadap serangan korosi selanjutnya dan cenderung meningkatkan laju korosi.

Prof. Yunping Xi, dkk [24] menyatakan bahwa ion-ion seperti Cl<sup>-</sup> tidak bereaksi secara kimia dengan logam. Ion Cl<sup>-</sup> hanya berperan sebagai katalis pada proses elektrokimia. Dengan adanya ion ini maka dapat mempercepat reaksi anodik sehingga pembentukan karat di permukaan metal lebih cepat. Jadi, adanya Cl<sup>-</sup> dalam larutan membantu dalam memindahkan kation pada anoda logam sehingga menghasilkan endapan yang mudah terlarut di permukaan.

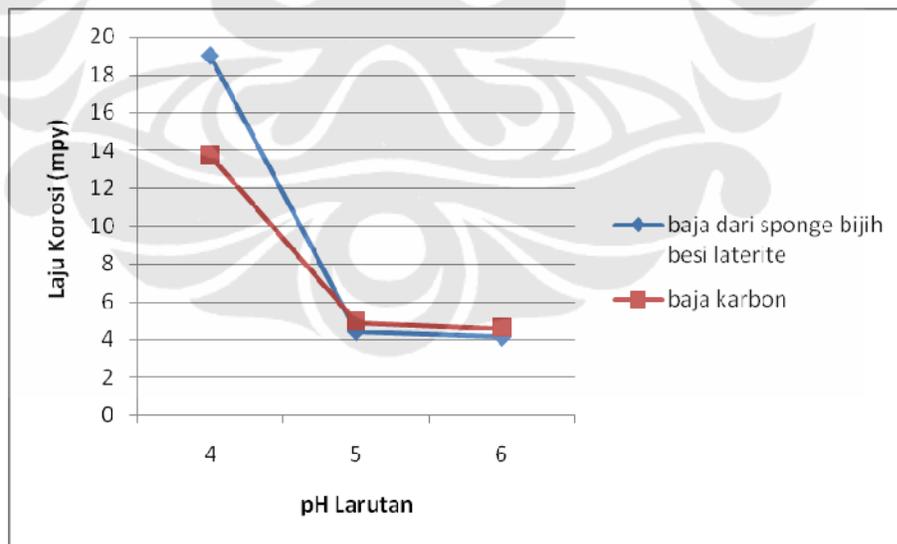
Randy K.Kent, dkk [25] menyatakan bahwa adanya ion Cl<sup>-</sup> maka dapat mencegah pembentukan fasa oksida di permukaan logam. Selain itu, ion Cl<sup>-</sup> juga menyebabkan korosifitas medium / elektrolit meningkat. Beliau juga menyatakan

bahwa pengaruh dari konsentrasi NaCl terhadap laju korosi logam tidak selalu mengikuti pola uniform dengan peningkatan / penurunan konsentrasi NaCl.

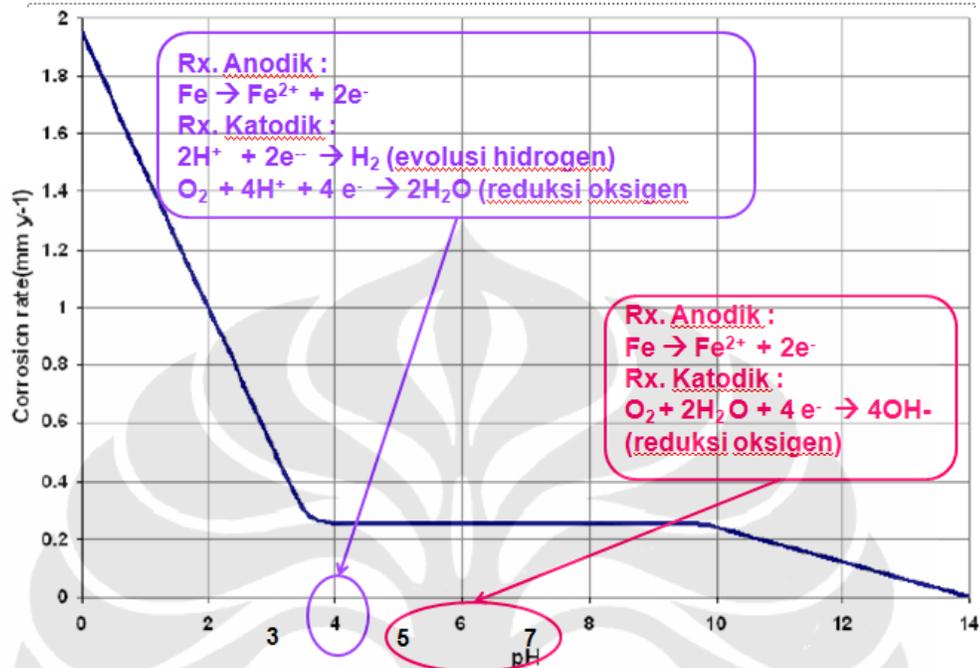
Jadi, oleh karena medium elektrolit pada kedua baja sama maka reaksi elektrokimia yang terjadi pada keduanya juga sama. Selain itu dengan kadar paduan yang hampir sama maka proses korosi yang terjadi pada keduanya sama. Hal ini juga menghasilkan laju korosi yang kurang lebih sama. Namun, karena metode pengujian yang dilakukan memiliki banyak keterbatasan dan kurang kepresisiannya sehingga menyebabkan data yang diperoleh kurang akurat dan akhirnya menghasilkan pola laju korosi yang naik-turun seperti yang terlihat pada Gambar 5.2.

### 5.2.3. Pengaruh pH Larutan terhadap Laju Korosi (mpy)

Dari Gambar 5.4. dapat diamati bahwa dengan semakin bertambahnya pH larutan celup dari 4, 5, dan 6 maka laju korosi (mpy) untuk baja karbon berkisar antara 14 sampai 5 mpy. Sedangkan untuk baja lembaran dari sponge bijih besi laterite laju korosinya tidak berbeda jauh dengan baja karbon dan nilainya berkisar antara 20 sampai 5 mpy.



**Gambar 5.4 Perbandingan laju korosi (mpy) antara baja dari sponge bijih besi laterite T1 quality QC1 dan baja karbon pada larutan air danau berpH 4, 5, dan 6 selama perendaman 168 jam**

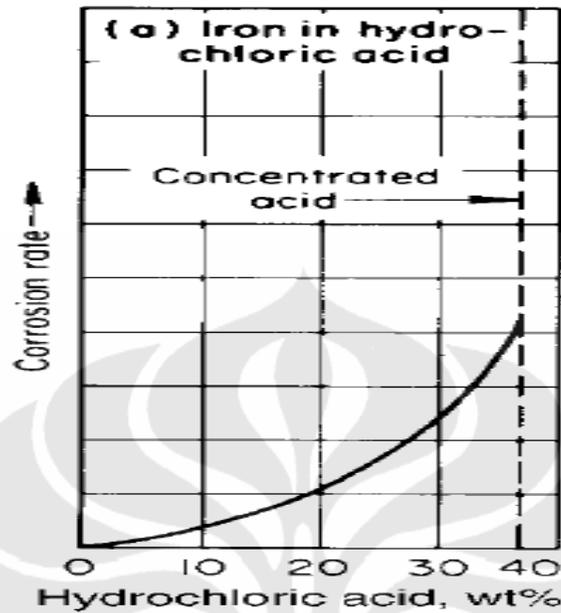


**Gambar 5.5. Hubungan antara pH larutan dengan laju korosi [5]**

Osaralube, dkk [2] menyatakan bahwa dengan semakin meningkatnya konsentrasi HCl maka kecepatan reaksi elektrokimia semakin cepat sehingga proses korosi meningkat secara signifikan. Selain itu, laju korosi baja *mild steel* dan *high carbon steel* pada larutan HCl juga didukung dengan adanya udara (oksigen), air, dan ion  $\text{H}^+$  yang dapat mempercepat proses korosi.

Laju korosi logam baja biasanya meningkat sebanding dengan penurunan pH seperti pada Gambar 5.5 dan Gambar 5.6. Oleh karena proses korosi merupakan reaksi elektrokimia yang terdiri atas reaksi anodik dan reaksi katodik, maka kedua reaksi tersebut merupakan variabel proses yang mempengaruhi laju korosi baja. Untuk contoh, reaksi katodik utama baja yang terkorosi di larutan asam anorganik *hydrochloric acid* yaitu  $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$ . Semakin banyak ion hidrogen tersedia maka kecepatan dari reaksi katodik metal lebih cepat. Hal ini mengakibatkan disolusi anodik metal menjadi ion-ionnya lebih tinggi. Umumnya reaksi tersebut terjadi pada larutan *hydrochlorid acid*. [25]

Pada penelitian yang dilakukan oleh Y-S Choi & J-G Kim [26] dengan menggunakan material *carbon steel* (Cr dan Cu sedikit serta P 0.027 wt %) dan



**Gambar 5.6 Pengaruh konsentrasi asam (wt %) terhadap laju korosi baja yang direndam pada larutan *hydrochloric acid* di temperatur ruang [25]**

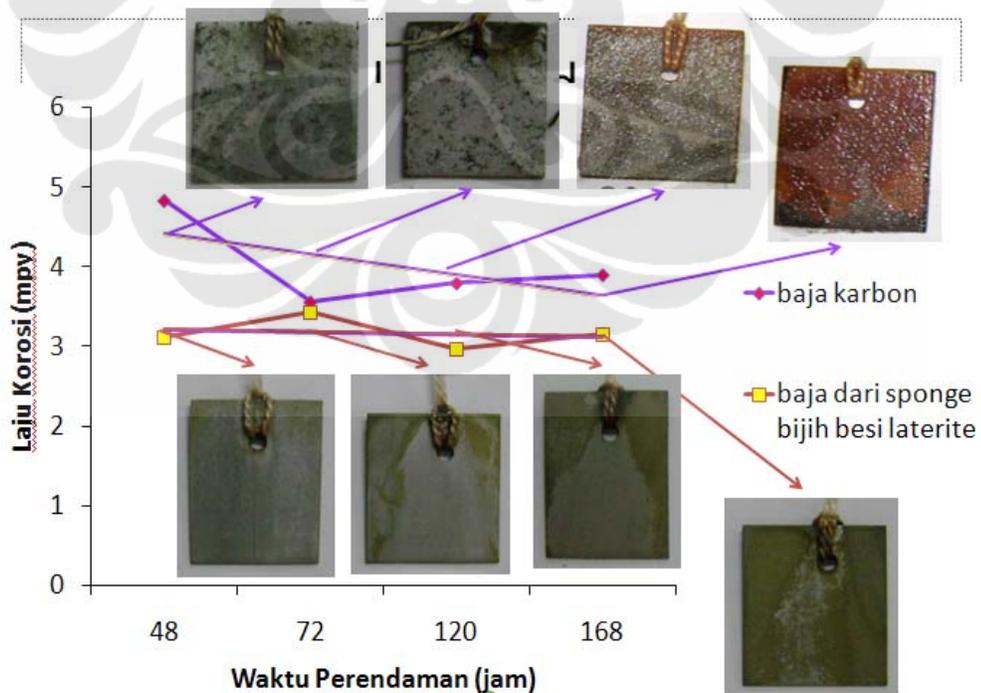
*weathering steel* (Cr = 0.60 wt %, Cu = 0.04 wt %, dan 0.027 wt % P) yang direndam selama 200 jam pada larutan dengan nilai pH 4, 5, dan 6) menyatakan bahwa peningkatan konsentrasi ion  $\text{Cl}^-$  pada larutan HCl dapat mempengaruhi konsentrasi ion  $\text{H}^+$  yang terlarut dalam larutan. Banyak sedikitnya konsentrasi ion  $\text{H}^+$  yang ada maka dapat mempengaruhi potensial korosi suatu logam/material. Peningkatan konsentrasi ion  $\text{H}^+$  menyebabkan menurunnya potensial korosi yang secara otomatis dapat meningkatkan laju korosi secara berangsur-angsur. Hal tersebut seperti penjelasan sebelumnya yaitu karena ion hidroksil (ion  $\text{OH}^-$ ) berperan sebagai inhibitor saat ion klorida berperan sebagai katalis untuk pelarutan logam menjadi ion-ionnya.

Jadi, oleh karena medium elektrolit pada kedua baja sama maka reaksi elektrokimia yang terjadi pada keduanya juga sama. Selain itu dengan kadar paduan yang hampir sama maka proses korosi yang terjadi pada keduanya sama. Hal ini juga menghasilkan laju korosi yang kurang lebih sama. Oleh karena itu dengan semakin meningkatnya pH larutan seperti pada Gambar 5.4. maka laju korosi yang dihasilkan baja laterite dan baja karbon keduanya memperlihatkan kecenderungan grafik yang semakin menurun dengan meningkatnya pH.

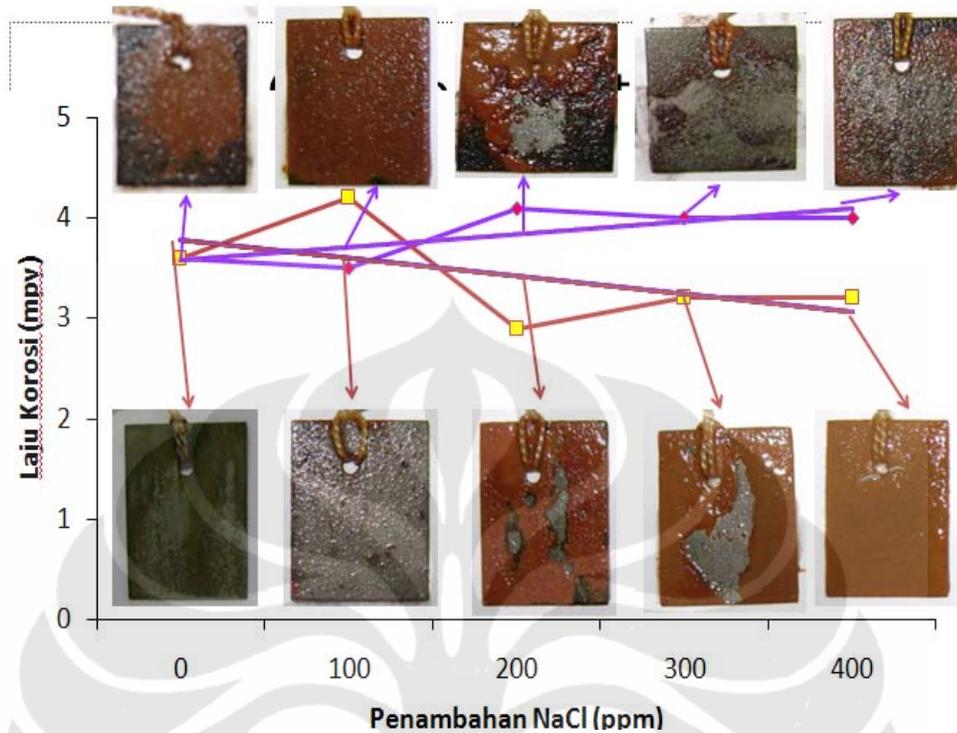
### 5.3. ANALISA PENGUJIAN VISUAL

Ketebalan deposit besi oksida yang terbentuk di permukaan kedua baja nantinya akan mempengaruhi tingkat ketahanan korosi baja di suatu lingkungan *aqueous* dimana dengan ketebalan deposit besi oksida yang semakin tinggi maka laju korosi dari baja akan menurun dan sebaliknya dengan semakin menipisnya deposit besi oksida maka laju korosi dari baja akan meningkat. Jadi ketebalan deposit besi oksida sebanding dengan ketahanan korosi baja.

Dengan semakin meningkatnya waktu perendaman seperti pada Gambar 5.7 maka laju korosi pada baja laterite di NaCl 300 ppm cenderung stabil dimana hal itu didukung dengan deposit besi oksida di permukaan yang ketebalannya hampir sama. Hal itu juga terjadi pada baja karbon, dengan semakin meningkatnya waktu perendaman maka laju korosi pada larutan yang sama cenderung menurun dimana hal itu didukung dengan deposit besi oksida di permukaan yang ketebalannya semakin meningkat. Jadi, dengan semakin meningkatnya waktu perendaman maka ketahanan korosi dari baja laterite dan baja karbon hampir sama karena produk korosi yang terbentuk di permukaan bersifat stabil pada keduanya.



Gambar 5.7 Hubungan antara waktu perendaman dengan laju korosi dan pengujian visual (NaCl 300 ppm)



**Gambar 5.8 Hubungan antara penambahan NaCl dengan laju korosi dan pengujian visual**

Pada Gambar 5.8 dengan semakin meningkatnya penambahan NaCl maka laju korosi pada baja laterite cenderung menurun. Hal ini didukung dengan ketebalan deposit besi oksida yang semakin meningkat dengan semakin meningkatnya penambahan NaCl. Sedangkan pada baja karbon dengan semakin meningkatnya penambahan NaCl maka laju korosi pada baja karbon cenderung meningkat. Hal ini didukung dengan ketebalan deposit besi oksida yang semakin menurun karena produk korosinya semakin banyak yang terlepas dengan semakin meningkatnya penambahan NaCl. Jadi, dengan bertambahnya penambahan NaCl maka ketahanan korosi baja laterite lebih besar dibandingkan baja karbon karena produk korosinya lebih stabil dibandingkan baja karbon.

Sedangkan pada Gambar 5.9, dengan semakin meningkatnya pH larutan maka laju korosi pada baja laterite di pH 4 cenderung lebih besar sedikit dibandingkan baja karbon. Hal ini berarti ketahanan korosi baja karbon di pH 4 lebih besar sedikit dibandingkan baja laterite. Namun, pada pH 5 dan 6 laju korosi pada keduanya cenderung hampir sama karena produk korosi yang terbentuk di permukaan baja laterite dan baja karbon cenderung stabil di kondisi larutan



**Gambar 5.9 Hubungan antara pH larutan dengan laju korosi dan pengujian visual**

tersebut. Jadi, pada pH 5 dan 6 maka ketahanan korosi dari baja laterite dan baja karbon hampir sama.

Berdasarkan G. Shevla maka produk karat yang terdapat pada baja laterite dan baja karbon dapat dikelompokkan berdasarkan warnanya sebagai berikut :

**Tabel 5.1 Produk karat yang kemungkinan terbentuk [15]**

No.	Jenis Baja	Warna Karat	Jenis Karat
1.	Baja laterite	Kuning kehijauan s/d endapan hijau kotor	$\text{Fe}(\text{OH})_2$
		Cokelat kemerahan	$\text{Fe}(\text{OH})_3, (\text{FeO})\text{OH}$
		Hitam	$\text{Fe}_3\text{O}_4$ (magnetite)
2.	Baja karbon	Kuning kehijauan s/d endapan hijau kotor	$\text{Fe}(\text{OH})_2$
		Cokelat kemerahan	$\text{Fe}(\text{OH})_3, (\text{FeO})\text{OH}$
		Hitam	$\text{Fe}_3\text{O}_4$ (magnetite)
		Kuning	Kation $\text{Fe}^{3+}$ ( $\text{Cl}^- \uparrow \uparrow$ )

#### 5.4. ANALISA DEGRADASI KERUSAKAN BAJA DARI SPONGE BIJIH BESI LATERITE DAN BAJA KARBON

Dari hasil foto mikro degradasi kerusakan pada baja lembaran dari sponge bijih besi laterite dan baja karbon terlihat bahwa dengan semakin meningkatnya penambahan NaCl (ppm) dari 100 ppm, 200 ppm, 300 ppm, dan 400 ppm maka degradasi kerusakan yang terjadi pada kedua baja tersebut akan semakin tinggi dan sebaliknya dengan peningkatan pH larutan air danau dari 4, 5, dan 6 maka degradasi kerusakan yang terjadi pada kedua baja tersebut akan semakin rendah.

Pada hasil foto mikro degradasi kerusakan kedua baja terlihat bahwa baja laterite lebih kecil sedikit kerusakannya dibandingkan baja karbon di lingkungan dengan kandungan NaCl berbeda. Namun dengan semakin meningkatnya pH maka kerusakan yang terjadi pada keduanya hampir sama. Hal tersebut disebabkan karena kandungan paduan di kedua baja hampir sama sehingga reaksi elektrokimia yang terjadi pada kedua baja di larutan tersebut juga sama. Hal ini menghasilkan mekanisme korosi yang hampir sama pada kedua baja di larutan dengan kandungan NaCl dan pH yang berbeda.

#### 5.5. ANALISA PENGUJIAN EDX

Dari hasil pengujian EDX, deposit baja laterite dan baja karbon pada Tabel 4.23 dapat terlihat bahwa kemungkinan deposit senyawa yang terbentuk pada permukaan kedua baja terlihat pada Tabel 5.2.

K.E Garcia dkk [27] dalam penelitiannya tentang *surface deposit* pada baja karbon dan *weathering steel* di lingkungan klorida dengan metode *dry-wet cyclical process* menyatakan bahwa kelebihan relatif dari unsur dan senyawa pembentuk komponen pembentuk karat pada kedua baja hampir sama karena

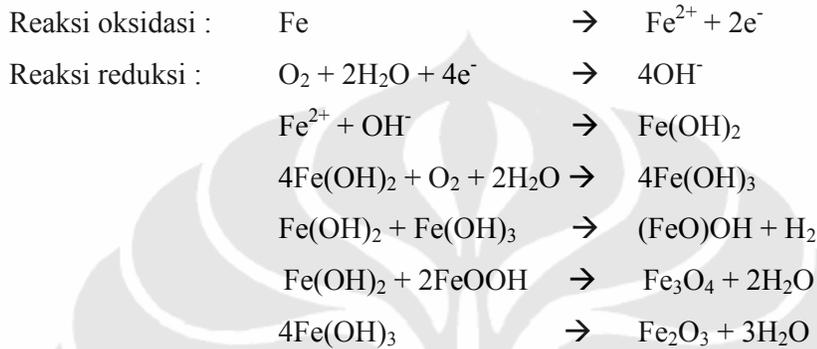
**Tabel 5.2 Kemungkinan senyawa yang terbentuk pada deposit karat di permukaan baja**

No.	Jenis	Senyawa yang mungkin terbentuk
1.	Baja laterite	Fe(OH) <sub>2</sub> , Fe(OH) <sub>3</sub> , Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , FeO(OH), Fe <sub>3</sub> C, FeCO <sub>3</sub> , CaCO <sub>3</sub> , Fe(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
2.	Baja karbon	Fe(OH) <sub>2</sub> , Fe(OH) <sub>3</sub> , Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , FeO(OH),

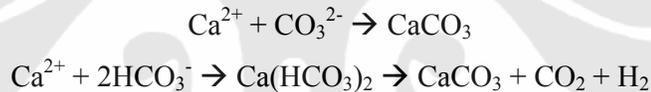
		Fe <sub>3</sub> C, FeCO <sub>3</sub> , Fe(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
--	--	---

korosi yang terjadi antara baja dengan lingkungan diantara keduanya juga sama.

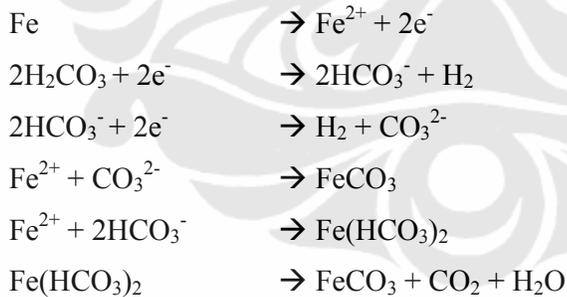
Reaksi kemungkinan pembentukan senyawa deposit besi oksida pada baja laterite dan baja karbon yaitu sebagai berikut :



Kemungkinan pembentukan senyawa CaCO<sub>3</sub> pada baja laterite disebabkan karena reaksi sebagai berikut :



Adanya kemungkinan pembentukan senyawa FeCO<sub>3</sub> pada baja laterite dan baja karbon disebabkan reaksi [28] sbb :



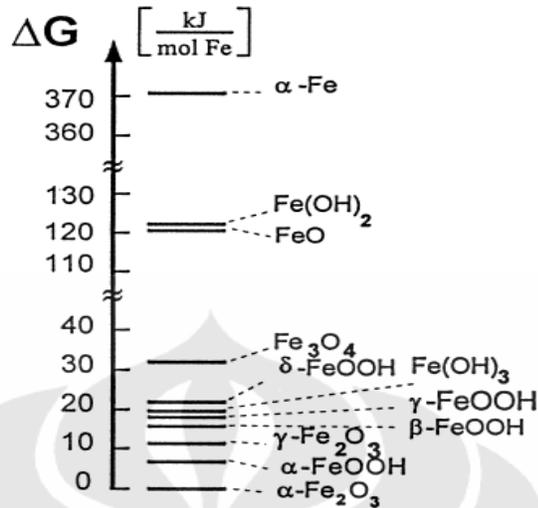
Adanya unsur Si berlebih dibandingkan hasil pengujian *Spectroscopy* kemungkinan disebabkan karena prinsip kerja dari EDX yang menembak 1 titik secara langsung tanpa adanya nilai rata-rata. Jadi, apabila kadar di 1 titik tersebut tinggi maka akan menghasilkan peak yang tinggi pula pada grafiknya. Apabila dibandingkan dengan prinsip kerja *Spectroscopy* dimana dengan penembakan tiap / satuan luas cm<sup>2</sup> dan perlu nilai rata-rata maka nilai komposisi / kadar unsur yang dihasilkan akan lebih kecil dibandingkan hasil pengujian EDX. Selain itu,

adanya Si berlebih kemungkinan karena terkontaminasinya material baja oleh pasir dari air danau. Sebagai tambahan, pengamplasan dengan SiC paper turut mempengaruhi besarnya kandungan Si dari produk karat kedua baja.

W.Meisel [29] dalam penelitiannya tentang hubungan antara besarnya energi bebas Gibbs (Kj/mol) terhadap pembentukan beberapa produk korosi baja menyatakan bahwa :

- Fasa hematite ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) merupakan produk akhir karat baja yang bersifat stabil
- Fasa FeO dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  merupakan fasa stabil dimana masing-masing memiliki tekanan parsial tertentu. Pada tekanan parsial maksimum maka FeO berubah menjadi  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .
- Pada kondisi biasa, proses korosi akan terhenti sampai range pertengahan sehingga level akhir terendah (pembentukan hematite ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ )) tidak dapat dicapai sampai waktu exposure ke lingkungan cukup.
- Pada kondisi yang lebih agresif maka proses korosi mengarah kepada produksi di level yang lebih rendah, level yang lebih di atas akan turun secara cepat dan laju korosi akan meningkat tajam.

Sejumlah agen reaktif berperan sebagai katalisator yang mempercepat proses korosi yaitu meningkatkan korosifitas medium elektrolitnya. Selain itu, agen agresif tersebut dapat mempercepat proses pembentukan karat sehingga energi aktivasi yang dibutuhkan lebih rendah. Untuk contoh, adanya ion klorida pada besi klorida akan terhidrolisis ke dalam bentuk  $\beta\text{-FeOOH}$  (*akaganeite*) dan ion  $\text{Cl}^-$  selanjutnya mencegah pembentukan fasa oksihidroksida di permukaan.

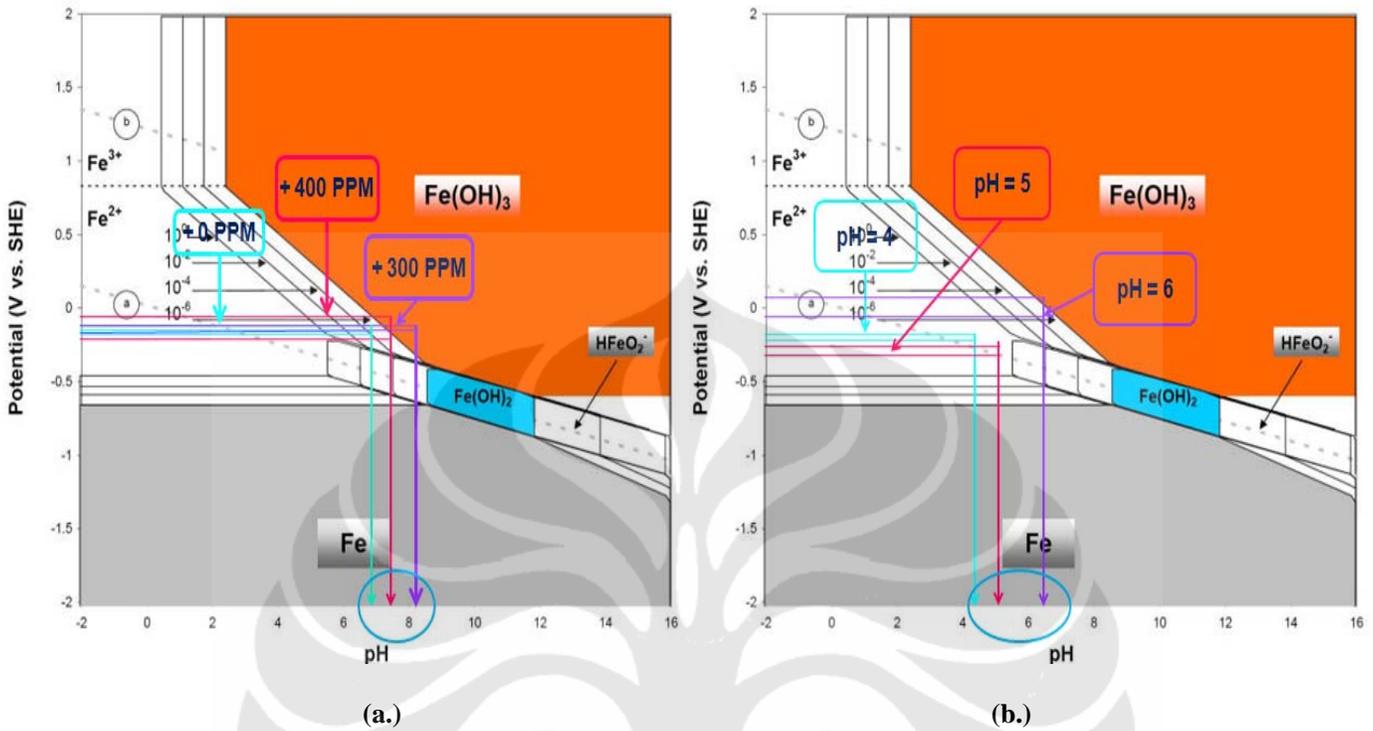


Gambar 5.10 Tingkatan diagram energi bebas gibbs terhadap pembentukan beberapa produk korosi baja [29]

## 5.6 ANALISA PENGUJIAN POTENSIAL BAJA KARBON DAN BAJA LEMBARAN DARI SPONGE BIJIH BESI LATERITE

Dari Gambar 5.11 (a.) dapat terlihat bahwa dengan penambahan NaCl sebesar 0, 300, dan 400 ppm maka besarnya tegangan untuk masing-masing baja berturut-turut berkisar pada -0.1 volt sampai - 0.06 volt (vs SHE) untuk baja karbon dan berkisar pada -0.013 volt dan -0.012 volt (vs SHE) untuk baja laterite dimana pada kondisi pH 7.29, 7. 91 , dan 8.2 kedua baja berada dalam kondisi pasif karena di permukaannya terbentuk lapisan protektif  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ . Hal ini mengakibatkan laju korosi baja cenderung menurun. Sedangkan pada Gambar 5.11 (b.) maka besarnya tegangan untuk masing-masing baja berturut-turut berkisar pada -0.02 volt sampai 0.1 volt (vs SHE) untuk baja karbon dan berkisar pada -0.03 volt sampai -0.5 volt. Hal ini berarti pada kondisi pH 4.44 dan 5.05 baja berada pada kondisi aktif (terkorosi) sehingga laju korosinya meningkat dan pada kondisi pH 6.44 kedua baja berada pada kondisi pasif karena di permukaannya telah terbentuk lapisan protektif  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  sehingga laju korosinya cenderung menurun.

K.E Garcia, dkk [30] menyatakan bahwa berdasarkan diagram Pourbaix E vs pH baja maka pembentukan karat dimulai pada potensial -0.4 V dan pH =7. Dengan potensial yang lebih tinggi berkisar 0.2 V di pH yang sama maka lepidocrocite dan goethite kemungkinan lebih terbentuk. Magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) pada



Gambar 5.11 Diagram pourbaix E (volt) vs pH Fe [17]

kondisi tersebut dihasilkan dari lepidocrocite ( $\gamma$ -FeOOHs). Adanya ion Cl<sup>-</sup> dan kandungan oksigen terlarut yang tinggi maka kemungkinan terbentuknya akaganeite semakin tinggi. Sedangkan dengan kandungan oksigen terlarut yang sangat tinggi maka menghasilkan lepidocrocite, akaganeite ( $\beta$ -FeOOHs), dan sedikit goethite ( $\alpha$ -FeOOHs)

Fasa karat berdasarkan sifat protektifnya dibagi menjadi 2 yaitu non-adherent rust (lepidocrocite, goethite, akaganeite, dan magnetite) dan adherent rust yang komposisi utamanya terdiri atas magnetite (komposisi utama) dan hematite (komposisi sedikit)

Adanya keberadaan ion Cl<sup>-</sup> (anion) dan ion Cr<sup>3+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, dan Mn<sup>2+</sup> cenderung menghasilkan pembentukan goethite sedangkan dengan keberadaan ion Cr<sup>3+</sup> dan Cu<sup>2+</sup> yang lebih tinggi lagi maka pembentukan magnetite merupakan komposisi karat yang lebih utama.