

STUDI PERILAKU KOROSI BAJA SPHT PADA MEDIUM AIR LAUT

Munasir & Yulie

Jurusan Fisika FMIPA Unesa Surabaya

Abstrak

Berdasarkan fakta dapat terlihat bahwa mempelajari masalah korosi sangatlah penting karena hal ini tidak hanya menyangkut upaya peningkatan kualitas baja yang dihasilkan tetapi juga menyangkut efisiensi penggunaan sumber daya alam yang tersedia. Metode yang paling sederhana untuk uji korosi adalah dengan teknik *Immerse (pencelupan)* atau yang lebih umum disebut sebagai uji korosi natural. Tujuan penelitian ini antara lain : (a) mempelajari perilaku korosi baja SPHT pada medium air laut. (b) mengetahui jenis baja SPHT yang memiliki laju korosi paling minimum. (c) melihat pola korosi baja SPHT yang telah mengalami korosi akibat medium air laut melalui foto makro. Adapun asumsi dan batasan masalah dalam penelitian ini adalah : (1) Baja SPHT yang digunakan memiliki permukaan yang rata sehingga tidak berpengaruh terhadap penelitian yang dilakukan. (2) Air laut yang digunakan memiliki kadar garam yang tetap selama penelitian. Hasil penelitian ini diantaranya : (1) perilaku korosi baja SPHT 1 diakibatkan oleh faktor internal yaitu faktor diri baja itu sendiri yang berupa komposisi karbon yang sangat sedikit. Untuk perilaku korosi baja SPHT 2, SPHT 3, dan SPHT 4 menunjukkan bahwa korosi yang terjadi diakibatkan oleh faktor eksternal yaitu media korosif yang berupa air laut Madura. (2) melalui uji *immerse* yang telah dilakukan diketahui bahwa baja SPHT yang memiliki laju korosi paling minimum adalah baja SPHT 3 dengan laju korosi sebesar $(0,508 \pm 0,066)$ mmpy meskipun demikian, baja SPHT 2 yang paling cocok digunakan untuk daerah laut Madura. Hal ini dikarenakan laju korosi baja SPHT 2 tidak begitu besar, yaitu $(0,508 \pm 0,066)$ mmpy dan ion Cl⁻ yang terkandung pada air laut Madura tidak mampu merusak ion logam, sehingga korosi yang terjadi hanya korosi umum yang sangat mudah untuk diamati. (3) hasil foto makro menunjukkan bahwa untuk baja SPHT 1 dan SPHT 2 mengalami korosi menyeluruh, sedangkan baja SPHT 3 dan SPHT 4 mengalami korosi sumuran.

Kata Kunci : Korosi, Baja SPHT, Immerse

PENDAHULUAN

Berdasarkan fakta dapat terlihat bahwa mempelajari masalah korosi sangatlah penting karena hal ini tidak hanya menyangkut upaya peningkatan kualitas baja yang dihasilkan tetapi juga menyangkut efisiensi penggunaan sumber daya alam yang tersedia. Dalam mempelajari perilaku korosi suatu logam dapat dilakukan dengan eksperimen dari yang sederhana hingga yang sangat rumit. Metode yang paling sederhana adalah dengan teknik *Immerse (pencelupan)* atau yang lebih umum disebut sebagai uji korosi natural. Dengan melakukan eksperimen ini kita dapat mengetahui ketahanan pipa baja secara jelas dan terpercaya serta dapat memberikan pemahaman yang dapat digunakan sebagai landasan fundamental dalam kajian suatu sifat bahan.

Dari latar belakang tersebut, terdapat berbagai permasalahan yang dapat dirumuskan dalam penelitian ini diantaranya: (a) Bagaimanakah perilaku korosi baja SPHT pada medium air laut? , (b) Jenis baja SPHT manakah yang memiliki laju korosi yang paling minimum?, (c) Bagaimanakah foto makro pola korosi baja SPHT yang telah mengalami korosi akibat medium air laut?

Dengan demikian tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini antara lain : (a) Mendeskripsikan dan mengevaluasi perilaku korosi baja SPHT pada medium air laut. (b) Mendeskripsikan jenis baja SPHT yang memiliki laju korosi paling minimum. (c) Mendeskripsikan foto makro pola korosi baja SPHT yang telah mengalami korosi akibat medium air laut. Adapun asumsi dan batasan masalah dalam penelitian ini adalah : (1) Baja SPHT yang digunakan memiliki permukaan yang rata sehingga tidak berpengaruh terhadap penelitian yang dilakukan. (2) Air laut yang digunakan memiliki kadar garam yang tetap selama penelitian.

KAJIAN PUSTAKA

Baja SPHT

Berdasarkan JIS G 3132, baja SPHT merupakan baja lembaran panas untuk aplikasi pipa dan tabung (*hot-rolled carbon steel strip for pipes and tubes*) karena memiliki kemampuan las yang cukup baik. Baja ini disebut sebagai *hot-rolled carbon steel strip for pipes and tubes* karena dalam proses pembuatannya menggunakan proses pengerolan panas dengan temperatur 1200-1250°C. Berikut adalah sifat mekanik dan komposisi kimia baja SPHT:

Tabel 1 Sifat Mekanik baja SPHT (<http://www.KrakatauSteel.com>)

JIS G 3132 (Baja Karbon Lembaran Panas untuk Pipa)					
Spesifikasi	TS (MPa)	Elongation (%)			
		t<1.6	1.6≤t<3.0	3.0≤t<6.0	6.0≤t≤13
SPHT 1	270 min	30 min	32 min	35 min	37 min
SPHT 2	340 min	25 min	27 min	30 min	32 min
SPHT 3	410 min	20 min	22 min	25 min	27 min
SPHT 4	490 min	15 min	18 min	20 min	22 min

Sesuai tabel di atas, baja SPHT yang memiliki *tensile strength* yang cukup tinggi adalah baja SPHT 4, namun yang memiliki sifat mampu mulur yang cukup tinggi adalah baja SPHT 1.

Tabel 2 Komposisi Kimia Baja SPHT (<http://www.KrakatauSteel.com>)

JIS G 3132 (Baja Karbon Lembaran Panas untuk Pipa)					
Spesifikasi	C	Si	Mn	P	S
SPHT 1	0.10 max	0.35 max	0.50 max	0.040 max	0.040 max
SPHT 2	0.18 max	0.35 max	0.60 max	0.040 max	0.040 max
SPHT 3	0.25 max	0.35 max	0.30-0.90	0.040 max	0.040 max
SPHT 4	0.30 max	0.55 max	0.30-1.00	0.040 max	0.040 max

Baja SPHT merupakan baja karbon rendah dengan kandungan paduan yang tinggi. Hal ini dapat dilihat bahwa baja SPHT memiliki kandungan karbon $\leq 0,3\%$ dan elemen paduannya $> 10\%$.

Air Laut

Bumi ini sebagian besar terdiri dari lautan. Hampir 2/3 bagian bumi terdiri dari lautan. Dengan kondisi geografis yang berupa lautan maka banyak sekali industri yang berkaitan dengan sistem kelautan seperti perkapalan, pengeboran lepas pantai dan konstruksi bangunan khusus untuk daerah pantai.

Air laut merupakan salah satu elektrolit yang paling bagus sehingga lingkungan ini banyak menimbulkan masalah korosi jika ditempatkan logam korosif (S,Heri 2003,II:28). Hal ini karena air laut memiliki beberapa faktor yang bersifat meningkatkan oksidasi. Faktor tersebut diantaranya kandungan garam, kecepatan media, temperatur dan unsur biologi.

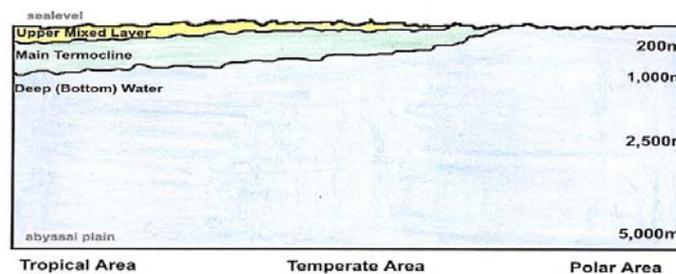
Unsur-unsur Air Laut

Seperti yang kita ketahui bahwa laut sangat kaya akan berbagai macam unsur-unsur yang kemungkinan dapat menyebabkan korosi. Jika ditinjau dari komposisi air laut, secara umum unsur-unsur yang ada pada air laut dinyatakan dalam ppm (*part of million*) (Bearman, 1989). Komposisi air laut adalah sebagai berikut : chloride (19.345 ppm), sodium (10.752 ppm), sulfate (2.701 ppm), magnesium (1.295 ppm), calcium (0.416 ppm), potassium (0.390 ppm), bicarbonate (0.145 ppm), bromide (0.027 ppm), stronsium (0.013 ppm), fluoride (0.001 ppm), dan lainnya (kurang dari 0.001 ppm).

Dalam penelitian ini, air laut yang digunakan adalah air laut yang berasal dari Selat Madura. Air laut dari Selat Madura tentu saja berbeda dengan air laut dari laut yang lain dan Selat Madura memang terkenal sudah mengalami berbagai pencemaran, untuk itulah maka perlu dilakukan pengujian untuk mengetahui berapa persen kandungan unsur-unsur yang berpotensi menyebabkan korosi. Unsur yang terkandung di dalam air laut Selat Madura adalah sebagai berikut: Cl^- (42.478 mg/L) , Na^+ (17682 mg/L), SO_4^{2-} (3400 mg/L), Mg^{2-} (1246 mg/L) dan Ca^{2-} (368 mg/L). (hasil uji di Lab. Baristand).

Temperatur Air Laut

Selain unsur yang terkandung pada air laut, temperatur juga salah satu faktor terjadinya korosi. Berdasarkan temperatur, laut dibagi menjadi 3 lapisan yaitu *upper mixed layer*, *main termocline*, dan *deep (bottom) water* (Bearman, 1989).



Gambar 1. Pembagian temperatur laut berdasarkan kedalaman

Upper mixed layer merupakan bagian laut dengan suhu -2°C di kutub dan $+30^{\circ}\text{C}$ di daerah tropis. Kedalaman bagian ini sekitar 200 m mendekati garis equator dan volumenya hanya mencapai 2% dari total volume laut. Di daerah bagian inilah yang dapat mempercepat proses korosi, hal ini disebabkan karena daerah ini memiliki aerasi tinggi (O_2 kadarnya tinggi), kelembabannya berubah-ubah, dan kadar garamnya cukup tinggi. Untuk daerah *main termocline*, volumenya mencapai 18% dari total volume laut. Daerah ini memiliki kedalaman sekitar 1000m. Untuk daerah yang terakhir, yaitu *deep (bottom) water* merupakan daerah bagian laut yang terdalam dan terluas karena volumenya 80% dari total volume laut . Suhu pada bagian ini mencapai $+2^{\circ}\text{C}$ - $+5^{\circ}\text{C}$. Jadi dapat dikatakan bahwa semakin dalam kita menempatkan suatu benda, belum tentu korosinya akan berlangsung bertambah cepat.

Korosi

Secara umum korosi juga dapat didefinisikan sebagai perubahan energi. Hal ini diakibatkan ketika suatu benda tersebut terbentuk maka dia secara otomatis memiliki *internal energy* dan ketika berada dalam suatu lingkungan maka akan terjadi pertukaran energi antara *internal energy* dengan *free energy* (energi di lingkungan). Dengan kata lain bahwa pada saat proses pembuatan logam dibutuhkan sejumlah energi untuk merubah *ore* (bahan mentah) menjadi logam yang kita inginkan. Ketika logam berada di suatu lingkungan maka energi ini akan bertukar dengan energi sekeliling sehingga menghasilkan produk korosi (karat).

Korosi yang terjadi pada baja setiap tahunnya menyisakan berbagai masalah karena banyak kerugian yang ditimbulkan. Kerugian-kerugian yang ditimbulkan oleh korosi diantaranya adalah penampilan logam kurang sedap dipandang, berkurangnya kekuatan/ ketangguhan sehingga dapat menimbulkan akibat yang lebih serius, misalnya robohnya suatu konstruksi, kerusakan pada suatu bagian peralatan seringkali menghentikan seluruh proses produksi, biaya perawatan untuk

mencegah kerusakan akibat korosi tidak murah dan hasil raksi korosi mungkin juga akan membuat pencemaran pada suatu produk (Suherman).

Faktor-faktor Penyebab Korosi

Korosi memang tidak dapat dihindari dan dicegah tetapi proses pengkaratan ini dapat diperlambat. Hal ini dibuktikan dengan tidak satupun peneliti yang pernah melakukan *research* mengenai cara mencegah korosi. Sampai saat ini yang ada adalah *research* mengenai bagaimana menghambat proses korosi yang dalam hal ini dibuktikan dengan munculnya beberapa *inhibition*. Secara garis besar, faktor yang menyebabkan korosi dapat dibagi menjadi dua yaitu, diakibatkan oleh diri material itu sendiri dan lingkungan.

Apabila ditinjau dari penyebab *internal* maka biasanya diakibatkan oleh diri material itu sendiri atau yang sering kita kenal dengan faktor proses produksi. Yang termasuk dalam faktor proses produksi meliputi usur bahan, desain dan proses produksi itu sendiri.

Komposisi unsur dalam logam sangat berpengaruh pada perilaku logam dalam media cepatnya korosi *self-katalitik*, yang artinya tanpa adanya efek lainpun korosi sudah terlalu cepat (S, Heri, 2003,II:17). Jadi dengan kata lain dapat dikatakan bahwa jika kita menginginkan suatu baja yang tahan terhadap korosi, maka kita perlu mempertimbangkan unsur-unsur yang ditambahkan saat proses pembuatan. Sedangkan apabila ditinjau dari desain, tentu saja baja yang dalam pengaplikasiannya dibengkokkan dengan sudut 180°C tentu akan lebih mudah mengalami korosi dibandingkan baja yang lurus. Faktor *internal* yang lain dan tidak kalah pentingnya adalah proses produksi itu sendiri. Proses yang dimaksud dapat berupa proses panas dan proses dingin. Dalam proses panas, apabila suhu yang kita berikan terlalu tinggi, maka akan menyebabkan terjadinya korosi galvanik atau korosi intergranular. Dengan perlakuan dinginpun korosi juga akan tetap berpengaruh. Hal ini karena dengan proses dingin memungkinkan terjadinya penyimpangan bidang kristal sehingga memudahkan masuknya media korosif melalui celah-celah. Untuk itulah dalam melakukan proses produksi kita tidak boleh sembarangan. Kita harus memperhatikan semua prosedur yang telah ditetapkan.

Sedangkan apabila ditinjau dari faktor lingkungan, banyak sekali lingkungan yang dapat mengakibatkan terjadinya korosi tergantung pengaplikasian baja itu sendiri. Macam lingkungan yang dapat mengakibatkan korosi dapat dibagi menjadi 2 yaitu *locational* dan *mechanical* (S, Heri, 2003,II:2).

Tabel 3. Macam Lingkungan

Locational	Mechanical (under condition of:)
Wet or dry	Stress Fatigue Movement Cavitation Erosion Impingement freeting
Hot or cold	
Aqueous	
Fresh or salt water	
Under film of moisture	
In soil	
Under fouling	
Chemical	
Petroleum product	
Steam	
Flue gass	

Jenis-jenis Korosi

Dalam mempelajari korosi maka kita tidak akan lepas dari jenis-jenis korosi. Hal ini erat hubungannya karena dengan mengetahui jenis korosi yang terjadi maka kita akan dapat menentukan cara pencegahannya. Secara umum jenis korosi ada sepuluh yaitu: (1) korosi Homogen (*uniform corrosion*), (2) korosi Sambungan Dua Logam (*Galvanic Corrosion*), (3) korosi Celah (*Crevice Corrosion*), (4) korosi Sumuran (*Pitting Corrosion*), (5). korosi Antara Susunan Logam (*Intergranular Corrosion*), (6). korosi Akibat Pisahnya Unsur Tertentu (*Selective Leaching*), (7)

korosi Erosi (*Erosion Corrosion*), (8) korosi Tegangan (*Stress Corrosion*), (9) korosi Lelah (*Fatigue Corrosion*), dan (10) korosi Biologi (*Biological Corrosion*).

Teknik Pengukuran Laju Korosi

Melalui teknik *immerse* ini kita akan memperoleh massa yang hilang akibat proses korosi, sehingga besarnya laju korosi nantinya dapat dinyatakan sebagai berikut (Schweitzer, 1987: 97):

$$\text{Corrosion Rate (mmpy)} = \frac{K \times W}{A \times T \times D} \quad (1)$$

Dengan : K : konstanta 8.76×10^4
W : massa yang hilang (g)
D : massa jenis sampel uji (g/cm^3).
Untuk baja SPHT = $7,85 \text{ g/cm}^3$
A : luas penampang sampel uji yang terkorsi (cm^2)
T : waktu pengujian (hour)

Untuk mempermudah pengukuran, kadang mmpy juga dinyatakan dengan mpy dengan ketentuan: $0,0254 \text{ mmpy} = 1 \text{ mpy}$. Berdasarkan ketentuan tersebut, suatu baja dapat dikatakan memiliki ketahanan terhadap korosi apabila memiliki $\text{mpy} < 2 \text{ mpy}$. Jadi berdasarkan penembusan korosi, kriterianya dapat dikategorikan sebanyak 6 kategori, yaitu:

Tabel 4. Kategori material

No	Kategori	mpy
1	Istimewa	< 1
2	Sangat baik	1-5
3	Baik	5-20
4	Cukup	20-50
5	Jelek	50-200
6	Tidak dapat diterima	>200

METODE PENELITIAN

Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini yang bertindak sebagai variabel bebas adalah jenis baja yang digunakan dan dalam hal ini adalah jenis baja SPHT. Sedangkan variabel terikat merupakan variabel respon atau hasil yang diperoleh dalam suatu penelitian. Dalam penelitian ini variabel terikatnya adalah besarnya laju korosi dan foto makro pola korosi baja SPHT. Untuk variabel kontrol adalah ukuran baja SPHT yang digunakan yaitu $30 \text{ mm} \times 12 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$ (ASTM G 31. Vol. 03.02), jenis larutan korosif yang digunakan yaitu air laut yang diperoleh dari selat Madura, dan waktu pencelupan selama 3 minggu.

Alat Dan Bahan

Alat-alat yang digunakan adalah : (a) neraca digital, (b) bak/ kotak kaca, (c) jangka sorong, (d) timer, (e) kertas gosok *grid* 80, 100, 120, 180, 200 dan 800, (f) gergaji besi, (g) dinamo aquarium dengan *head* 1,0 m, (h) kayu penyangga, (i) tali, dan (j) hair dryer. Bahan-bahan yang digunakan adalah : (a) baja SPHT jenis SPHT 1, SPHT 2, SPHT 3 dan SPHT 4, (b). air laut yang diperoleh dari Selat Madura. Ukuran baja SPHT yang digunakan yaitu $30 \text{ mm} \times 12 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$ (ASTM G 31.Vol. 03.02), jenis larutan korosif yang digunakan yaitu air laut yang diperoleh dari selat Madura, dan waktu pencelupan selama 3 minggu.

HASIL DAN PEMBASAN UJI KOROSI

Hasil Uji Korosi

Uji korosi dilakukan dengan menggunakan teknik pencelupan atau yang lebih umum dikenal sebagai teknik *immerse*. Teknik ini dipilih karena biaya yang relatif terjangkau, dapat melakukan uji terhadap beberapa material dalam waktu yang bersamaan, kondisi yang diciptakan mendekati kondisi sesungguhnya, dan informasi yang diperoleh dapat digunakan untuk proses *design* lebih lanjut. Massa sampel yang hilang pada baja SPHT 1 terlihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 5 Massa yang hilang pada baja SPHT 1

Kode Spesimen	A ₁ (g)	A _t (g)	A _{t+1} (g)	A ₂ (g)	B (g)
SPHT 1	0.243	1.274	1.674	0.400	0.286
(1)	0.137	0.212	0.860	0.648	0.171
SPHT 1 (2)	0.229	1.017	1.225	0.208	0.259
SPHT 1 (3)					
Rata-rata	0.203	0.834	1.253	0.419	0.239

Dari tabel 5 diketahui bahwa $B > A_1$ dengan perbedaan sebesar 0,036 gram dan $A_2 > B$ dengan perbedaan sebesar 0,180 gram. Hal ini berarti bahwa kekorosifan baja SPHT 1 selama proses pengujian karena faktor internal meningkat dan kemampuan media air laut untuk meningkatkan kekorosifan baja SPHT 1 juga meningkat. Jadi dapat dikatakan bahwa penyebab utama terjadinya korosi pada baja SPHT 1 adalah faktor internal dari diri baja itu sendiri dan faktor eksternal yaitu air laut. Untuk massa rata-rata baja SPHT 2 yang hilang selama proses uji korosi adalah :

Tabel 6. Massa yang hilang pada baja SPHT 2

Kode Spesimen	A ₁ (g)	A _t (g)	A _{t+1} (g)	A ₂ (g)	B (g)
SPHT 2 (1)	0.262	0.287	0.486	0.199	0.268
SPHT 2 (2)	0.208	0.311	0.539	0.228	0.221
SPHT 2 (3)	0.234	0.291	0.532	0.241	0.254
Rata-rata	0.243	0.296	0.513	0.223	0.248

Dari tabel 6 diketahui bahwa $B > A_1$ dengan perbedaan sebesar 0,05 gram dan $A_2 < B$ dengan perbedaan sebesar 0,025 gram. Hal ini berarti bahwa kemampuan komposisi baja SPHT 1 untuk mengkorosi selama proses pengujian menurun dan kemampuan media air laut untuk meningkatkan kekorosifan baja SPHT 2 meningkat. Jadi dapat dikatakan bahwa penyebab utama terjadinya korosi pada baja SPHT 2 adalah faktor eksternal berasal dari air laut yang digunakan. Dengan kata lain, komposisi baja SPHT 2 dirasa sudah ideal karena cukup tahan terhadap pengaruh buruk air laut Madura. Massa rata-rata baja SPHT 3 yang hilang selama proses uji korosi dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 7. Massa yang hilang pada baja SPHT 3

Kode Spesimen	A ₁ (g)	A _t (g)	A _{t+1} (g)	A ₂ (g)	B (g)
SPHT 3 (1)	0.132	0.214	0.272	0.058	0.141
SPHT 3 (2)	0.125	0.206	0.252	0.046	0.113
SPHT 3 (3)	0.139	0.224	0.380	0.156	0.190
Rata-rata	0.132	0.215	0.301	0.087	0.148

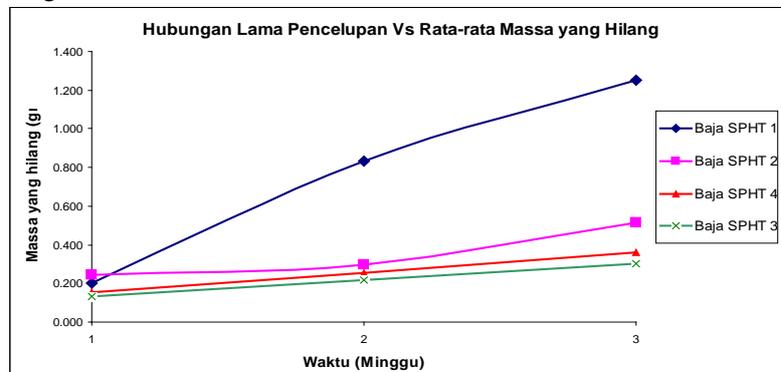
Dari tabel 7, dapat diketahui bahwa $B > A_1$ dengan perbedaan sebesar 0,016 gram dan $A_2 < B$ dengan perbedaan sebesar 0,061 gram. Dan massa yang hilang selama 1 minggu antara minggu ke 2 dan ke 3 adalah sebesar 0,148 gram. Hal ini berarti bahwa kemampuan komposisi baja SPHT 3 untuk terkorosi selama proses pengujian menurun. Di satu sisi, kemampuan media air laut untuk meningkatkan kekorosifan baja SPHT 3 meningkat. Jadi dapat dikatakan penyebab utama terjadinya korosi pada baja SPHT 3 adalah faktor eksternal berasal dari air laut. Massa rata-rata baja SPHT 4 yang hilang selama proses uji korosi terlihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 8. Massa yang hilang pada baja SPHT 4

Kode Spesimen	A_1 (g)	A_t (g)	A_{t+1} (g)	A_2 (g)	B (g)
SPHT 4 (1)	0.156	0.255	0.327	0.072	0.130
SPHT 4 (2)	0.131	0.242	0.367	0.125	0.149
SPHT 4 (3)	0.169	0.269	0.389	0.120	0.176
Rata-rata	0.152	0.255	0.361	0.106	0.152

Dari tabel 8 diketahui bahwa $B = A_1$ dan $A_2 < B$ dengan perbedaan sebesar 0,042 gram. Untuk massa yang hilang selama 1 minggu antara minggu 2 dan ke 3 adalah sebesar 0,152 gram. Hal ini berarti bahwa kemampuan komposisi baja SPHT 4 terkorosi selama proses pengujian menurun. Untuk media korosif yaitu air laut madura ternyata cukup mampu meningkatkan korosi sampel uji, meskipun tidak begitu signifikan. Jadi dapat dikatakan bahwa penyebab utama terjadinya korosi pada baja SPHT 4 adalah faktor eksternal berasal dari air laut.

Keseluruhan rata-rata massa yang hilang selama uji korosi dengan menggunakan teknik pencelupan natural atau *immersion test* mulai minggu pertama, kedua, ketiga, dan keempat dapat dilihat seperti pada gambar 3 di bawah ini :



Gambar 3. Rata-rata massa yang hilang baja SPHT

Keterangan : Minggu 1: Waktu pencelupan selama 1 minggu
Minggu 2 : Waktu pencelupan selama 2 minggu
Minggu 3 : Waktu pencelupan selama 3 minggu

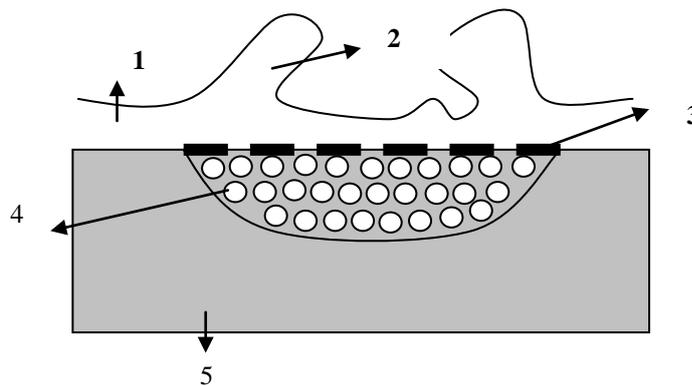
Berdasarkan gambar 3 terlihat bahwa waktu pencelupan sampel uji ke dalam medium air laut berpengaruh terhadap rata-rata massa yang hilang selama proses uji korosi dengan teknik *immerse*. Rata-rata massa baja SPHT 1, SPHT 2, SPHT 3, dan SPHT 4 yang hilang meningkat. Peningkatan rata-rata massa yang hilang dikarenakan produk korosi (Fe_2O_3) yang merupakan hasil reaksi Fe dengan oksigen bersifat mempercepat proses korosi. Di sisi lain juga terlihat bahwa dari keempat jenis baja SPHT yang ada, baja SPHT 1 yang paling tidak tahan terhadap serangan korosi. Hal ini disebabkan karena kandungan karbon yang dimiliki sangat kecil, sehingga kandungan Fe cukup besar dan akhirnya mempermudah terjadinya korosi.

Semakin lama proses pencelupan baja maka semakin besar pula laju korosi. Hal ini menunjukkan bahwa produk korosi yang ada bersifat mempercepat korosi. Pada minggu ke 1 laju korosi baja SPHT 1 adalah $(0,970 \pm 0,045)$ mmpy, SPHT 2 adalah $(1,153 \pm 0,077)$ mmpy, SPHT 3 $(0,670 \pm 0,019)$ mmpy, dan SPHT 4 adalah $(0,726 \pm 0,051)$ mmpy. Untuk minggu ke 2 laju korosi baja SPHT 1 adalah $(1,997 \pm 0,761)$ mmpy, SPHT 2 adalah $(0,740 \pm 0,026)$ mmpy, SPHT 3 adalah $(0,548 \pm 0,012)$ mmpy, dan SPHT 4 adalah $(0,625 \pm 0,01236)$ mmpy. Untuk minggu ke 3 laju korosi baja SPHT 1 adalah $(2,013 \pm 0,382)$ mmpy, SPHT 2 $(0,860 \pm 0,025)$ mmpy, SPHT 3 $(0,508 \pm 0,066)$ mmpy, dan SPHT 4 adalah $(0,574 \pm 0,028)$ mmpy. Dalam melakukan uji korosi dengan teknik *immerse*, pencelupan selama 1 minggu antara minggu ke 2 dan minggu ke 3 menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda dengan pencelupan pada minggu ke 1, yaitu baja SPHT 1 $(0,382 \pm 0,057)$ mmpy, SPHT 2 $(0,404 \pm 0,021)$ mmpy, SPHT 3 $(0,250 \pm 0,039)$ mmpy, dan SPHT 4 $(0,970 \pm 0,045)$ mmpy. Hal ini menunjukkan bahwa factor air laut atau factor eksternal yang paling dominan.

HASIL DAN PEMBAHASAN FOTO MAKRO

Foto makro yang dimaksud disini adalah hasil gambar dari memotret permukaan baja yang terkorosi. Dari hasil foto makro yang telah dilakukan terlihat korosi yang terjadi sangat bervariasi. Untuk baja SPHT 1 dan SPHT 2 tampak bahwa karat yang terbentuk menyebar secara merata hampir ke seluruh permukaan baja, korosi ini merupakan jenis korosi umum. Untuk baja SPHT 3 dan SPHT 4 tampak bahwa karat yang terbentuk terpusat pada tempat tertentu dan terbentuk cerukan atau sering disebut *pits*. Pola korosi seperti ini merupakan korosi sumuran. Ini dapat dilihat bahwa terdapat lubang-lubang kecil pada permukaan baja.

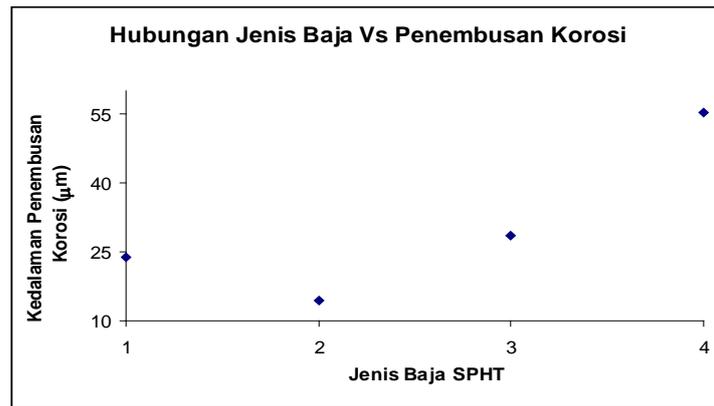
Pola jenis korosi yang terjadi pada baja SPHT 1, SPHT 2, SPHT 3, dan SPHT 4 dapat dilihat pada gambar 4.5 di bawah ini :



Gambar 5. Mekanisme korosi sumuran pada baja SPHT

- Keterangan :
1. Korosi umum
 2. Topi korosi
 3. Membran yang rusak
 4. Korosi sumuran
 5. Baja

Berdasarkan gambar 5. keempat baja SPHT mula-mula mengalami korosi umum di seluruh permukaan logam yang basah akibat air laut. Seiring dengan semakin lamanya waktu pengujian, lama kelamaan ion Cl^- terserap ke dalam pori-pori baja. Keberadaan kandungan mangan pada baja SPHT 3 dan SPHT 4 yang cukup besar yaitu sebesar 0,9% dan 1% mengakibatkan pecahnya topi korosi. Hal ini dikarenakan saat bersentuhan dengan permukaan logam, ion Cl^- cenderung melarutkan ion-ion logam terutama ion Mn. Akibat lebih lanjut adalah terbentuknya teruk (*pits*). Baja SPHT 1 dan baja SPHT 2 hanya memiliki kandungan Mn sebesar 0,5% dan 0,6% sehingga ion Cl^- hanya melarutkan sedikit ion Mn.



Gambar 6. Kedalaman Penembusan Korosi

Pola korosi atau jenis korosi yang terjadi ini juga didukung oleh gambar 6. dimana tampak bahwa untuk baja SPHT 1 dan SPHT 2 penembusan korosinya tidak begitu besar yaitu sebesar $23.87\mu\text{m}$ dan $14.50\mu\text{m}$, sehingga dapat dikatakan bahwa korosi yang terjadi hanya menyerang permukaan. Untuk baja SPHT 3 dan 4, penembusan korosinya sangat dalam yaitu $28.53\mu\text{m}$ dan $55.33\mu\text{m}$, sehingga korosi cenderung menyerang langsung ke dalam struktur baja.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian dan proses analisis dapat disimpulkan bahwa:

1. Perilaku korosi baja SPHT 1 diakibatkan oleh faktor internal yaitu faktor diri baja itu sendiri yang berupa komposisi karbon yang sangat sedikit. Untuk perilaku korosi baja SPHT 2, SPHT 3, dan SPHT 4 menunjukkan bahwa korosi yang terjadi diakibatkan oleh faktor eksternal yaitu media korosif yang berupa air laut Madura.
2. Dari uji *immerse* yang telah dilakukan diketahui bahwa baja SPHT yang memiliki laju korosi paling minimum adalah baja SPHT 2 dengan laju korosi sebesar $(0,508 \pm 0,066)$ mmpy meskipun demikian, baja SPHT 2 yang paling cocok digunakan untuk daerah laut Madura. Hal ini dikarenakan laju korosi baja SPHT 2 tidak begitu besar, yaitu $(0,508 \pm 0,066)$ mmpy dan ion Cl^- yang terkandung pada air laut Madura tidak mampu merusak logam, sehingga korosi yang terjadi hanya korosi umum yang sangat mudah untuk diamati.
3. Dari foto makro yang ada maka dapat dideskripsikan bahwa untuk baja SPHT 1 dan SPHT 2 mengalami korosi menyeluruh, sedangkan baja SPHT 3 dan SPHT 4 mengalami korosi sumuran.

Saran

Setelah melakukan penelitian ini, untuk lebih baiknya hasil yang diperoleh sebaiknya memperhatikan beberapa hal:

1. Perlu dilakukan uji lebih lanjut mengenai pengaruh air laut dari daerah yang berbeda, sehingga dapat diketahui seberapa besar pengaruh ion-ion terhadap pembentukan korosi yang terjadi.
2. Untuk penelitian lebih lanjut, disarankan untuk mengkombinasikan dengan melakukan penelitian mengenai studi perilaku korosi dengan teknik polarisasi, sehingga dapat diketahui secara jelas faktor penyebab terjadinya korosi.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM.1990.*Annual Book of ASTM Standart : Wear and Errosion ; Metal Corrosion*.Easton USA
- Fontana G Mars.1978.*Corrosion Enginering*. McGRAW Hill International Book Company.
- Ganisaf Taufan. 2005. *Studi Eksperimental Perbandingan Laju Korosi Plat Body Mobil Niaga Terhadap Air Sumur*.Jurusan Teknik Material.Tugas Akhir yang tidak dipublikasikan. Surabaya : ITS.
- Heri S.2003.*Korosi*.ITS
- LYON Laboratory De Physicochimie Industrielle ” Multimedia Corrosion Guide 2nd Edition
- Schweitzer . A . Phillip.1987.*Corrosion*.United State of America : Marcell Decker Inc.
- Scully JC.1975.*The Fundamentals of Corrosion*.Pergamon International.
- Smallman RE dan Bishop RJ.1999. *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*. Jakarta