

# Analisa Korosi Erosi Pada Baja Karbon Rendah dan Baja Karbon Sedang Akibat Aliran Air Laut

A.P Bayuseno, Erizal Dwi Handoko

Jurusan Teknik Mesin  
Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedharto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang

E-mail: [rizal\\_handoko@yahoo.com](mailto:rizal_handoko@yahoo.com)

## ABSTRAK

Kebutuhan akan sistem perpipaan cenderung semakin meningkat sebagai media transportasi pemindahan fluida. Dalam sistem perpipaan ini kebanyakan jenis bahan pipa yang digunakan adalah jenis logam. Namun pada logam rentan terkena korosi yang dapat menyebabkan kegagalan atau kerusakan sistem perpipaan, salah satunya adalah korosi erosi. Korosi erosi merupakan jenis korosi akibat proses mekanik melalui pergerakan relatif antara aliran gas atau cairan korosif dengan logam. Dalam tugas akhir ini dimaksudkan untuk memahami fenomena korosi erosi secara teoritis dalam material baja karbon rendah dan baja karbon sedang akibat aliran air laut dengan menggunakan alat uji korosi erosi. Prinsip kerja alat uji ini adalah mengalirkan fluida agar mendapatkan gesekan dengan material uji. Kondisi korosif dapat dihasilkan dari fluida yang digunakan dalam pengujian. Analisa *SEM* dan *EDS* dimaksudkan untuk mengamati perubahan struktur kimia spesimen uji setelah terjadi korosi erosi pada proses pengujian. Dari hasil yang diperoleh dari pengujian korosi erosi yang dilakukan, baja karbon sedang lebih lama terjadi korosi erosi dibandingkan dengan baja karbon rendah. Ini dapat dilihat dari hasil perhitungan laju korosi. Dari pengujian kekerasan dapat dilihat bahwa baik baja karbon rendah maupun baja karbon sedang mengalami penurunan nilai kekerasan pada daerah yang terkorosi. Untuk gambar daerah yang terkorosi dapat terlihat pada hasil SEM+EDS.

Kata Kunci: Korosi erosi, Baja karbon rendah, Baja karbon sedang, SEM+EDS

## I. Pendahuluan

Kebutuhan akan sistem perpipaan cenderung semakin meningkat sebagai media transportasi pemindahan fluida. Sistem perpipaan ini dianggap memiliki tingkat integritas yang tinggi serta lebih efektif dan efisien dibanding sistem transportasi lain. Dalam sistem perpipaan ini kebanyakan jenis bahan pipa yang digunakan adalah jenis logam. Logam merupakan penghantar panas dan listrik yang sangat baik, logam memiliki sifat ulet, logam memiliki ketahanan aus yang baik. Namun logam juga mempunyai banyak kelemahan

jika di bandingkan dengan unsur unsur lain, karena logam mudah terkorosi jika berinteraksi dengan lingkungan.

*Morgan* (1995) menunjukkan sebuah fakta yang didasarkan pada data yang dikeluarkan oleh *The European Gas Pipeline Incident Group*, bahwa tingkat kegagalan sistem perpipaan yang terjadi di seluruh wilayah Eropa saja, adalah sebesar 0.575 per 1000 km per tahun. Data tersebut didapat berdasarkan pengalaman serta hasil pengujian yang telah dilakukan pada *onshore natural gas-*

*pipeline* dengan panjang lebih dari  $1.47 \times 10^6$  km per tahun. Dalam penelitian lain yang dilakukan oleh Restrepo, et.al (2008), diketahui bahwa korosi merupakan penyebab terbesar terjadinya kegagalan pada pipa yang diikuti dengan kecelakaan yang melibatkan cairan berbahaya di Amerika Serikat. Tercatat kegagalan tertinggi disebabkan oleh *external corrosion* dengan 119 kejadian dan disusul oleh *internal corrosion* dengan 94 kejadian.

Korosi erosi merupakan jenis korosi akibat proses mekanik melalui pergerakan relatif antara aliran gas atau cairan korosif dengan logam. Bagian yang kasar dan tajam yang akan mudah terserang korosi dan bila ada gesekan akan menimbulkan abrasi lebih berat lagi. Kegagalan pada sistem perpipaan dapat menyebabkan berbagai dampak yang sangat serius. Bila sistem perpipaan tersebut merupakan jalur penghubung untuk fluida yang berbahaya, maka dampak utama yang ditimbulkan akan sangat mengancam kehidupan manusia dan ekosistem sekitar pada daerah dimana sistem perpipaan tersebut melintas.

Selanjutnya korosi erosi dapat juga disebabkan karena *impingment corrosion*. Yaitu akibat fluida sangat deras dan dapat mengikis film pelindung pada logam yang mengakibatkan logam korosi.

Dari permasalahan diatas maka dilakukan penelitian korosi erosi dengan menggunakan alat uji korosi erosi. Pada penelitian ini material benda uji yang digunakan adalah baja karbon berbentuk ring dengan diameter dalam 0,5 inci (1,27 cm) dan ketebalan 0,17 inci (0,45 cm). Untuk mengetahui fenomena korosi air laut pada benda uji, ada beberapa parameter yang harus diperhatikan. Hal tersebut dapat diketahui dengan melakukan pengujian terhadap benda uji. Untuk mengetahui kekuatan, dan ketahanan baja karbon terhadap korosi air laut, dilakukan pengujian metalografi dan kekerasan. Berdasarkan hal tersebut, hasil yang

diharapkan dari penelitian ini adalah analisis tentang laju korosi pada baja karbon pada lingkungan air laut, mengetahui struktur mikro akibat korosi dan penurunan nilai kekerasan material akibat korosi tersebut.

## II. Dasar Teori

Definisi dari korosi adalah perusakan atau penurunan mutu dari material akibat bereaksi dengan lingkungan [1], dalam hal ini adalah interaksi secara kimiawi. Sedangkan penurunan mutu yang diakibatkan interaksi secara fisik bukan disebut korosi, namun biasa dikenal sebagai erosi dan keausan. Keausan umumnya didefinisikan sebagai kehilangan material secara progresif atau pemindahan sejumlah material dari suatu permukaan sebagai suatu hasil pergerakan relatif antara permukaan tersebut dan permukaan lainnya. Keausan telah menjadi perhatian praktis sejak lama, tetapi hingga beberapa saat lamanya masih belum mendapatkan penjelasan ilmiah yang besar sebagaimana halnya pada mekanisme kerusakan akibat pembebanan tarik, impak, puntir atau fatigue. Hal ini disebabkan masih lebih mudah untuk mengganti komponen/part suatu sistem dibandingkan melakukan disain komponen dengan ketahanan/umur pakai (*life*) yang lama.

Pembahasan mekanisme keausan pada material berhubungan erat dengan gesekan (*friction*) dan pelumasan (*lubrication*). Ketiga subyek ini yang dikenal dengan nama ilmu *Tribologi*. Keausan bukan merupakan sifat dasar material, melainkan respons material terhadap sistem luar (kontak permukaan). Material apapun dapat mengalami keausan disebabkan mekanisme yang beragam.

Korosi erosi merupakan jenis korosi yang menggunakan proses mekanik melalui pergerakan relatif antara aliran gas atau cairan korosif dengan logam. Dalam hal ini perusakan karena erosi dan korosi saling mendukung. Logam yang telah terkena erosi akibat terjadi keausan dan

menimbulkan bagian-bagian yang tajam dan kasar. Bagian-bagian inilah yang mudah terserang korosi dan bila ada gesekan akan menimbulkan abrasi lebih berat lagi dan seterusnya. Korosi erosi dapat juga disebabkan karena *impingment corrosion*, yaitu akibat fluida sangat deras dan dapat mengikis film pelindung pada logam yang mengakibatkan korosi pada logam [2].

Laju korosi dapat dirumuskan sebagai berikut [1]:

$$mpy = \frac{534W}{DA t}$$

dimana:

W = kehilangan berat (mg)

D = densitas logam ( gram/cm<sup>3</sup>)

A = luas permukaan (in<sup>2</sup>)

t = lama waktu percobaan (jam)

mpy = *mils penetration per year*

Perbandingan tingkat klasifikasi laju korosi dapat dilihat pada tabel 2.3

Tabel 2.3 perbandingan tingkat klasifikasi laju korosi dengan tingkat ekspresi secara metrik [1]

Relative corrosion resistance	mpy	mm/y	µm/y	nm/hr	pm/s
Outstanding	< 1	< 0,02	< 25	< 2	< 1
Excellent	1 – 5	0,02 – 0,1	25 – 100	2 – 10	1 – 5
Good	5 – 20	0,1 – 0,5	100 – 500	10 – 50	5 – 20
Fair	20 – 50	0,5 – 1	500 – 1000	50 – 100	20 – 50
Poor	50 – 200	1 – 5	1000 – 5000	150 – 500	50 – 200
Unacceptable	200 +	5+	5000 +	500 +	200 +

Bentuk aliran viskos diklasifikasikan sebagai laminar atau turbulen berdasarkan struktur aliran. Dalam bentuk laminar, struktur aliran ditandai dengan gerakan halus di laminae, atau lapisan. Sedangkan struktur aliran dalam bentuk turbulen dicirikan dengan bentuk acak.

Aliran laminar kadang-kadang dikenal sebagai aliran streamline. Pada aliran laminar gerakan partikel cairan sangat teratur dengan semua partikel bergerak dalam garis lurus sejajar dengan dinding pipa. Aliran dengan fluida yang bergerak

dalam lapisan-lapisan, atau lamina-lamina dengan satu lapisan meluncur secara lancar. Dalam aliran laminar ini viskositas berfungsi untuk meredam kecenderungan terjadinya gerakan relatif antara lapisan.

Aliran turbulen yaitu aliran dimana pergerakan dari partikel – partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami percampuran serta putaran partikel antar lapisan, yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida ke bagian fluida yang lain dalam skala yang besar. Dalam keadaan aliran turbulen maka turbulensi yang terjadi membangkitkan tegangan geser yang merata diseluruh fluida sehingga menghasilkan kerugian – kerugian aliran.

Berdasarkan nilai bilangan *Reynold* (Re) juga dapat ditentukan jenis aliran fluida. Untuk aliran fluida di dalam pipa dengan bilangan *Reynold* kurang dari 2300 dikategorikan sebagai aliran laminar. Sedangkan aliran turbulen memiliki bilangan *Reynold* yang lebih besar dari 2300 [15].

Fluida, setelah mengalir masuk ke dalam pipa akan membentuk lapis batas dan tebalnya akan bertambah besar sepanjang pipa. Pada suatu titik sepanjang garis tengah pipa, lapisan akan bertemu dan membentuk daerah yang terbentuk penuh di mana kecepatannya tidak berubah setelah melintasi titik tersebut. Jarak dari ujung masuk pipa ke titik pertemuan lapis batas tersebut dinamakan panjang masuk.

Baja karbon menurut kadar karbonnya dapat dibedakan menjadi [17];

#### 1. Baja Karbon Rendah (*low carbon steel*)

Baja karbon rendah memiliki kandungan karbon kurang dari 0,30% dan struktur mikronya terdiri dari ferit dan perlit. Metode penguatannya dengan *Cold Working*. Baja jenis ini memiliki sifat lunak, ulet dan tangguh. Selain itu sifat mampu mesin (*machinability*) dan mampu las (*weldability*) yang baik.

## 2. Baja Karbon Menengah (*medium carbon steel*)

Baja karbon menengah memiliki kandungan karbon antara 0,30% - 0,6%. Pada baja ini dapat dinaikkan sifat mekaniknya melalui perlakuan panas *austenitizing*, *quenching*, dan *tempering*. Baja ini banyak dipakai dalam kondisi hasil *tempering* sehingga struktur mikronya martensit dan memiliki sifat lebih kuat dari baja karbon rendah.

## 3. Baja Karbon Tinggi (*high carbon steel*)

Baja karbon tinggi memiliki kandungan karbon antara 0,6% - 1,4%. Baja ini adalah paling keras, paling kuat, paling getas di antara baja karbon lainnya serta tahan aus. Banyak dipakai dalam kondisi hasil *tempering* sehingga struktur mikronya martensit, pada baja dapat dinaikkan sifat mekaniknya melalui perlakuan panas *austenitizing*, *quenching*, dan *tempering*.

### III. Metode Penelitian

Dalam bab ini akan diuraikan mengenai pengujian-pengujian yang dilakukan, Perencanaan alat uji korosi erosi, pembuatan material uji dari baja karbon ST 40 dan baja karbon ST 60, pengujian *spectrometry*, pengujian *SEM+EDS*, dan kekerasan material.

Tahapan Penelitian:

#### 1. Penentuan judul

Penentuan judul dilakukan untuk menentukan topik dan materi apa yang akan dibahas dalam penelitian ini.

#### 2. Studi literatur

Studi literatur dilakukan untuk mencari materi dan teori yang berhubungan dengan penelitian ini dan memudahkan dalam menentukan proses yang akan dilakukan selama penelitian. Materi yang dibutuhkan antara lain teori korosi, teori baja karbon, uji mikrofografi, uji kekerasan material yang akan diuji.

#### 3. Pembuatan alat uji

Membuat alat uji untuk pengujian erosi korosi pada material. Proses pembuatannya dengan menggunakan bantuan mesin bubut, mesin las, gergaji dan lain-lain. Alat ini terdiri dari pompa sentrifugal, pipa *carbon steel*, elbow, dan drum plastik sebagai tempat penampungan air laut.

#### 4. Pembuatan material uji

Membuat material uji dengan cara memotong material uji lalu membuat slot pada kedua ujungnya agar dapat dipasang pada alat uji. Material uji terbuat dari baja karbon dengan dimensi diameter dalam 0,5 inci (1,27 cm) ketebalan 0,17 inci (0,45 cm) dan panjang 0,78 inci (2 cm)

#### 5. Pengujian material uji dengan alat uji erosi korosi

Pengujian ini dilakukan selama 100 jam dengan cara mengalirkan media korosi berupa air laut di dalam pipa dan material uji untuk memperoleh data yang kemudian akan dianalisa.

#### 6. Melakukan pengujian dan perhitungan.

Bertujuan untuk memperoleh data pada parameter yang telah ditentukan untuk dianalisis. Proses pengujian dimulai dengan pembuatan benda uji untuk membedakan kelompok pengujian. Material uji yang dimaksud adalah material uji yang digunakan untuk mengetahui karakteristik bahan dengan cara melakukan:

a. Pengujian komposisi (*spectrometry*), untuk mengetahui komposisi unsur kimia pada spesimen baja karbon.

b. Pengujian *SEM + EDS*, uji *SEM* untuk mengetahui ukuran lebar adanya fenomena *corrosion erosion* dan uji *EDS* untuk mengetahui senyawa yang terkandung dalam pipa setelah terkena korosi.

c. Pengujian kekerasan, untuk mengetahui nilai kekerasan material sebelum dan setelah terkena korosi.

d. Perhitungan laju korosi pada kedua material uji.

7. Data dan analisis data.

Data hasil dari pengujian *spectrometry* dan *SEM + EDS* dikumpulkan, diolah serta dianalisis berdasarkan dasar teori yang diperoleh dari literatur.

8. Kesimpulan dan saran

Menyimpulkan hasil analisis tentang karakteristik bahan serta hasil analisis tentang penyebab patahnya komponen kemudian memberikan saran untuk pengembangan pada penelitian selanjutnya.

**IV. Analisis Data dan Pembahasan**

Data dan analisis disajikan berdasar urutan sebagai berikut: hasil pengujian komposisi kimia dari baja karbon, data hasil analisis *SEM + EDS* pada daerah yang terkena korosi, hasil uji kekerasan menggunakan *micro vickers hardness*, dan hasil laju erosi korosi.

**4.1 Pengujian Komposisi Kimia**

Tabel 4.1 Komposisi unsur pada material uji baja karbon ST 40 dan ST 60

Baja Karbon ST 40			Baja Karbon ST 60		
No	Nama Unsur	Prosentase (% wt)	No	Nama Unsur	Prosentase (% wt)
1	Besi (Fe)	98,23	1	Besi (Fe)	98,27
2	Krom (Cr)	0,0313	2	Nikel (Ni)	0,0032
3	Mangan (Mn)	1,0593	3	Mangan (Mn)	0,7535
4	Karbon (C)	0,2667	4	Krom (Cr)	0,0248
5	Silikon (Si)	0,2552	5	Karbon (C)	0,5486
6	Molibdenum (Mo)	0,0050	6	Silikon (Si)	0,3085
7	Tembaga (Cu)	0,0815	7	Molibdenum (Mo)	0,0018
8	Nikel (Ni)	0,0194	8	Tembaga (Cu)	0,0124
9	Aluminium (Al)	0,0203	9	Aluminium (Al)	0,0214
10	Seng (Zn)	0,0051	10	Belerang (S)	0,0051
11	Titanium (Ti)	0,0043	11	Seng (Zn)	0,0147
12	Fosfor (P)	0,0016	12	Titanium (Ti)	0,0124
13	Belerang (S)	0,0111	13	Fosfor (P)	0,0315
14	Kalsium (Ca)	0,0028	14	Timbal (Pb)	0,0051
15	Timah (Sn)	0,0041	15	Kalsium (Ca)	0,0020

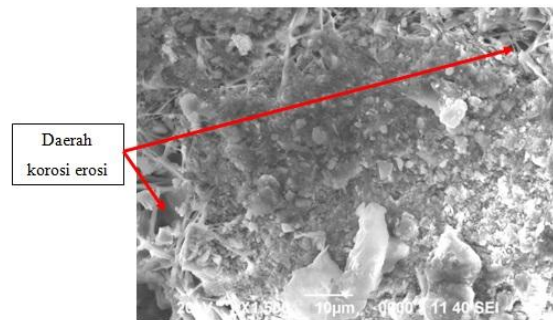
Berdasarkan Tabel 4.1 dapat diketahui bahwa material uji baja ST 40 memiliki kandungan Fe sebesar 98,23% dan kandungan C sebesar 0,2667%. Dengan diketahuinya kedua unsur tersebut, maka material baja ST 40 dapat diklasifikasikan sebagai baja karbon rendah karena

baja karbon rendah adalah baja yang memiliki kadar karbon dibawah 0,3%[17]. Sedangkan material uji baja karbon ST 60 memiliki kandungan Fe sebesar 98,27% dan kandungan C sebesar 0,5486%. Dengan diketahuinya kedua unsur tersebut, maka material baja ST 60 dapat diklasifikasikan sebagai baja karbon sedang (menengah) karena baja karbon sedang adalah baja yang memiliki kadar karbon dibawah antara 0,3% sampai 0,6%[17].

Selanjutnya material baja karbon ST 40 dapat digolongkan sebagai AISI/SAE 1026 sedangkan material baja karbon ST 60 dapat digolongkan sebagai AISI/SAE 1055

**4.2 Data dan Hasil Uji Scanning Electron Microscopy (SEM) dan Energy Dispersive Spectrometry (EDS)**

**4.2.1 Data dan Hasil Uji Scanning Electron Microscopy (SEM) Baja Karbon ST 40**



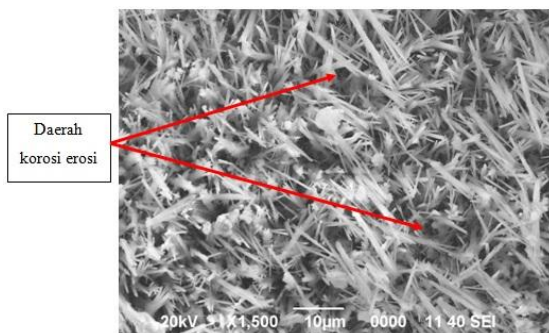
Gambar 4.1 hasil SEM baja karbon ST 40 perbesaran 1500x setelah proses korosi erosi 100 jam

Gambar hasil SEM diatas adalah hasil tampilan dari baja karbon ST 40 yang terkena korosi akibat aliran air laut. Setelah mengalami aliran media korosi air laut, terjadi perubahan dari tampilan. Dapat dilihat pada gambar 4.1 terdapat gambar berwarna gelap, hal ini familiar disebut *pitting corrosion* atau korosi sumuran yang terjadi pada batas butir. Efek dari media korosi air laut juga menyebabkan erosi korosi yang dapat dilihat pada gambar 4.1. terjadinya korosi erosi

dipengaruhi oleh kecepatan aliran. Akan tetapi tidak merubah sifat mekanik dalam material.

Selain itu pada permukaan material yang terkorosi juga teroksidasi, hal ini diperjelas dengan adanya perubahan komposisi kimia material di bagian permukaan oleh faktor aliran air laut, dimana terdapat unsur oksigen yang terkandung pada material tersebut. Dalam kasus besi, ketika oksigen bereaksi dengan permukaan besi maka akan terjadi reaksi antara oksigen dan besi. Reaksi yang terjadi adalah reaksi oksidasi, yaitu penggabungan oksigen dengan logam besi membentuk karat besi [16].

#### 4.2.2 Data dan Hasil Uji Scanning Electron Microscopy (SEM) Baja Karbon ST 60



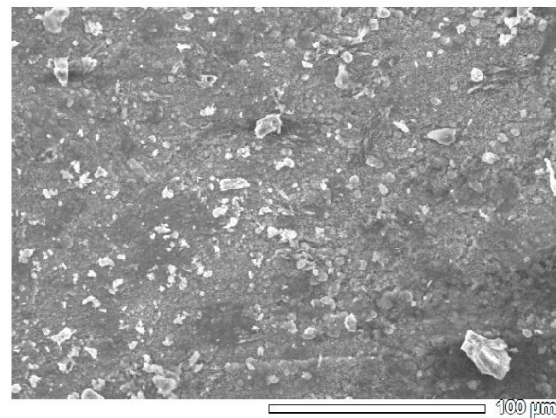
Gambar 4.3 hasil SEM baja karbon ST 60 perbesaran 1500 x setelah proses korosi erosi 100 jam

Gambar 4.3 menunjukkan hasil SEM baja karbon perbesaran 1500 x yang terkena korosi dengan media air laut. Baja karbon dengan kandungan C 0,5486 % termasuk kalsifikasi baja karbon medium. Setelah mengalami korosi dengan media air laut terdapat perubahan pada tampilan, adanya gambar berwarna gelap menunjukkan daerah yang terkena korosi. sering disebut dengan korosi sumuran, sedangkan daerah yang terlihat terkikis sering disebut dengan korosi erosi. Korosi erosi yang terjadi diakibatkan oleh kecepatan fluida air laut yang digunakan.

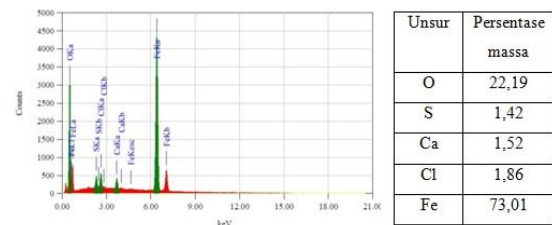
Untuk korosi erosi yang terjadi pada baja karbon sedang ini mengakibatkan perubahan pada sifat mekanik dalam material. Hal ini akan ditunjukkan dalam pembahasan pengujian kekerasan pada sub bab berikutnya. Kontak dengan lingkungan ini akan menghasilkan pembentukan lapisan pada permukaan dengan sifat yang berbeda dengan material induk. Hal ini diperjelas dengan pengujian kekerasan pada daerah yang terkorosi dengan daerah yang tidak terkorosi. Pada daerah yang terkorosi terjadi penurunan nilai kekerasan yang cukup signifikan. Selain itu pada pengujian EDS akan terlihat kandungan unsur apa saja yang ada pada permukaan logam yang terkorosi.

#### 4.2.3 Data dan Hasil Uji Energy Dispersive Spectrometry (EDS)

##### 4.2.3.1 Data dan Hasil Uji Energy Dispersive Spectrometry (EDS) Pada Baja Karbon ST 40



Gambar 4.5 daerah penembakan EDS baja karbon ST 40



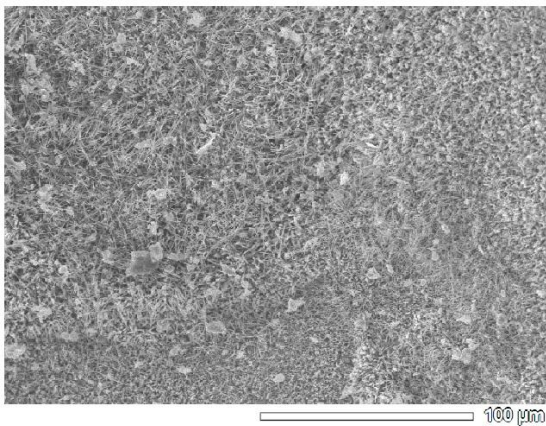
Gambar 4.6 Data dan grafik hasil EDS baja karbon ST 40

Pada titik penembakan EDS dilakukan pada bagian yang terkorosi, pada daerah tersebut

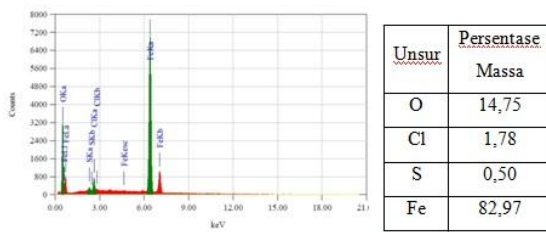


tidak ditemukan kandungan karbon, berbeda pada saat di uji spektro yaitu memiliki kandungan karbon sebesar 0,2667 %. Hal ini berpengaruh pada nilai kekerasan material dimana unsur karbon berfungsi sebagai unsur penguat dengan mencegah dislokasi bergeser pada kisi kristal (crystal lattice) atom besi.

#### 4.2.3.2 Data dan Hasil Uji Energy Dispersive Spectrometry (EDS) Pada Baja Karbon ST 60.



Gambar 4.7 daerah penembakan EDS baja karbon ST 60

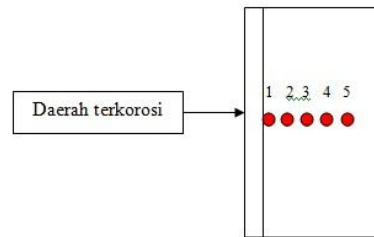


Gambar 4.8 Data dan grafik hasil EDS baja karbon ST 60

Pada titik penembakan EDS dilakukan pada bagian yang terkorosi, sama dengan penembakan pada material sebelumnya, pada daerah tersebut tidak ditemukan kandungan karbon, berbeda pada saat di uji spektro yaitu memiliki kandungan karbon sebesar 0,5486 %. Hal ini berpengaruh juga pada nilai kekerasan material dimana unsur karbon berfungsi sebagai unsur penguat dengan mencegah dislokasi bergeser pada kisi kristal (crystal lattice) atom besi.

#### 4.3 Pengujian Mikro Vickers

#### 4.3.1 Pengujian Kekerasan Baja Karbon ST 40 Setelah korosi



Gambar 4.9 skema pengujian kekerasan baja karbon ST 40 setelah proses korosi erosi 100 jam

Pengujian ini dilakukan pada satu garis di lima daerah baja karbon ST 40 tanpa perlakuan dari daerah sisi terkorosi dengan urutan dari permukaan menuju bagian kanan. Jarak antara titik adalah 0,10; 0,60; 1,10; 1,60; dan 2,10 dan lama pembebanannya 5 detik.

Tabel 4.2 hasil pengujian kekerasan baja karbon ST 40 setelah korosi

No	Jarak dari tepi	depth rata-rata μm	Kekerasan (VHN)
1.	0,10	46,00	155,4
2.	0,60	48,00	161,0
3.	1,10	45,50	179,1
4.	1,60	43,50	196,0
5.	2,10	49,50	151,4

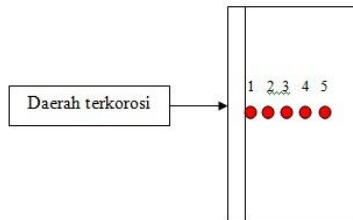


Gambar 4.10 grafik nilai kekerasan baja karbon ST 40 setelah proses korosi erosi 100 jam

Pada daerah yang terkorosi terjadi penurunan nilai kekerasan, penurunannya cukup signifikan yaitu pada daerah yang terkorosi memiliki nilai kekerasan sebesar 155,4 VHN. Berbeda dengan daerah yang tidak terkorosi pada titik ke-3 yaitu sebesar 179,1 VHN dan ke-4 sebesar 196,0 VHN. Hal ini disebabkan karena tidak terdapat unsur karbon pada daerah yang

terkorosi pada hasil uji EDS, dimana fungsi dari unsur karbon adalah sebagai unsur penguat.

### 4.3.2 Pengujian Kekerasan Baja Karbon ST 60 Setelah Korosi

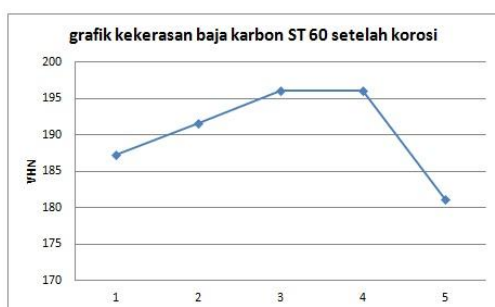


Gambar 4.11 skema pengujian kekerasan baja karbon ST 60 setelah proses erosi korosi 100 jam

Pengujian ini dilakukan pada satu garis di lima daerah dari daerah sisi dalam material uji dengan urutan dari permukaan menuju bagian kanan. Jarak antara titik adalah 0,10; 0,60; 1,10; 1,60; dan 2,10 dan lama pembebanannya 5 detik.

Tabel 4.3 hasil pengujian kekerasan baja karbon ST 60 setelah korosi

No	Jarak dari tepi	Jarak rata-rata µm	Kekerasan (VHN)
1.	0,10	44,50	187,3
2.	0,60	44,00	191,6
3.	1,10	43,50	196,0
4.	1,60	43,50	196,0
5.	2,10	45,25	181,1



Gambar 4.12 grafik kekerasan baja karbon ST 60 setelah proses korosi erosi 100 jam

Pada daerah yang terkorosi terjadi penurunan nilai kekerasan, penurunannya cukup signifikan yaitu pada daerah yang terkorosi memiliki nilai kekerasan sebesar 187,3 VHN. Berbeda dengan daerah yang tidak terkorosi pada

titik ke-2 yaitu sebesar 191,6 VHN dan ke-3 sebesar 196,0 VHN. Hal ini disebabkan karena tidak terdapat unsur karbon pada daerah yang terkorosi pada hasil uji EDS, dimana fungsi dari unsur karbon adalah sebagai unsur penguat.

### 4.4 Perhitungan Laju Korosi

#### 4.4.1 Perhitungan Laju Korosi Baja Karbon ST 40

Tabel 4.4 hasil pengujian korosi erosi baja karbon ST 40 selama 100 jam

Waktu (jam)	Berat (g)					Berat (g) rata-rata
	1	2	3	4	5	
10	45,47	45,47	45,47	45,47	45,47	45,470
20	45,47	45,47	45,48	45,47	45,47	45,472
30	45,48	45,47	45,47	45,48	45,47	45,474
40	45,47	45,47	45,47	45,47	45,48	45,472
50	45,47	45,47	45,47	45,47	45,47	45,470
60	45,47	45,47	45,46	45,47	45,47	45,468
70	45,46	45,46	45,47	45,47	45,47	45,466
80	45,46	45,46	45,46	45,47	45,47	45,464
90	45,46	45,46	45,45	45,46	45,46	45,458
100	45,46	45,46	45,45	45,45	45,46	45,456

Berat awal material uji baja karbon ST 40 adalah 45,470 g. Dilihat dari table diatas, penurunan berat material uji baja karbon ST 40 terjadi pada jam ke 60 sebesar 0,002 g dan pada jam ke 100 berat dari material uji baja karbon ST 40 adalah 45,456 g atau berkurang 0,014 g dari berat awal.

Laju korosi dari baja karbon ST 40 adalah

Diketahui:

$$W = 0.014 \text{ g} = 14 \text{ mg}$$

$$D = 7,86 \text{ gram/cm}^3$$

$$A = \pi \cdot d \cdot l$$

$$= 3,14 \times 0,5 \times 0,78$$

$$= 1,2246$$

$$mpy = \frac{534W}{DA \cdot t} = \frac{534 \times 14}{7,86 \times 1,2246 \times 100} = \frac{7476}{962,53} = 7,76 \text{ mpy}$$

Atau dalam mm/yr adalah sebesar 0,197 mm/year.

#### 4.4.2 Perhitungan Laju Korosi Baja Karbon ST 60

Table 4.5 hasil pengujian korosi erosi baja karbon ST 60 selama 100 jam



Waktu (jam)	Berat (g)					Berat (g) rata-rata
	1	2	3	4	5	
10	45,24	45,24	45,24	45,24	45,24	45,240
20	45,24	45,24	45,24	45,24	45,24	45,240
30	45,24	45,24	45,24	45,24	45,25	45,242
40	45,24	45,24	45,25	45,24	45,24	45,242
50	45,25	45,24	45,24	45,24	45,23	45,240
60	45,24	45,24	45,24	45,24	45,23	45,238
70	45,24	45,24	45,24	45,24	45,23	45,238
80	45,24	45,24	45,23	45,23	45,24	45,236
90	45,24	45,24	45,23	45,23	45,23	45,234
100	45,23	45,24	45,23	45,23	45,23	45,232

Berat awal material uji baja karbon ST 60 sebelum diuji alat korosi erosi adalah 45,240 g. pada tabel 4.6 terlihat penurunan berat terjadi pada jam ke 80, setelah itu juga terjadi penurunan berat pada jam-jam selanjutnya, sehingga pada jam ke 100 didapat hasil berat sebesar 45,232 g. sehingga penurunan berat dari sebelum di uji dan setelah di uji adalah sebesar 0,008 g.

Laju korosi pada baja karbon ST 60

Diketahui :

$$W = 0,008g = 8 \text{ mg}$$

$$D = 7,86 \text{ g/cm}^3$$

$$A = \pi d l$$

$$= 3,14 \times 0,5 \times 0,78$$

$$= 1,2246$$

$$mpy = \frac{534W}{DA t} = \frac{534 \times 8}{7,86 \times 1,2246 \times 100} = \frac{4272}{962,5356} = 4,44 \text{ mpy}$$

Atau dalam mm/yr adalah sebesar 0,112 mm/year.

## v. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

1. Senyawa yang terkandung pada daerah yang terkorosi adalah besi oksida (FeO) dimana oksigen bereaksi dengan permukaan besi maka akan terjadi reaksi antara oksigen dan besi. Reaksi yang terjadi adalah reaksi oksidasi, yaitu penggabungan oksigen dengan logam besi membentuk karat besi, terbukti dari hasil uji Energy Dispersive Spectrometry (EDS).
2. Terjadi penurunan kekerasan pada kedua material baja karbon antara daerah yang terkorosi dengan daerah yang tidak terkorosi.

3. Laju korosi pada material baja ST 40 dan ST 60 adalah sebesar 7,76 mpy dan 4,44 mpy. Dengan hasil tersebut bisa diketahui bahwa baja ST 60 memiliki ketahanan laju korosi yang lebih bagus dari baja ST 40.

### 5.2 Saran

1. Perlunya jenis material baja karbon yang lain sebagai data pembanding supaya lebih banyak pilihan untuk aplikasi penggunaan.
2. Diperlukan penambahan jam dalam penelitian agar terlihat jelas korosi erosinya.
3. Diperlukan adanya variasi kecepatan aliran dalam proses pengujian korosi erosi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Fontana, Mars.G 1986, "Corrosion Engineering", 3rd Edition, Mc Graw-Hill Book Company, Singapore.
- [2]. Supardi, H Rahmat, 1997, Korosi, Edisi Pertama, Penerbit Tarsito, Bandung.
- [3]. <http://www.scribd.com/doc/40071865/Bab-4-Sifat-Material> (diunduh tgl 23 february 2012)
- [4]. Anderson, Brett, The 8 forms of corrosion, M.E.464. 2001.
- [5]. Callister Jr, William D, 1994, "Materials Science and Engineering", eighth edition Department of Metallurgical Engineering, The University of Utah. 2009.
- [6]. E. Bardal, 2003, "Corrosion and Protection", Springer, Department of Machine Design and Materials Technology, The Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway.
- [7]. <http://www.scribd.com/somawardih/d/81924535-korosi-erosi> (diunduh tgl 23) february 2012)
- [8]. Gadang Priyotomo, 2008, Kamus Saku Korosi Material (Free E-Book Edisi Mahasiswa, Vol 1, No 1), Jakarta

- [9]. <http://chemed.chem.purdue.edu/genchem/topicreview/bp/ch21/gibbs.php> (diunduh 23 februari 2012)
- [10]. Morgan, B. (1995). The Importance of Realistic Representation of Design Features in The Risk Assessment of High-pressure Gas Pipeline. Proceedings 5th International Conference and Exhibition Pipeline Reliability, Houston, Texas, September.
- [11]. <http://eecafedotnet.files.wordpress.com/2011/08/oksidasi-dan-korosi.pdf> (diunduh tanggal 23 februari 2012)
- [12]. <http://www.scribd.com/doc/74768241/KOROSI-EROSI> (diunduh tanggal 23 february 2012).
- [13]. Trethewey, K.R. terj. Widharto, 1991, Korosi untuk Mahasiswa dan Rekayasawan, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [14]. Schweitzer, Philip A, 2010, "Fundamentals of CORROSION Mechanisms, Causes, and Preventative Methods", Taylor and Francis Group, New York.
- [15]. Fox, Robert W., McDonald, Alan T., dan Pritchard, Philip J. 2004. "Introduction to Fluid Mechanics", 6th edition, Danvers : John Wiley & Sons, Inc.
- [16]. Sukarmin, Reaksi Oksidasi dan Reduksi, Surabaya. 2004
- [17]. Amanto, Hari dan Daryanto. 2006. Ilmu bahan. Jakarta: Bumi Aksara.