

Analisis Korosi pada Sambungan *Double Nipple* Pompa *Submersible* di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

(The Analysis of Corrosion on the Double Nipple Connection of Submersible Pump
at Universitas Muhammadiyah Yogyakarta)

BAMBANG RIYANTA, M. AL ATHTHAR

ABSTRACT

Corrosion is the deterioration of metal or alloy due to electrochemical reactions with its surroundings. The current study was conducted to determine the types and causes of corrosion on the double nipple connection of submersible pump which is used to pump water flooding the generator room at Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Chemical composition test was conducted to determine the material characteristics. The type of corrosion was determined by visual observation and confirmed with microstructure test. Chemical composition test was also conducted to investigate the nipple surface whether it has already been corroded or not. The water flooding into the generator room was analyzed to determine its chemical composition. The result shows that the material of the nipple is dead mild steel consisting of 0.133% carbon. Selective corrosion occurs on the outersurface of the nipple destroying 96.6% of its galvanized coating, and further shifted into a bimetal corrosion which attack 0.14 mm or 5.1% of the nipple wall thickness. Differential aeration corrosion attacked the inner surface of the nipple wall, due to the presence of Cl which is observed in the flooding water.

Keywords: *corrosion, double nipple, bimetal corrosion, differential aeration corrosion*

PENDAHULUAN

Penelitian ini berkaitan dengan kasus korosi yang terjadi pada sambungan *double nipple* pipa pompa *submersible*, yang digunakan untuk menguras air yang menggenang di ruang *genset* di kampus terpadu Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yang terjadi di lapangan, ruang *genset* selalu tergenangi oleh air dikarenakan air yang terus menerus keluar dari lantai ruang *genset*. Jika air yang menggenang ini tidak dikuras, maka akan mengakibatkan terjadinya gangguan operasi pada *genset*, atau bahkan akan mengakibatkan terjadinya kerusakan yang parah pada *genset* tersebut.

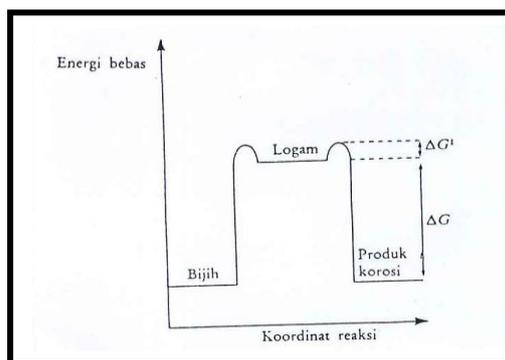
Agar tidak mengganggu jalannya operasional *genset*, maka air yang menggenang tersebut harus dikuras dengan menggunakan pompa jenis *submersible*. Pompa ini dipasang di dalam ruang *genset* dengan sistem otomatis.

Jadi apabila ketinggian air di dalam ruang *genset* sudah mengawatirkan, maka pompa akan otomatis bekerja. Apabila ketinggian air sudah dalam batas aman, maka pompa akan otomatis berhenti.

Dilihat dari jenis pompa yang digunakan yaitu pompa *submersible*, maka seluruh badan pompa akan terbenam oleh air. Untuk menyalurkan air keluar dari pompa digunakan pipa fleksibel yang terbuat dari plastik. Untuk menyambung pipa plastik tersebut ke pompa digunakan sambungan jenis *double nipple* dari baja dengan panjang 15 cm, diameter 3 cm dengan tebal rata-rata 2,7 mm. Dari pengamatan yang dilakukan, *nipple* mengalami korosi pada bagian dinding luar dan dalam. Korosi hanya terjadi pada bagian-bagian tertentu saja. Jadi tidak menyeluruh pada permukaan *nipple*. Dengan adanya kasus korosi tersebut dikhawatirkan proses pemompaan air yang menggenang di ruang *genset* terganggu, sehingga akan mengganggu

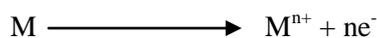
kinerja dari *genset* itu sendiri. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui jenis dan penyebab korosi yang terjadi pada sambungan *double nipple* pipa pompa *submersible* tersebut.

Di alam bebas kebanyakan logam tergabung dengan unsur-unsur lain. Unsur-unsur logam yang terdapat di alam disebut bijih. Bijih-bijih tersebut biasanya berupa oksida, sulfida atau unsur-unsur lain yang lebih kompleks. Untuk memisahkan logam dari bijihnya diperlukan energi dalam jumlah besar. Proses pemisahan ini biasanya menggunakan proses pemanasan dalam tanur. Karena itu logam yang tidak tergabung dengan unsur lain memiliki tingkat energi yang lebih tinggi dari pada bijihnya yang terdapat di alam. Logam-logam ini mempunyai kecenderungan untuk menuju level energi sesuai dengan kondisinya di alam. Fenomena ini yang kemudian disebut sebagai korosi. Secara termodinamik hal ini digambarkan dalam bentuk profil energi (Gambar 1).



GAMBAR 1. Profil energi termodinamik untuk logam

Korosi adalah penurunan mutu logam akibat reaksi kimia dengan lingkungannya (Trethewey dan Chamberlain, 1991). Reaksi yang terlibat dalam proses korosi bisa berupa reaksi kimia biasa atau reaksi elektro kimia yang berupa reaksi reduksi dan oksidasi. Reaksi oksidasi adalah reaksi kehilangan elektron, yang diekspresikan dalam persamaan reaksi berikut.



Reaksi oksidasi di atas belum memenuhi prinsip elektronetralitas (setiap pembentukan ion positif selalu diikuti oleh terbentuknya ion negatif). Oleh karena itu reaksi oksidasi selalu diikuti oleh reaksi reduksi. Reaksi reduksi adalah kebalikan dari reaksi oksidasi.



Dalam proses korosi ada empat faktor utama yang menjadi pemicu korosi yaitu adanya larutan elektrolit, katoda, anoda dan hubungan arus listrik (Anonim, 1997).

Dari segi biaya, kerugian yang disebabkan korosi sangat mahal. Dari segi keselamatan juga sangat membahayakan. Berbagai macam cara sudah digunakan untuk meminimalisir kerugian yang disebabkan oleh korosi, diantaranya pengendalian korosi dengan lapisan penghalang, perlindungan sistem katoda dan anoda, serta perlindungan korosi dengan perubahan lingkungan.

Dari berbagai macam cara tersebut pengendalian korosi dengan lapisan penghalang paling banyak digunakan. Lapisan yang digunakan bisa berupa logam dan non logam. Contoh bahan pelapis non logam adalah cat. Perlindungan dengan sistem pengecatan banyak mempunyai kekurangan, diantaranya tidak tahan benturan.

Lapisan pelindung logam yang banyak digunakan adalah pelapisan dengan logam seng yang disebut juga sebagai lapisan galvanis. Metode galvanisasi yang banyak digunakan adalah metode *hot dip galvanizing*. Lapisan logam yang dihasilkan dari proses ini adalah karena adanya reaksi metalurgi yang disebut difusi. Difusi terjadi ketika logam dicelupkan ke dalam logam seng yang mencair. Hasil akhir dari proses ini akan mempunyai beberapa lapisan. Lapisan terluar adalah logam seng murni, kemudian diikuti oleh lapisan *intermetallic* yang terikat satu sama lain dan logam dasar. Lapisan *intermetallic* adalah lapisan yang mengandung komposisi besi (Fe) dan seng (Zn). Semakin keluar kandungan besi semakin sedikit.

Sebagian besar logam yang digunakan manusia adalah logam paduan yang bersifat ferro. Untuk alasan teknis logam jenis ini kemudian dibagi menjadi dua berdasarkan pada jumlah karbon yang terkandung dalam paduannya, yaitu baja dan besi tuang.

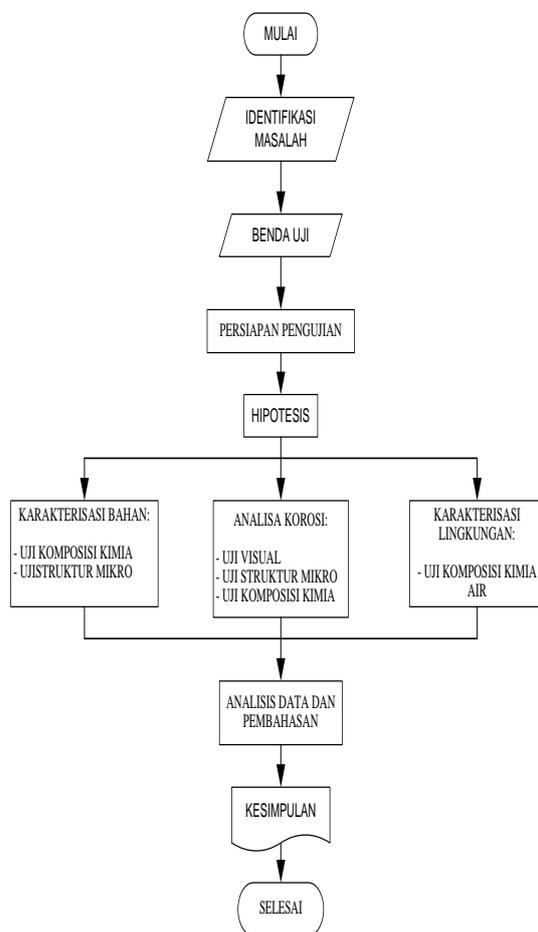
Baja dapat diklasifikasikan menurut prosentase kadar karbonnya, yaitu :

1. Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steels*), mengandung kadar karbon 0,15% - 0,30%. Ketika kandungan karbon kurang dari 0,15% termasuk kedalam kelas *dead mild steel*, yaitu baja dengan kandungan karbon kira-kira 0,07% - 0,15%.

2. Baja Karbon Sedang (*Medium Carbon Steels*), mengandung karbon 0,30% - 0,80%. Baja ini memungkinkan untuk dikeraskan dengan perlakuan panas (*heat treatment*).
3. Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steels*), mengandung karbon 0,80% - 1,5%. Baja ini hampir selalu *diquenched* dan *tempered* untuk meningkatkan harga kekerasan.

METODE PENELITIAN

Langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan ditampilkan pada Gambar 2.



GAMBAR 2. Diagram alir penelitian

Spesimen

Spesimen penelitian diambil dari *nipple* pipa pompa *submersible* berukuran panjang 15 cm dan diameter 3 cm yang digunakan untuk memompakan air di ruang genset kampus UMY.

Spesimen berupa potongan sambungan *nipple* pipa yang keadaannya belum terkena korosi berukuran 1cm x 1cm dan potongan *nipple* pipa yang keadaannya sudah terkorosi berukuran 1cm x 1cm.

Disamping itu juga diambil sampel air yang dipompakan.

Alat.

1. Alat kerja bangku (gergaji, kikir, dll).
2. Kamera.
3. Kodak film asa 200.
4. Kertas amplas tahan air SiC ukuran 80, 400, 600 dan 800 mesh (#).
5. Mikroskop optik merk Olympus milik D III Mesin UGM.
6. Stereo zoom microscope milik lab bahan D III Mesin UGM
7. Mesin poles milik D III Mesin UGM.
8. Alat uji komposisi kimia bahan milik PT ITIKOH CEPERINDO.
9. Alat uji komposisi kimia air milik BTKL Yogyakarta.
10. Alat uji komposisi kimia milik BATAN.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Komposisi Kimia

Uji komposisi kimia dilakukan di PT. Itokoh Ceperindo dengan menggunakan alat uji ARL *Spark Spectrometer* sebanyak tiga kali pada tempat yang berbeda. Dari hasil uji diperoleh hasil rata-ratanya seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

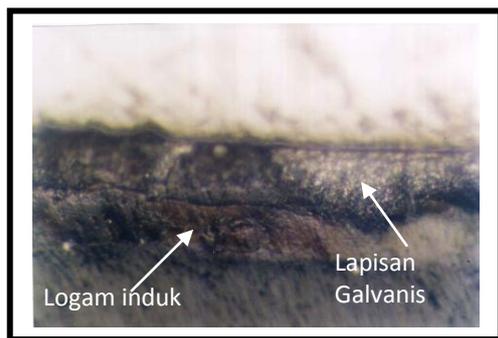
TABEL 1. Hasil uji komposisi kimia

No	Unsur	% Berat
1	Fe	99,28
2	S	0,011
3	Al	0,012
4	C	0,133
5	Ni	0,028
6	Nb	0,01
7	Si	0,09
8	Cr	0,025
9	V	0,00
10	Mn	0,442
11	Mo	< 0,004
12	W	0,04
13	P	0,011
14	Cu	< 0,004
15	Ti	0,00

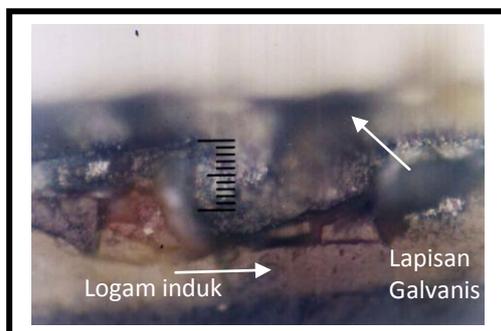
Dari hasil pengujian komposisi kimia yang telah dilakukan diperoleh kandungan karbon *nipple* sebesar 0,133 % berat. Sedangkan jumlah unsur paduan selain karbon kurang dari 5 %. Dari data tersebut material *nipple* digolongkan sebagai *dead mild steel*. Sedangkan jika dilihat dari jumlah unsur paduan selain karbon, maka material *nipple* digolongkan sebagai baja paduan rendah. Dari hasil pengujian tidak terdapat adanya unsur Zn dalam *nipple*. Hal ini dikarenakan pada saat dilakukan uji komposisi kimia, permukaan *nipple* dikikis agar diperoleh permukaan yang benar-benar bersih dan rata.

Hasil Uji Struktur Mikro

Uji struktur mikro dimaksudkan untuk mengetahui ada tidaknya lapisan galvanis pada *nipple*. Bagian *nipple* yang diuji struktur mikro adalah pada bagian penampangnya. Hasil uji struktur mikro dari spesimen terlihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



GAMBAR 3. Struktur mikro penampang *nipple* (perbesaran 200 X)



GAMBAR 4. struktur mikro penampang *nipple* (perbesaran 500 X)

Dengan melihat struktur mikro yang terdapat dalam foto mikro tersebut bisa diketahui bahwa *nipple* mempunyai lapisan galvanis

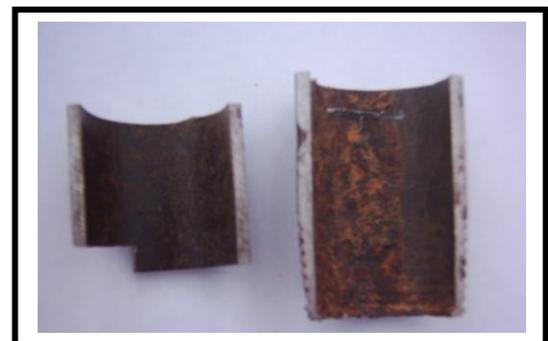
pada permukaannya. Hal ini terlihat sebagai lapisan yang berada di atas logam induk. Dari struktur permukaan yang berlapis bisa disimpulkan bahwa proses yang digunakan dalam proses galvanisasi adalah proses *hot-dip*. Dalam proses ini logam yang akan digalvanisasi dicelup ke dalam logam Zn (seng) yang meleleh. Dari hasil pengujian struktur mikro dapat diketahui ketebalan lapisan galvanis *nipple* adalah sebesar 0,08108 mm.

Hasil Uji Visual

Dari hasil pengamatan di lapangan yang dilakukan, diperoleh informasi bahwa korosi yang terjadi di permukaan *nipple* tidak menyeluruh, tetapi hanya pada bagian-bagian tertentu saja. Korosi yang timbul berupa keropeng pada permukaan *nipple* dengan ukuran dan bentuk yang bervariasi. Melihat bentuk korosi yang terjadi pada permukaan luar, maka korosi yang terjadi adalah jenis korosi lokal. Bentuk korosi yang terjadi pada *nipple* terlihat pada Gambar 5. Korosi yang terjadi pada permukaan dalam juga tidak menyeluruh, dapat dilihat pada Gambar 6.

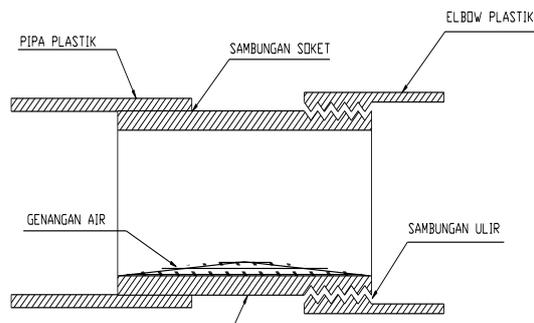


GAMBAR 5. Bentuk korosi pada permukaan luar *nipple*



GAMBAR 6. Bentuk korosi pada permukaan dalam *nipple*

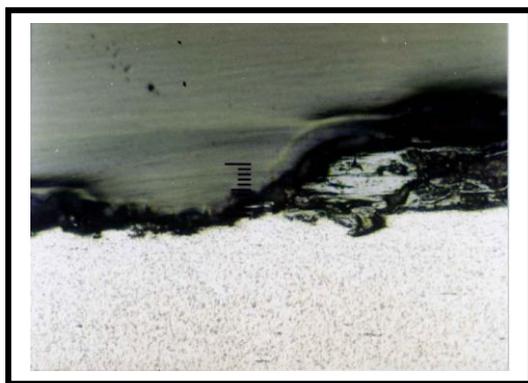
orosi hanya terjadi pada salah satu sisi saja, sedangkan sisi yang lain tidak mengalami korosi. Hal ini disebabkan oleh air yang tersisa dalam *nipple*. Air tersebut menggenang di dalam *nipple*, kemudian mekanisme korosi aerasi diferensial terjadi. Korosi aerasi diferensial pada awalnya berupa reaksi korosi biasa, yaitu reaksi oksidasi pada logam. Dalam hal ini Zn teroksidasi membentuk Zn^{2+} . Selain di permukaan, korosi juga terjadi pada bagian ulir dari *nipple*. Korosi yang terjadi pada ulir adalah korosi celah, karena antara ulir *nipple* dan ulir *elbow* timbul celah. Walaupun telah diberi semacam sekat, air tetap masuk pada daerah celah yang sempit tersebut. Karena celah sangat sempit, maka tidak memungkinkan terjadinya aliran air, sehingga di daerah celah terjadi kekurangan oksigen, dan mekanisme korosi celahpun terjadi.



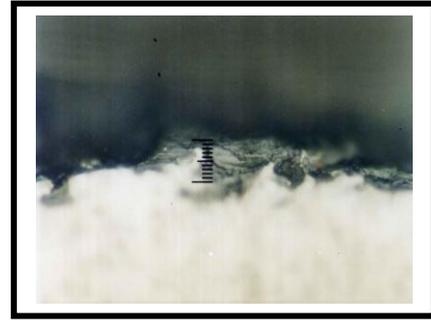
GAMBAR 7. Celah antara *nipple* dengan *elbow*

Hasil Uji Struktur Mikro Korosi

Hasil uji struktur mikro korosi dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9.



GAMBAR 8. Struktur mikrokorosi dinding luar *nipple* (perbesaran 200 X)



GAMBAR 9. Struktur mikro korosi dinding dalam *nipple* (perbesaran 200 X)

Gambar 8 dan 9 adalah bentuk struktur mikro korosi pada penampang melintang *nipple*. Dalam gambar tersebut terlihat bahwa pada bagian yang terkorosi lapisan galvanisnya mengalami kerusakan. Bahkan pada bagian tertentu serangan korosi telah mencapai logam induk *nipple*. Hal ini berawal dari serangan korosi pada permukaan *nipple*, yang kemudian berlanjut mengkonsumsi lapisan galvanis. Korosi pada permukaan galvanis dipicu oleh ion Cl. Walaupun sedikit ion Cl mampu memicu korosi pada permukaan *nipple*. Ketika lapisan galvanis pada bagian yang terkorosi telah habis, maka korosi yang terjadi selanjutnya adalah korosi dwi logam atau korosi galvanik. Hal ini terjadi karena logam pada lapisan galvanis *nipple* (Zn) mempunyai harga potensial korosi yang lebih negatif daripada baja. Sehingga apabila seng (Zn) dan baja disambung, maka seng akan bersifat anodik terhadap baja atau seng akan terkorosi. Jika lapisan galvanis terkorosi, maka permukaan logam tidak terlindungi lagi. Hal ini bisa membuat logam mengalami korosi lebih lanjut. Hal ini bisa memicu terjadinya korosi sumuran, karena produk korosi yang mengendap pada permukaan logam menghalangi difusi oksigen.

Dari hasil uji struktur mikro bisa diketahui kedalaman korosi yang terjadi pada *nipple* adalah sebesar 0,14 mm. Jika tebal pipa rata-rata adalah 2,7 mm, maka persentase kedalaman korosi adalah sebesar 5,1%.

Korosi mungkin sudah terjadi lebih dalam dari yang tampak di foto karena sempitnya area foto. Untuk mengetahui apakah korosi telah terjadi lebih dalam, maka dilakukan pengukuran tebal dinding *nipple*. Hasil pengukuran ditampilkan pada Tabel 2.

TABEL 2. Ketebalan nipple

Tebal Daerah Tidak Terkorosi (mm)	Tebal Daerah Terkorosi (mm)
2,76	2,46
2,68	2,54
2,66	2,34
Tebal rata-rata = 2,7	Tebal rata-rata = 2,44

Dari data di atas dapat diketahui kedalaman kerusakan yang diakibatkan oleh korosi pada permukaan adalah sebesar : 2,7 mm – 2,44 mm = 0,26 mm. Persentase kedalaman korosi (%) = 9,62%.

Hasil Uji Komposisi Kimia Produk Korosi

Uji komposisi kimia korosi dilakukan di Laboratorium Analisis Kimia BATAN menggunakan alat XRF (*X Ray Fluorecence*). Pengujian dilakukan pada permukaan nipple yang sudah terkorosi dan yang belum terkorosi. Dari pengujian tersebut diperoleh hasil yang ditampilkan pada Tabel 3.

TABEL 3. Komposisi kimia korosi

No	Cuplikan	I net Zn (8,467 Kev), Cacah	Metode
1	Sebelum terkorosi	23038	XRF
2	Sesudah terkorosi	783	XRF

Dari Tabel 3 diketahui bahwa terjadi pengurangan logam Zn pada bagian yang terkorosi. Hal ini terlihat dari perbedaan jumlah cacah yang terdeteksi.

Lapisan galvanis yang tersisa (Zn) =

$$\frac{\text{sesudahterkorosi}}{\text{sebelumterkorosi}} = \frac{783}{23038} \times 100\% = 3,39\%$$

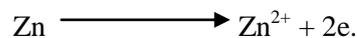
Jadi korosi telah menyerang lapisan galvanis sebesar : 100 % – 3,39 % = 96,61 %.

Hasil Uji Komposisi Kimia Air

Karakterisasi lingkungan mutlak dilakukan untuk mengetahui jenis lingkungan tempat terjadinya suatu proses korosi, karena salah satu faktor dalam proses terjadinya korosi

adalah adanya lingkungan yang korosif. Dalam kasus ini nipple yang terkorosi dalam proses kerjanya terendam air, sehingga karakterisasi lingkungan yang dilakukan adalah karakterisasi air. Hal ini dilakukan dengan pengujian komposisi kimia air tersebut. Dari hasil uji komposisi kimia yang dilakukan di BTKL Yogyakarta diperoleh hasil yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Dari hasil pengujian ternyata air mengandung unsur Cl. Walaupun sedikit bisa memicu korosi karena Cl adalah oksidator kuat. Hal ini Cl mempunyai afinitas elektron yang tinggi. Afinitas elektron adalah energi yang terlibat ketika sebuah elektron ditambahkan pada sebuah atom dalam kondisi standar untuk membentuk ion negatif. Ketika terbentuk ion negatif yang stabil, energi yang dilepaskan diberi tanda negatif. Jika terbentuk ion positif yang tidak stabil, energi yang dibutuhkan diberi tanda positif. Semakin tinggi afinitas elektron suatu atom, semakin tinggi kecenderungan atom tersebut mengoksidasi atom lain. Dalam hal ini Cl akan mengoksidasi Zn dengan membentuk ion Cl⁻. Zn akan teroksidasi membentuk ion Zn⁺² dengan melepas dua elektron.



Elektron yang dihasilkan kemudian digunakan oleh O₂ untuk mereduksi air membentuk ion hidroksil.



Ion hidroksil kemudian bereaksi dengan ion seng membentuk karat.



Dari hasil pengujian komposisi kimia bisa ditentukan konsentrasi Fe dalam air yang dipompakan.

Kandungan unsur F_e = 0,043 mg/l = 43. 10⁻⁵ gr/l .

Konsentrasi F_e dalam air adalah:

$$\text{mol F}_e = \frac{\text{massa Fe}}{\text{mr Fe}} = \frac{43 \times 10^{-5}}{55,85}$$

$$= 7,69. 10^{-6} \text{ M};$$

Suatu logam dikatakan mengalami korosi bila konsentrasi ion-ionnya dalam larutan $\geq 10^{-6}$ M (Pourbaix, 1974).

TABEL 4. Komposisi kimia air di ruang genset Kampus Terpadu UMY

No	Parameter	Satuan	Hasil uji 2791K	Metode uji	Kadar maks.diperbolehkan	
					Pengaruh Langsung	Menimbulkan Keluhan
Fisika						
1	Bau	-	Tak berbau		Tidak berbau	-
2	Kekeruhan	NTU	1	SNI 06-2413-1991	5	-
3	Warna	TCU	1	-	15	-
Kimia						
1	Ammonia (NH ₃)	mg/l	0,0044	-	-	1,5
2	Besi (Fe)	mg/l	< 0,043	SNI 19-1127-1989	-	0,3
3	Deterjen	mg/l	Tak terdeteksi	-	-	0,05
4	Fluorida (F)	mg/l	0,32	-	1,5	-
5	Hidrogen sulfida (H ₂ S)	mg/l	Tak terdeteksi	-	-	0,05
6	Kesadahan (CaCO ₃)	mg/l	103,52	SNI 06-2430-1991	-	500
7	Klorida (Cl)	mg/l	11,1	SNI 06-2431-1991	-	250
8	Mangan (Mn)	mg/l	< 0,05	Sni 19-1133-1989	-	0,1
9	Nitrat sbg. (NO ₃)	mg/l	13,02	APHA 1998,section 3500- NO ₃	50	-
10	Nitrit sbg. (NO ₂)	mg/l	0,0021	SNI 06-2484-1991	3	-
11	pH	mg/l	6,9	SNI 06-sec 2413- 1991	-	6,5 – 8,5
12	Zat organic (KMnO ₄)	mg/l	14,85	-	-	-

KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil pengamatan di lapangan dan pengujian yang dilakukan pada *nipple* dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Material *nipple* adalah *dead mild steel*, karena kandungan karbonnya sebesar 0,133% atau kurang dari 0,15%.
2. Korosi yang terjadi pada permukaan luar *nipple* termasuk jenis korosi serangan selektif yang kemudian bergeser menjadi korosi dwi logam.
3. Korosi yang terjadi pada permukaan bagian dalam *nipple* adalah korosi aerasi diferensial.
4. Korosi yang terjadi pada bagian ulir adalah korosi celah.
5. Korosi pada permukaan luar *nipple* telah merusak lapisan galvanis sebanyak 96,61%.
6. Berdasarkan analisis foto, korosi telah mencapai kedalaman sebesar 0,14 mm atau sebesar 5,1% dari tebal dinding *nipple*. Tetapi berdasarkan pengukuran tebal

dinding *nipple*, korosi telah mencapai kedalaman 0,26 cm atau sebesar 9,62% dari tebal dinding *nipple*. Hal ini dikarenakan sempitnya area foto sedangkan korosi sebenarnya terjadi lebih luas.

7. Pemicu korosi adalah unsur Cl yang terdapat didalam air yang dipompakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim (1997). *Corrosion Technology Fundamentals*, Corrosion Management & Advisory Service.
- Fontana (1987). *Corrosion engineering 3rd edition*, New York: Mc Graw-Hill Book Co.
- Pourbaix (1974). *Atlas of Electrochemical Equilibria in Aqueous Solution*, Houston, USA.
- Surdia, T., dan Shinroku, S. (1995). *Pengetahuan Bahan Teknik*, Jakarta: P.T. Pradnya Paramita.

Trethewey, K.R., dan Chamberlain, J. (1991).
*Korosi Untuk Mahasiswa dan
Rekayasawan*, Jakarta: Gramedia
Pustaka Utama.

PENULIS:

Bambang Riyanta✉

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jalan
Lingkar Selatan, Bantul 55183, Yogyakarta.

✉ Email: riyantab@yahoo.com

M. Al Aththar

Alumni Program Studi Teknik Mesin, Fakultas
Teknik, Universitas Muhammadiyah
Yogyakarta, Jalan Lingkar Selatan, Bantul 55183,
Yogyakarta.