

PENGARUH KONSENTRASI LARUTAN $Al_2(SO_4)_3$ - 0,1% NaOCl TERHADAP KETAHANAN KOROSI BAJA GALVANIS PADA PIPA AIR MINUM

Sutrisna

Jurusan Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta
Jl. Babarsari, CT Depok Sleman Yogyakarta 55281
E-mail : sutrisna_sttnas@yahoo.com

ABSTRAK

Pipa baja galvanis merupakan baja karbon rendah dengan lapisan galvanisnya mengandung unsur seng (Zn) 99,7% dan biasanya diaplikasikan sebagai pipa pada air minum. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui laju korosi dari pengaruh konsentrasi larutan $Al_2(SO_4)_3$ (Aluminium Sulfat) ditambah 0,1 % NaOCl (Sodium Hypoclorit) terhadap baja galvanis.

Penelitian ini menggunakan bahan pipa baja galvanis, untuk mengetahui laju korosi dari pengaruh konsentrasi larutan $Al_2(SO_4)_3$ 10 ml, 20 ml, 30 ml, 40 ml ditambah 0,1 % NaOCl digunakan teknik polarisasi dengan metode sel tiga elektroda. Pengujian lain yang dilakukan yaitu pengujian mekanis (tarik, kekerasan) dan pengujian struktur mikro.

Hasil pengujian komposisi menunjukkan pipa baja galvanis mengandung unsur karbon sebesar 0,091% sehingga tergolong dalam baja karbon rendah sedangkan lapisan galvanis mengandung unsur seng sebesar 99,691%. Struktur mikro pipa baja galvanis adalah ferit dan perlit sedangkan struktur lapisan galvanis adalah baja digalvanisasi yang unsur utamanya adalah seng (Zn). Pada uji tarik, pipa baja galvanis bersifat ulet, dari pengujian kekerasan pipa baja galvanis mempunyai sifat yang lunak sedangkan dari uji korosi, laju korosi terendah pada larutan 10 ml $Al_2(SO_4)_3$ ditambah 0,1 % NaOCl sebesar 1,27 mm/tahun, sedangkan laju korosi tertinggi yaitu pada larutan 40 ml $Al_2(SO_4)_3$ ditambah 0,1 NaOCl sebesar 2,58 mm/tahun. Semakin tinggi rentang konsentrasi larutan $Al_2(SO_4)_3$ ditambah larutan NaOCl maka laju korosi yang terjadi adalah aktif.

Kata Kunci: pipa baja galvanis, laju korosi, polarisasi, $Al_2(SO_4)_3$ - NaOCl.

PENDAHULUAN

Korosi adalah proses rusaknya logam karena terjadinya reaksi kimia dan elektrokimia akibat kontak material dengan lingkungan. Korosi merupakan suatu peristiwa yang pasti akan terjadi dan tidak dapat dihindari tetapi dapat dikendalikan. Faktor penting dalam pengendalian korosi adalah pemilihan bahan secara tepat serta jadwal perawatan secara teratur (berkala).

Sistem proteksi dapat dilihat dari berbagai aspek antara lain: dari aspek ekonomi diusahakan untuk mengurangi kerugian-kerugian biaya perbaikan akibat rusaknya material, dari aspek keselamatan bertujuan untuk mempertinggi angka keselamatan terutama untuk alat-alat yang rawan terhadap serangan korosi seperti pesawat terbang, kapal laut dan konstruksi bangunan, dari aspek pelestarian korosi dapat memboroskan

sumber-sumber material (sumber daya alam).

Metode pencegahan korosi dapat dilakukan dengan cara melindungi permukaan logam dengan bahan pelindung seperti dengan pelapisan cat dan dapat juga dilakukan dengan pelapisan logam seng (Zn) yang sering disebut dengan *galvanisasi*.

Baja merupakan logam yang banyak digunakan dalam teknik dan meliputi 95 % dari seluruh produksi logam dunia (Amstead, 1989). Baja karbon adalah salah satu jenis dari beberapa klasifikasi baja. Baja karbon itu masih dapat dibagi lagi ke dalam beberapa jenis yaitu baja karbon rendah, baja karbon sedang dan baja karbon tinggi (Wirjosumarto, 2000). Baja galvanis adalah termasuk baja karbon rendah yang dilapisi logam seng (Zn) dengan tingkat kemurnian tinggi (99,7%) ditambah sejumlah timah hitam, aluminium dalam jumlah tertentu dan diproses dengan kondisi bebas oksidasi sehingga menghasilkan baja lapis seng yang handal (Priyotomo, 2008). Baja galvanis banyak diaplikasikan untuk pembuatan pipa, konstruksi jembatan dan atap rumah.

Cepat atau lambat terjadinya korosi pada baja galvanis dipicu oleh faktor larutan pada air (H_2O) yang melewati saluran pipa tersebut. Larutan yang terkandung pada air minum itu sendiri diantaranya dapat berupa kaporit dan tawas. Tawas ($Al_2(SO_4)_3$) merupakan bahan untuk penjernihan air yang paling banyak digunakan, bahan ini selain murah dan mudah didapatkan dipasaran juga mudah penyimpanannya. Selain itu tawas juga cukup efektif untuk menurunkan kadar *flour*. Pemakaian tawas yang banyak maka pH air makin turun karena hasilnya adalah H_2SO_4 (asam sulfat). Pemakaian tawas paling efektif antara pH 5,8 - 7,4 atau 5,9 - 7 (Degremont, 1987). Kaporit ($NaOCl$) adalah senyawa kimia yang pada kadar tinggi bersifat korosif. Pada persentase rendah bisa digunakan sebagai penjernih air, pemutih pakaian (Rukmana, 2008).

TINJAUAN PUSTAKA

Juwita (2006) meneliti tentang ketahanan korosi baja galvanis celup panas dalam media HCl dan NaOH, pada baja karbon rendah yang telah digalvanisasi celup panas dengan metode

polarisasi, laju korosi dalam media HCl lebih tinggi dari pada media NaOH.

Arshyad (2006) meneliti tentang peningkatan ketahanan korosi pelat baja karbon rendah yang digalvanisasi dengan pelat baja karbon rendah yang tidak digalvanisasi dalam media pengkorosi asam sulfat 0,05 ml, asam klorida 0,03 ml dan asam nitrat 0,01 ml. Pelat baja karbon rendah yang digalvanisasi dengan seng menggunakan teknik *RF Sputtering* variasi waktu (15, 20, 30 dan 40 menit), jarak elektroda (10, 12, 14, dan 16 mm), dan daya (170, 180, 190 dan 200 watt). Uji korosi menggunakan metode teknik polarisasi dengan alat *Potentiostat* PGS 201 T. Hasil penelitian menunjukkan pelat baja karbon rendah yang tidak digalvanisasi sangat cepat terjadi korosi sedangkan pelat baja karbon rendah yang digalvanisasi pada variasi waktu diperoleh waktu optimum 30 menit dengan peningkatan ketahanan korosi sebesar 2,5 kali dari pada pelat baja yang tidak digalvanisasi. Kondisi ini terjadi pada daya tetap 200 watt dan jarak tetap 14 mm. Pada variasi jarak elektroda diperoleh jarak yang paling baik pada 16 mm dengan peningkatan ketahanan korosi pelat baja sebanyak 4,5 kali, kondisi ini terjadi pada daya tetap 200 watt dan waktu tetap 30 menit. Pada variasi daya diperoleh daya optimum 200 watt pada kondisi waktu tetap 30 menit dan jarak tetap 14 mm dengan peningkatan ketahanan korosi sebanyak 2,5 kali. Secara keseluruhan pelat baja karbon rendah yang digalvanisasi dengan proses *RF Sputtering* mampu meningkatkan ketahanan korosi dari pada pelat baja yang tidak digalvanisasi.

Baja

Baja merupakan paduan dari besi (Fe) dan karbon (C) serta sejumlah unsur seperti: Mn, Si, S, P dan N. Baja paduan, di samping mengandung unsur-unsur seperti yang terdapat dalam baja karbon, juga mengandung unsur-unsur lain yaitu Ni, Cr, Mo, Mn, Si, V, Co, Cu dan Pb. Baja merupakan logam yang paling banyak digunakan dalam teknik yaitu dalam bentuk pelat, batang dan lembaran pipa, baja dapat dibentuk melalui pengecoran dan penempaan sedangkan

karbon merupakan salah satu unsur terpenting karena dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan baja (Amstead, 1989). Baja karbon dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu baja karbon rendah, baja karbon ini mengandung karbon <0,30 %. Baja karbon sedang, baja karbon ini mengandung karbon 0,30 %-0,70 %. Baja karbon tinggi, baja karbon ini mengandung karbon 0,70%-1,40% (Amstead, 1989).

Baja Galvanis

Baja galvanis adalah baja lapis seng (Zn) yang mengandung bahan seng dengan tingkat kemurnian tinggi (99,7%) ditambah dengan sejumlah timah hitam dan aluminium dalam jumlah tertentu diproses dengan kondisi bebas oksidasi sehingga menghasilkan baja lapis seng dengan kualitas yang handal (Priyotomo, 2008).

Lapisan galvanis dibentuk oleh reaksi antara baja dengan seng pada temperatur galvanis, metalurgi baja dan kondisi permukaan akan mempengaruhi ketebalan hasil galvanis. Baja galvanis memiliki sifat yang dapat memperbaiki goresan kecil, baja terekspos ke udara luar akan ditutup kembali oleh seng. Hal ini terjadi karena seng di sekitarnya akan terserap dan mengendap pada baja tersebut mengganti apa yang sebelumnya hilang karena goresan (Gusriandra, 2008).

Korosi

Korosi dapat didefinisikan sebagai penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya (Trethewey, 1991). Korosi juga didefinisikan sebagai proses degradasi material (perusakan dan penurunan kualitas) akibat interaksi dengan lingkungan melalui reaksi kimia dan proses elektrokimia. Definisi lain, ko-rosi adalah proses kebalikan dari ekstraksi meta-llurgi (Fontana, 1978). Proses korosi yang biasa disebut dengan karat dapat juga dipandang sebagai proses pembusukan suatu bahan dan proses perubahan sifat suatu bahan akibat pengaruh reaksi dengan lingkungan sekitarnya (Trethewey, 1991)

Polarisasi

Logam tidak berada dalam kesetimbangan dengan larutan yang mengandung ion-ionnya,

potensial elektrodanya berbeda dari potensial korosi bebas dan selisih antara keduanya biasa disebut polarisasi (Trethewey, 1991), simbol yang digunakan untuk polarisasi adalah μ . Potensial elektroda akan berubah selama berlangsungnya proses korosi, potensial anoda cenderung naik dan potensial katoda cenderung turun, dengan demikian perbedaan antara anoda dan katoda menjadi lebih kecil. Potensial yang terukur dari suatu logam yang terkorosi adalah potensial gabungan dari anoda dan katoda yang terpolarisasi, disebut potensial korosi (E_{corr}). Besarnya arus pada potensial korosi disebut arus korosi (I_{corr}). Menurut hukum *Faraday* laju korosi dari suatu anoda adalah sebanding dengan arus korosi. Laju korosi biasanya dinyatakan dengan laju pengurangan berat luas dan laju penipisan, satuan yang biasa digunakan adalah mpy (*mils per year*). Hubungan antara rapat arus dengan laju korosi dapat dihitung dengan rumus: (Fontana, 1978)

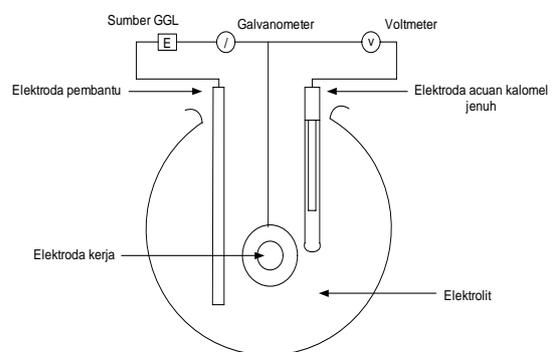
$$R = 0,129 \frac{I_{corr} (E_w)}{\rho} \dots\dots\dots [1]$$

Keterangan :

- R = laju korosi (mpy)
- I_{corr} = rapat arus korosi ($\mu A/cm^2$)
- E_w = berat ekivalen (gram/ekivalen)
- ρ = berat jenis (gram/cm³)

$$E_w = \dots\dots\dots [2]$$

Metode Sel Tiga Elektroda



Gambar 1. Sel Tiga Elektroda

Sel tiga elektroda adalah perangkat laboratorium baku untuk penelitian kuantitatif terhadap sifat-sifat korosi bahan yang merupakan kesempurnaan dari sel korosi basah (Trethewey, 1991), sel tiga elektroda itu antara lain :

a. Elektroda kerja (*working electrode*)

Elektroda kerja (*working electrode*) adalah istilah yang dipakai untuk menggantikan elektroda yang sedang diteliti. Elektroda kerja dapat disiapkan dengan cara memasang sebuah spesimen kecil dalam resin pendingin tetapi spesimen harus mempunyai hubungan listrik yang dapat disiapkan sebelum pemasangan.

b. Elektroda pembantu (*counter electrode*)

Elektroda pembantu berfungsi untuk mengangkut arus dalam rangkaian yang terbentuk dalam penelitian tetapi elektroda pembantu tidak

dapat digunakan untuk pengukuran potensial. Bahan dari elektroda pembantu ini biasanya menggunakan batang karbon, selain batang karbon bisa juga menggunakan platina dan emas.

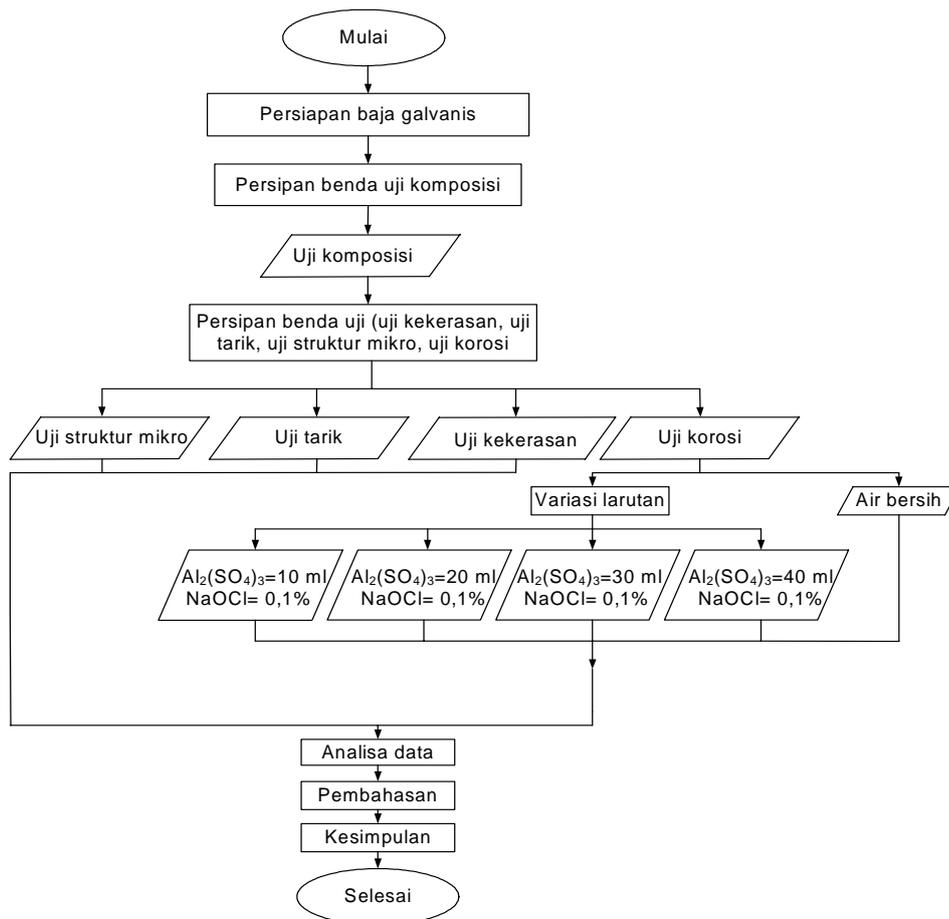
c. Elektroda acuan

Elektroda ini adalah sebagai titik dasar untuk mengacu pengukuran elektroda kerja. Arus yang mengalir melalui elektroda ini harus kecil bila tidak elektroda ini akan ikut dalam reaksi sel, sehingga potensialnya tidak lagi konstan.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan adalah pipa baja galvanis diameter 75 mm dan $Al_2(SO_4)_3$ (*aluminium sulfat*) dan NaOCl (*sodium hypochlorit*) sebagai bahan larutannya dalam pengujian korosi.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Pengujian

Pengujian polarisasi merupakan proses pengujian korosi, untuk mengetahui rapat arus korosi. Uji polarisasi dilakukan di laboratorium milik Badan Teknologi Nuklir (BATAN) Yogyakarta. Sebelum pengujian korosi dilakukan, didahului pengujian komposisi kimia, struktur mikro, tarik dan kekerasan.

Diagram alir penelitian ditunjukkan pada gambar 2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Komposisi

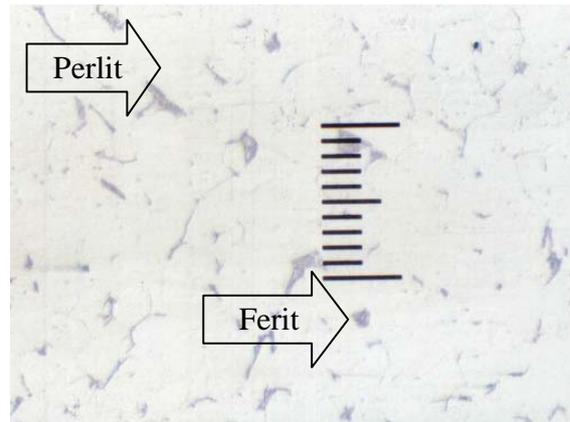
Berdasarkan hasil pengujian komposisi dengan menggunakan mesin *Spectrometer* milik PT. Itokoh Ceperindo Klaten, terdapat unsur-unsur yang ada pada pipa baja galvanis adalah Fe 99.41%, S 0.008%, C 0.091%, Ni 0.033%, Si 0.009%, Cr 0.030%, Mn 0.254%, Mo 0.010%, P 0.028%, Cu 0.027% dan Al 0.033%. Adapun dengan menggunakan mesin *X-Ray Fluorescence* milik Badan Teknologi Nuklir (BATAN) Yogyakarta, unsur yang ada pada lapisan pipa baja galvanis adalah Zn 99.691%.

Menurut klasifikasi baja karbon, kadar karbon 0,08% - 0,12% adalah termasuk baja karbon rendah yang bersifat sangat lunak (Wiryosumarto, 2000). Data hasil uji komposisi memiliki karbon (C) 0,091%, sehingga pipa baja galvanis termasuk dalam kategori baja karbon rendah yang bersifat sangat lunak.

Baja galvanis adalah baja lapis seng (Zn) yang mengandung sebesar 99,7% (www.cahaya.bentengmas.co.id). Data hasil uji komposisi lapisan galvanis pada data tersebut maka lapisan tersebut termasuk dalam standarisasi galvanis dengan persentase seng (Zn) 99,691%.

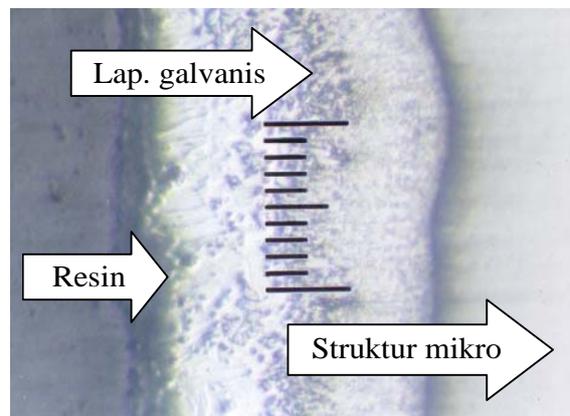
Hasil Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro dilakukan dengan pengamatan pada benda uji, daerah yang diamati dan diambil (difoto) yaitu daerah sisi permukaan dan sisi lapisan dalam pipa baja galvanis dengan perbesaran 500x.



Gambar 3. Struktur Mikro Permukaan Pipa Baja Galvanis

Hasil dari pengujian foto struktur mikro struktur yang terlihat adalah ferit dan perlit, struktur yang terlihat mendominasi adalah ferit yang menyebabkan pipa baja galvanis bersifat lunak sehingga tergolong dalam kategori baja karbon rendah dengan kadar karbon (C) 0,091%.



Gambar 4. Struktur Mikro Lapisan Galvanis Bagian dalam Pipa

Hasil dari pengujian foto struktur mikro lapisan galvanis dapat dilihat pada (gambar 4), menunjukkan bahwa lapisan galvanis dengan unsur utamanya adalah seng (Zn) dengan tingkat kemurnian yang tinggi yaitu sebesar 99,691%. Lapisan galvanis tersebut mampu memperlambat laju korosi karena seng memiliki sifat yang dapat menutup goresan, sehingga udara lembab tidak dapat masuk ke dalam pipa (Beumer, 1978).

Hasil Pengujian Tarik

Pada pengujian tarik didapatkan besarnya tegangan maksimum dan regangan Adapun hasil perhitungan uji tarik pada pipa baja galvanis ditunjukkan pada tabel 1.

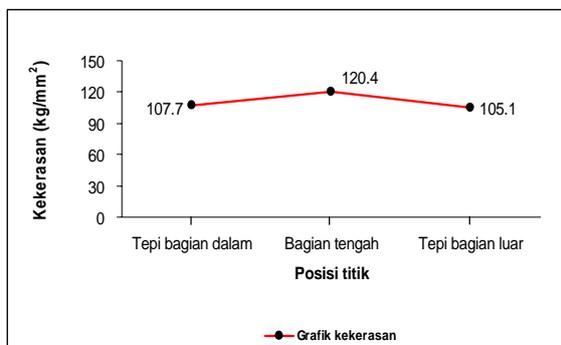
Tabel 1. Hasil Pengujian Tarik

Spesimen	P_{maks} (kg)	Kekuatan tarik (kg/mm^2)	Regangan (%)
1	1414	34,81	40,7
2	1493	36,75	37,2
3	1505	37,05	32,6
Rata-rata		36,20	36,83

Baja karbon rendah dengan sifat baja yang sangat lunak mempunyai kekuatan tarik antara 36-42 kg/mm^2 dengan regangan antara 40-30% (Wirjosumarto, 2000). Dari data hasil pengujian tarik pada (tabel 1) pipa baja galvanis mempunyai kekuatan tarik rata-rata sebesar 36,20 kg/mm^2 dan mempunyai regangan rata-rata sebesar 36,83%, sehingga dapat dikatakan bahwa pipa baja galvanis mempunyai sifat yang ulet dan dapat dibuktikan dari hasil struktur mikro pipa baja galvanis struktur ferit lebih banyak mendominasi dari pada struktur perlit.

Hasil Pengujian Kekerasan

Pada pengujian kekerasan, harga kekerasan dilakukan di tiga titik yaitu mulai dari titik tepi bagian dalam pipa, titik bagian tengah pipa dan titik bagian luar pipa.



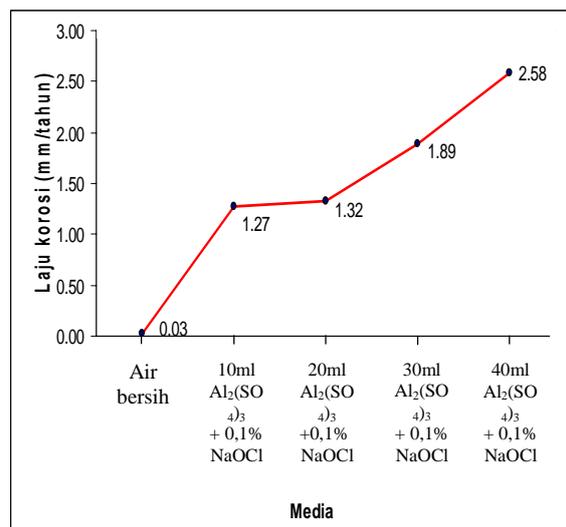
Gambar 5. Grafik Hasil Uji Kekerasan

Hasil pengujian kekerasan pada (gambar 5) diperoleh nilai kekerasan tertinggi diperoleh pada posisi titik bagian tengah yaitu sebesar 120,4 kg/mm^2 , pengaruh perbedaan kekerasan ini disebabkan oleh proses pengerolan pipa baja galvanis sehingga struktur kristal di dalam pipa baja galvanis distribusi tegangan tidak merata ke semua ikatan struktur kristal yang bersangkutan sehingga sebagian ikatan struktur kristal akan mengalami tekanan lebih besar dibanding ikatan struktur kristal yang lain (Trethewey, 1991).

Hasil Pengujian Korosi

Pengujian korosi dilakukan dengan mengamati laju korosi pada baja galvanis menggunakan teknik polarisasi dengan metode sel tiga elektroda. Media yang digunakan adalah air bersih, serta divariasikan dengan larutan $Al_2(SO_4)_3$ (*Aluminium Sulfat*) 10 ml, 20 ml, 30 ml, 40 ml ditambah larutan 0,1 % NaOCl (*Sodium Hypochlorit*). Uji korosi dilakukan pada permukaan sisi bagian dalam pipa baja galvanis karena bagian tersebut dialiri oleh air bersih yang mengandung $Al_2(SO_4)_3$ (*Aluminium Sulfat*) dan NaOCl (*Sodium Hypochlorit*).

Untuk mengetahui nilai kuantitatif dari logam yang mengalami korosi dapat dihitung laju korosi dari persamaan 1 dan 2.



Gambar 6. Grafik Laju Korosi

Hasil dari data perhitungan laju korosi pada gambar 6 dapat dilihat laju korosi pipa baja galvanis di dalam media air bersih sebesar 0,03 mm/tahun, berdasarkan tingkat ketahanan korosi dikategorikan sangat baik. Berbeda dengan penambahan konsentrasi larutan 10 ml $Al_2(SO_4)_3$ ditambah 0,1 % NaOCl laju korosi yang terjadi yaitu 1,27 mm/tahun, jika dibandingkan dengan media air bersih laju korosi naik sebesar 97,63%. Penambahan konsentrasi larutan 20 ml $Al_2(SO_4)_3$ ditambah 0,1 % NaOCl laju korosi yang terjadi 1,32 mm/tahun jika dibandingkan dengan media air bersih laju korosi naik sebesar 97,72 %. Penambahan konsentrasi larutan 30 ml $Al_2(SO_4)_3$ ditambah 0,1 % NaOCl laju korosi yang terjadi 1,89 mm/tahun apabila dibandingkan dengan media air bersih laju korosi naik sebesar 98,41 %. Begitu juga dengan penambahan larutan 40 ml $Al_2(SO_4)_3$ ditambah 0,1 % NaOCl laju korosi yang terjadi 2,58 mm/tahun dibandingkan dengan media air bersih laju korosi baja galvanis juga mengalami kenaikan sebesar 98,83 %. Maka dapat disimpulkan bahwa pipa baja galvanis pada rentang konsentrasi larutan semakin tinggi kadar $Al_2(SO_4)_3$ adalah aktif sehingga laju korosi berlangsung cepat.

Berdasarkan tingkat ketahanan korosi bahwa ketahanan korosi pipa baja galvanis dalam larutan tersebut termasuk dalam kategori kurang baik.

KESIMPULAN

1. Hasil pengujian komposisi pipa baja galvanis menunjukkan unsur karbon (C) sebesar 0,091 % merupakan baja karbon rendah,

dan pengujian lapisan dengan unsur utamanya adalah seng (Zn) yang mengandung 99,691 % merupakan lapisan yang digalvanisasi dengan tingkat kemurnian yang tinggi.

2. Struktur mikro dari lapisan galvanis merupakan pipa baja yang digalvanisasi seng (Zn) adalah ferit dan perlit, struktur ferit mendominasi dan penyebarannya lebih merata yang menyebabkan bersifat sangat lunak.
3. Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa pipa baja galvanis mempunyai kekuatan tarik rata-rata sebesar 36,20 kg/mm² dengan regangan rata-rata 36,83 % masuk dalam kategori baja karbon rendah yang bersifat sangat lunak.
4. Hasil pengujian kekerasan pipa baja galvanis nilai kekerasan tertinggi yaitu pada posisi titik bagian tengah sebesar 120,4 kg/mm² sedangkan kekerasan terendah yaitu pada posisi titik tepi bagian luar sebesar 105,1 kg/mm², perbedaan kekerasan ini disebabkan oleh karena proses pengerolan dari pipa baja galvanis.
5. Hasil pengujian korosi dalam media air bersih sebesar 0,03 mm/tahun, berdasarkan tingkat ketahanan korosi digolongkan sangat baik sedangkan laju korosi dalam media larutan $Al_2(SO_4)_3$ dengan rentang konsentrasi 10 ml, 20 ml, 30 ml, 40 ml ditambah 0,1 % NaOCl adalah aktif sehingga laju korosi berlangsung cepat. Berdasarkan tingkat ketahanan korosi laju korosi yang terjadi pada pipa baja galvanis akibat pengaruh konsentrasi larutan $Al_2(SO_4)_3$ ditambah 0,1 % NaOCl adalah kurang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Amstead, B.H., terj. Sriati Djaprie, 1989, *Teknologi Mekanik*, Erlangga, Edisi Ketujuh, Jilid I, Jakarta.
- Beumer, BJM., 1978, *Ilmu Bahan Logam*, jilid I, PT. Bharatara Karya Aksara, Jakarta.
- Degremont, 1987, *Teknologi Pengolahan Flour Dengan Sistem Koagulasi Flokulasi Dan Tawas*, CV. Yrama Widya, Bandung.

- Fontana, Mars G., 1978, *Corrosion Engineering*, McGraw-Hill, *Second Edition*, United State of America.
- Gadang Priyotomo dan Soeroso Hartati, 2008, *Karakterisasi Perbandingan Material Baja Karbon Rendah Dan Baja Nirkarat Di Lingkungan 5% Klorida Dengan Uji Kabut Garam*, www.Bentengmas.co.id, 20/3/08
- Harsono Wiryosumarto, 2000, *Teknik Pengelasan Logam*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Leni Juwita, 2006, *Study Ketahanan Korosi Baja Galvanis Celup Panas*, Skripsi, Tidak Dipublikasikan, STTN, Yogyakarta.
- Setyadi Arshyad, 2006, *Pengaruh perbedaan laju korosi baja karbon rendah dengan baja yang digalvanisasi dengan RF Sputtering*, Skripsi, Tidak Dipublikasikan, STTN, Yogyakarta.
- Tata Surdia, Saito S., 1984, *Pengetahuan Bahan Teknik*, PT. Pradnya Paramita, Cetakan Kelima, Jakarta.
- Tika Rukmana, 2008, *Penggunaan Larutan kaporit*, www.Answeryahoo.com, 20/3/08.
- Trethewey, K.R. terj. Widharto, 1991, *Korosi untuk Mahasiswa dan Rekayasawan*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Van Vlack, L.H., terj. Sriati Djaprie, 1981, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Erlangga, Cetakan Keempat, Jakarta.
- Yandra Gusriandra, 2008, *Terminologi Baja Galvanis*, www.Wikipedia.co.id 5/4/08