

## Pengaruh partikel zeolit terhadap laju korosi pada baja karbon dalam lingkungan asam

(Effect of zeolite particles towards corrosion rate on carbon steel in acid environment)

Bambang Hari P.<sup>1)</sup> dan Hendriyana<sup>2)</sup>

Jurusan Teknik Kimia, Universitas Jenderal Achmad Yani  
e-mail: <sup>1)</sup>bhpujtk@yahoo.co.id, <sup>2)</sup>hendriyana@lecture.unjani.ac.id

diterima 25 Oktober 2014, disetujui 17 November 2014

---

### Abstrak

Proses korosi terhadap logam bila sudah terjadi tidak dapat dihentikan, kecuali dengan pencegahan. Korosi adalah kerusakan atau degradasi logam akibat reaksi redoks antara suatu logam dengan berbagai zat di lingkungannya yang menghasilkan senyawa-senyawa yang tidak dikehendaki. Dalam bahasa sehari-hari, korosi disebut pula sebagai proses pengkaratan logam yang didominasi oleh logam baja atau besi. Terjadinya korosi pada logam akibat dari reaksi oksidasi. Logam baja akan menghasilkan karat yang umumnya berupa oksida atau karbonat. Rumus kimia karat besi adalah  $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ , berupa padat yang berwarna coklat kemerahan. Zeolit merupakan senyawa mineral yang dapat berfungsi sebagai penjerap, penukar kation, dan sebagai katalis. Dalam penelitian ini zeolit akan diukur kemampuannya sebagai penjerap anion atau penukar kation, perannya yang akan dipelajari terutama dalam lingkungan sebagai pereduksi ion hidrogen. Metode yang digunakan dengan cara merendam dan menggantung benda uji dalam wadah yang berisi larutan asam sulfat dan asam klorida. Fokus dari penelitian ini adalah reduksi benda uji dalam lingkungan (beberapa variasi) tersebut yang korelasinya dapat dihitung untuk mengetahui laju korosi benda uji baja lunak (*mild steel*). Lingkungan dibuat lingkungan asam dan lingkungan asam yang diberi partikel zeolit. Hasil yang didapat pada perendaman benda uji dalam media asam dengan konsentrasi  $H_2SO_4$  1 N dan partikel zeolit yang dipakai sebanyak 50 g/600 ml diperoleh laju korosi pada perendaman. Benda uji yang diberi stress lebih cepat terkorosi. Laju korosi baja yang diberi stress 1.833 mpy dan laju korosi yang tidak diberi stress 1,758 mpy. Penambahan zeolit dapat menurunkan laju korosi sebesar 15,20%.

Kata kunci: korosi, zeolit, stress, mpy, penjerap.

### Abstract

The process of metal corrosion when it occurred can not be stopped, except with prevention. Corrosion is the deterioration or degradation of the metal due to a redox reaction between a metal with various substances in the environment that produce compounds that are not desired. In a simple term, also referred to as the corrosion of metal corrosion process dominated by steel or iron metal. The corrosion of the metal is a result of the oxidation reaction. Steel metal will produce rust generally in the form of oxides or carbonates. The chemical formula of iron rust is  $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$  in the form of a reddish brown solid. Zeolite is a mineral compound that can serve as an adsorber, cation exchange, and as a catalyst. In this study the ability of zeolite as anion or cation exchange adsorber will be measured. Its role is to be studied, especially in the environment in reducing hydrogen ions. The method used is by soaking and hanging the test object in a container that contains a solution of sulfuric acid and hydrochloric acid. The focus of this study is the reduction of the test object in the environment (some variations) such that the correlation can be calculated to determine the corrosion rate of mild steel specimen (*mild steel*). The environment is made as an acidic environment and acidic environment given zeolite particles. The results obtained on the test specimen immersion in acid medium with 1 N  $H_2SO_4$  concentration and zeolite particles are used as much as 50g / 600 ml obtained in the immersion corrosion rate. Test specimens given stress are more quickly corroded. The rate of corrosion of steel which was given stress is 1.833 mpy and the corrosion rate of steel that was not given stress is 1.758 mpy. The addition of zeolite can reduce the corrosion rate by 15.20%.

Key words: corrosion, zeolite, stress, mpy, adsorber

## Pendahuluan

Zeolit merupakan senyawa aluminosilikat hidrat terhidrasi dengan unsur utama yang terdiri dari kation alkali dan alkali tanah terutama Ca, K, dan Na, dengan rumus umum  $MnO \cdot Al_2O_3 \cdot x(SiO_2) \cdot yH_2O$ . Sifat umum dari zeolit adalah kristal yang agak lunak dengan warna putih, coklat atau kebiru-biruan. Senyawaan kristalnya berwujud dalam struktur tiga dimensi yang tak terbatas dan memiliki rongga-rongga yang saling berhubungan membentuk saluran ke segala arah dengan ukuran saluran tergantung dari garis tengah logam alkali ataupun alkali tanah yang terdapat pada strukturnya. Rongga-rongga tersebut akan terisi oleh air yang disebut air kristal.

Zeolit merupakan katalis yang sangat berguna yang menunjukkan beberapa sifat penting yang tidak ditemukan pada katalis amorf tradisional. Katalis amorf hampir selalu dibuat dalam bentuk serbuk untuk memberikan luas permukaan yang besar sehingga jumlah sisi katalitik semakin besar. Keberadaan rongga pada zeolit memberikan luas permukaan internal yang sangat luas sehingga dapat menampung 100 kali molekul lebih banyak daripada katalis amorf dengan jumlah yang sama. Zeolit merupakan kristal yang mudah dibuat dalam jumlah besar mengingat zeolit tidak menunjukkan aktivitas katalitik yang bervariasi seperti pada katalis amorf. Sifat penyaring molekul dari zeolit dapat mengontrol molekul yang masuk atau keluar dari situs aktif. Karena adanya pengontrolan seperti ini maka zeolit disebut sebagai katalis selektif bentuk.

Aktivasi asam pada zeolit menyebabkan terjadinya dekationisasi yang menyebabkan bertambahnya luas permukaan zeolit karena berkurangnya pengotor yang menutupi pori-pori zeolit. Luas permukaan yang bertambah diharapkan meningkatkan kemampuan zeolit dalam proses penjerapan.

Situs dari rangka zeolit perlu diubah menjadi situs yang mudah disubstitusi oleh logam yaitu dengan jalan memodifikasi zeolit menjadi zeolit-H. Peningkatan daya guna atau optimalisasi zeolit sebagai adsorben (penyerap) dapat dilakukan melalui aktivasi secara fisis

maupun kimia. Proses aktivasi secara fisis dilakukan dengan pemanasan yang bertujuan untuk menguapkan air yang terperangkap dalam pori-pori kristal zeolit sehingga jumlah pori dan luas permukaan spesifiknya bertambah. Aktivasi secara kimia dapat dilakukan dengan menggunakan larutan HCl atau  $H_2SO_4$  yang bertujuan untuk membersihkan permukaan pori, membuang senyawa pengganggu, dan menata kembali letak atom yang dipertukarkan [1].

Pada penelitian ini akan dilakukan percobaan dan pengamatan proses korosi dengan perendaman benda uji (logam/baja) pada lingkungan kerja untuk mengetahui laju korosinya dalam berbagai lingkungan yang berbeda. Variabel yang di-variasi adalah

- Lingkungan yang digunakan adalah larutan asam ( $H_2SO_4$ ) pada konsentrasi rendah.
- Penambahan partikel zeolit pada lingkungan atau media dibuat tetap.
- Pemberian *stress* pada benda uji untuk mengetahui pengaruh *stress* terhadap laju korosi. Ada perlakuan pengadukan (awal) untuk menghomogenkan larutan asam dengan zeolit, lalu dilakukan perendaman benda kerja.
- Melakukan kalibrasi perendaman benda kerja dalam satu konsentrasi lalu dianalisis setiap setelah 24 jam selama satu minggu. Diukur kehilangan berat dan analisis perubahan konsentrasi larutan.
- Lamanya perendaman 1 hari, 7 hari, dan 14 hari.

Analisis yang akan dilakukan untuk pengukuran laju korosi adalah dengan metode kehilangan berat persatuan luas dan waktu.

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah 1) mengetahui pengaruh partikel zeolit terhadap pola laju korosi dalam lingkungan atau media asam pada konsentrasi rendah ( $H_2SO_4$ ), dan 2) mendapatkan kurva acuan terhadap logam baja dan kekuatan ketahanan korosi terhadap lingkungan asam konsentrasi rendah pada baja bahan konstruksi.

Korosi dapat diartikan sebagai kerusakan atau penurunan kualitas dari suatu bahan logam karena bereaksi dengan lingkungannya. Penurunan mutu logam pada korosi tidak hanya melibatkan reaksi kimia

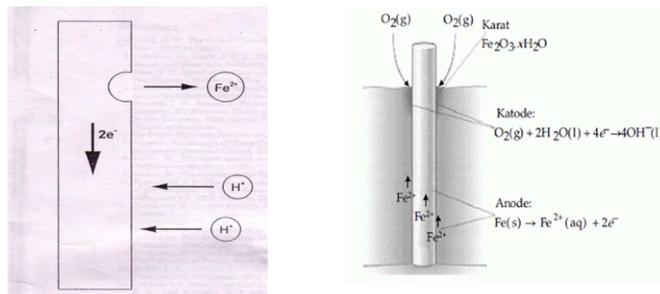
elektrokimia, yaitu antara logam yang bersangkutan terjadi perpindahan elektron [2,3]. Elektron adalah partikel yang bermuatan negatif sehingga perpindahannya memunculkan arus listrik sehingga reaksi ini dipengaruhi oleh potensial listrik. Elektron mengalir dari titik dengan potensial negatif tinggi ke titik dengan potensial negatif rendah.

Korosi, yang didefinisikan sebagai kerusakan logam oleh reaksi kimiawi ini mungkin adalah pertimbangan yang paling penting dalam pemilihan suatu bahan. Sedikit perubahan dalam komposisi kimia dari suatu

lingkungan tertentu secara signifikan dapat mengubah perilaku korosif logam tertentu [2].

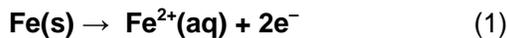
Dalam proses kimia baru, pemilihan bahan sangat bijaksana dalam menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi tes korosi dan kemudian menjalankannya pada berbagai bahan dalam rangka untuk memilih bahan yang paling cocok untuk bahan konstruksi.

Di lingkungan yang sangat korosif, setiap tahap proses pembuatan bejana tekan harus dievaluasi untuk korosi. item seperti membakar, membentuk, pengelasan, menghilangkan *stress*, dan polishing harus dipertimbangkan.



**Gambar 1.** Skema sederhana terjadinya proses korosi.

Proses korosi baja karbon yang berada di lingkungan bereaksi dengan  $H_2O$  sehingga  $H^{++}$  mengaktifkan elektron  $Fe^{++}$  Korosi secara keseluruhan merupakan proses elektrokimia. Pada korosi besi, bagian tertentu dari besi sebagai anode, di mana besi mengalami oksidasi.



Elektron yang dibebaskan dalam oksidasi akan mengalir ke bagian lain untuk mereduksi oksigen.



Ion besi(II) yang terbentuk pada anode akan teroksidasi membentuk besi(III) yang kemudian membentuk senyawa oksida terhidrasi  $Fe_2O_3 \cdot xH_2O$  yang disebut karat.

Penggunaan logam sebagai bahan konstruksi perlu diketahui ketahanan suatu logam terhadap lingkungan atau mengalami kerusakan dan tidak berfungsi lagi karena korosi, atau berapa besar laju korosi dari logam tersebut dalam lingkungan dimana bahan tersebut berada.

Untuk menentukan laju korosi ialah dengan mengukur kehilangan berat logam dalam selang waktu kontak tertentu pada kondisi lingkungan yang ditetapkan, sehingga dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$mpy = \left( \frac{534.W}{D.A.T} \right) \quad (3)$$

dengan  $W$  adalah berat yang hilang (mg),  $D$  adalah densitas ( $gram/cm^3$ ),  $A$  adalah luas penampang ( $in^2$ ),  $T$  adalah waktu (jam), dan mpy adalah mils penetration per tahun. Persamaan dengan Satuan Internasional (SI) adalah

$$mm/y = 87,6 W/(DAT) \quad (4)$$

dengan  $A$  adalah luas penampang dalam  $cm^2$ .

Umumnya korosi terjadi dalam lingkungan atmosfer yang memiliki kelembaban tinggi atau pada logam yang diletakkan di tanah. Proses korosi didasarkan pada reaksi elektrokimia yaitu larutnya logam atau adanya perpindahan elektron masuk ke lingkungan dan keluarnya gas  $H_2$  seperti persamaan berikut:

- ❖ Pada proses oksidasi elektron mengalir dari daerah anoda ke katoda, ion-ion besi bermuatan positif dan tidak stabil, reaksinya:



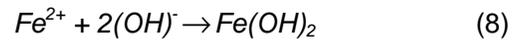
Reaksi reduksi di daerah katodik



- ❖ Terjadi disosiasi/penguraian air dalam larutan elektrolit sehingga menghasilkan ion hidroksil ( $OH^-$ ), reaksinya:

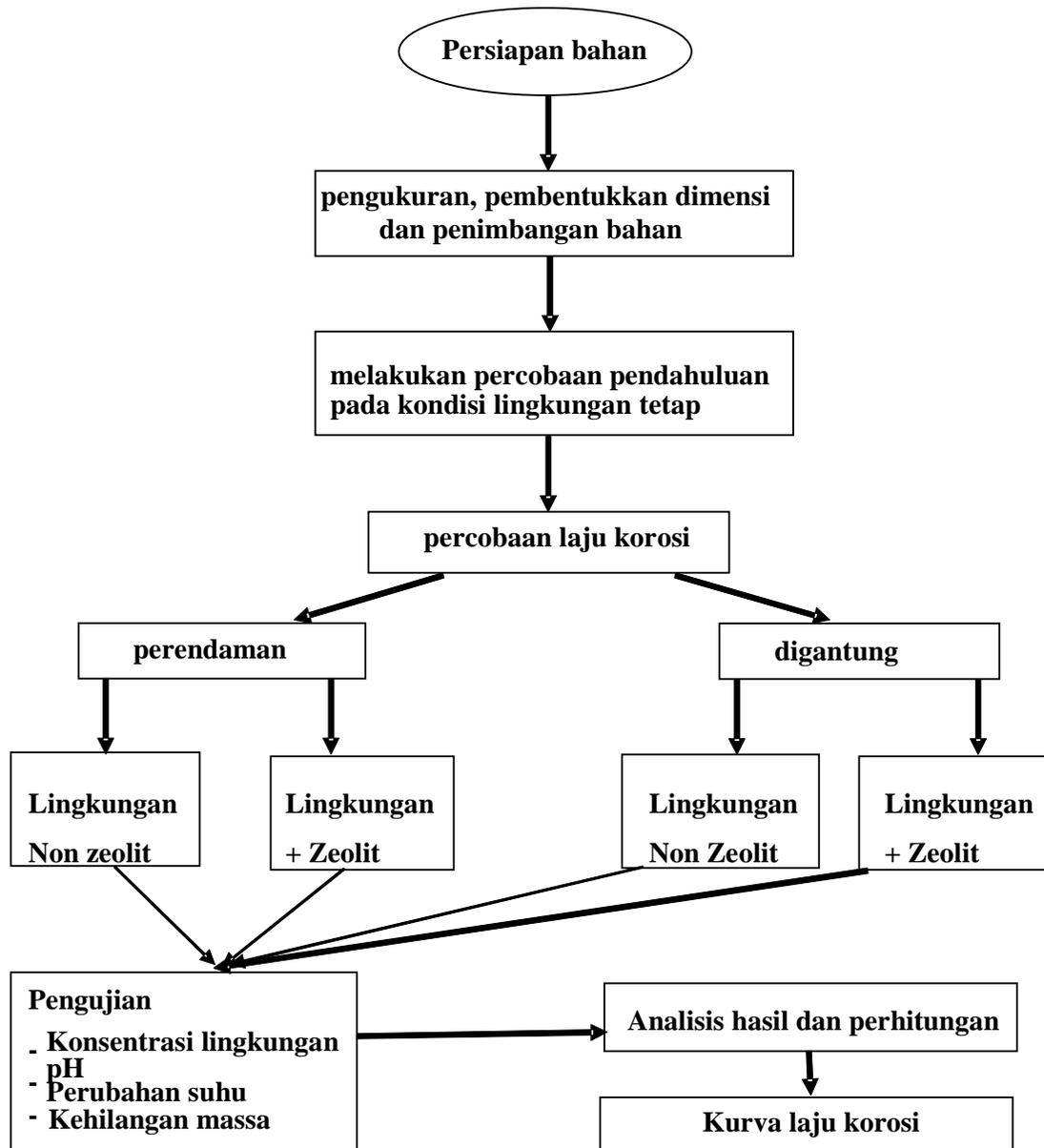


Di dalam larutan elektrolit ion besi yang berasal dari proses oksidasi logam besi bereaksi dengan ion hidroksil dari proses penguraian air menjadi fero hidroksida yang tidak larut atau disebut dengan karat (*rust*). Mekanismenya:



Proses ini akan terus berlangsung dan berulang-ulang hingga membentuk karat. Hampir semua proses korosi dapat diterangkan dengan mekanisme ini.

## Metode Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

## Hasil dan Diskusi

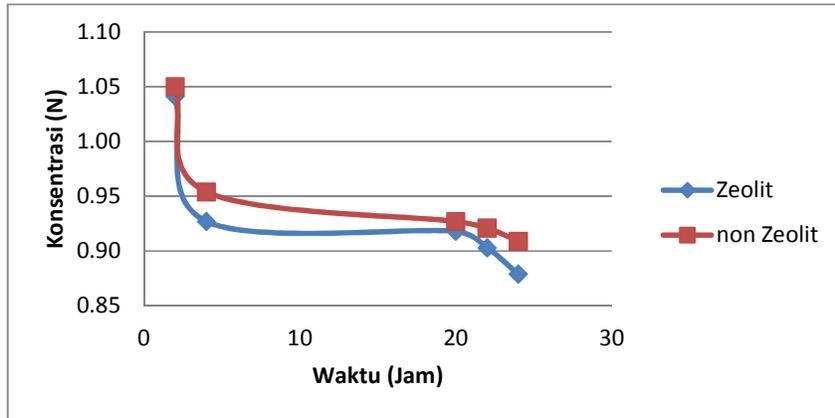
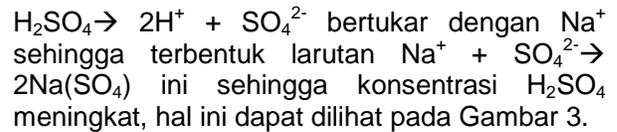
Berdasarkan data pengamatan dan hasil perhitungan laju korosi pada benda uji baja

karbon pada perendaman  $H_2SO_4$  dalam waktu 24 jam (Tabel 1), laju korosi tertinggi terjadi pada benda uji yang diberi *stress* tanpa menggunakan zeolit sebesar 0,621 mill/year.

**Tabel 1.** Laju korosi pada larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 N selama 24 jam (1 hari).

Perendaman 24 Jam	Perlakuan benda uji	Mill penetration per year
mpy (zeolit)	stress	0,540
	non stress	0,529
	digantung	0,013
mpy (non-zeolit)	stress	0,621
	non stress	0,584
	digantung	0,013

Laju korosi pada medium yang menggunakan zeolit cenderung lebih lambat, hal ini karena zeolit dapat berfungsi sebagai penyerap dan penukar kation. Didalam larutan asam terjadi pertukaran kation Na<sup>+</sup> dari zeolit dengan H<sup>+</sup>. Pertukaran ion dari asam sulfat H<sup>+</sup> yaitu dari reaksi berikut ini:



**Gambar 3.** Kurva hubungan antara konsentrasi terhadap waktu.

Gambar 3 menunjukkan perbedaan pada medium yang menggunakan zeolit dan yang tidak menggunakan zeolite, dimana penurunan konsentrasi lebih besar pada penggunaan zeolit.

Hasil percobaan laju korosi dengan waktu 1 hari, pengamatan laju korosi pada perendaman H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan waktu 7 hari terlihat bahwa harga laju korosi (mpy) yang dihasilkan semakin besar dan sama seperti sebelumnya yang memiliki nilai mpy tertinggi yaitu 0.810 mills/year benda uji yang diberi stress dan tanpa zeolit.

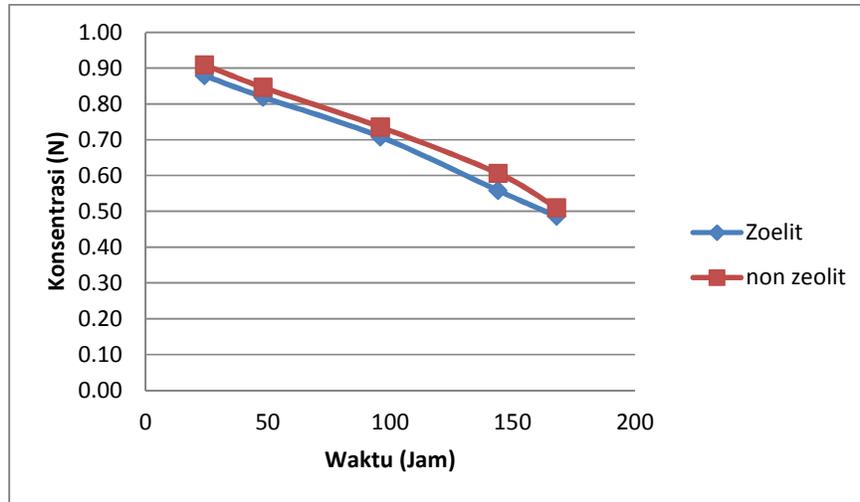
Perendaman 7 hari

**Tabel 2.** Laju korosi pada larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> konsentrasi 1 N selama 7 hari.

Perendaman 7 hari	Perlakuan benda uji	Mill penetration per year
mpy (zeolit)	Stress	0,665
	non stress	0,646
	Digantung	0,006
mpy (non-zeolit)	Stress	0,810
	non stress	0,804
	Digantung	0,007

Pada grafik waktu perendaman 7 hari ini penurunan konsentrasi dalam medium yang menggunakan zeolit cenderung lebih cepat

dibandingkan dengan tanpa menggunakan zeolit.



**Gambar 4.** Kurva hubungan antara konsentrasi terhadap waktu.

Semakin lama waktu perendaman konsentrasi medium semakin menurun. Hal ini terjadi karena ion-ion H<sup>+</sup> sebagai tingkat keasaman larutan terjepit dan/atau berikatan dengan kation yang dilepaskan oleh zeolit. Sebelumnya telah dibahas penukaran ion H<sup>+</sup> ini yang berdampak laju korosi cenderung menurun jika menggunakan zeolit.

*Perendaman 14 hari*

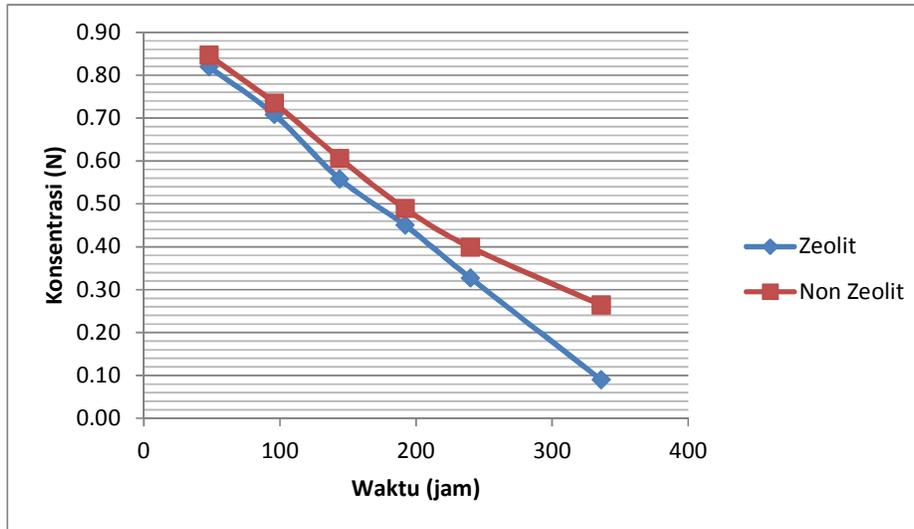
Pada pengamatan laju korosi selama 14 hari nilai mpy sudah melebihi angka 1 secara

berturut-turut dengan yang perlakuan *stress* dan tanpa ditambah zeolit nilainya lebih tinggi yaitu 1.833 mills/year. Ini menunjukkan lama waktu perendaman mempengaruhi besarnya nilai mpy yang dihasilkan.

Perbedaan grafik yang dihasilkan terlihat pada ujung garis yang mengarah ke bawah terdapat jarak penurunan konsentrasi antara yang menggunakan zeolit dengan yang tidak menggunakan zeolit.

**Tabel 3.** Laju korosi pada larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 N selama 14 hari.

Perendaman 14 hari	Perlakuan benda uji	Mills penetration per year
mpy (zeolit)	Stress	1,571
	non stress	1,491
	Digantung	0,010
mpy (non-zeolit)	Stress	1,833
	non stress	1,758
	Digantung	0,012



**Gambar 5.** Kurva hubungan antara konsentrasi terhadap waktu.

Jadi semakin lama waktu perendaman maka jarak garis penurunan konsentrasi antara yang menggunakan zeolit dengan yang tidak menggunakan zeolit semakin jauh.

2. Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Jenderal Achmad Yani.

### Kesimpulan

Hasil dari penelitian yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan antara lain:

1. Benda uji yang diberi *stress* laju korosinya lebih besar akibat perubahan struktur permukaan benda uji yang terkena dampak sebagai beban dari luar (*stress*).
2. Laju korosi baja yang diberi *stress* 1.833 mpy dan laju korosi yang tidak diberi *stress* 1,758 mpy.
3. Penambahan partikel zeolit dapat menurunkan laju korosi sebesar 15,20% pada penelitian lingkungan asam sulfat 1 Normal.

### Ucapan Terimakasih

1. Dirjen Dikti Kemendikbud RI dan Kopertis Wilayah IV Jawa Barat dan Banten yang telah mendanai penelitian ini melalui Hibah Bersaing 2014.

### Daftar Pustaka

- [1]. Husaini, Peningkatan Pendayagunaan Zeolit Alam Dan Prospeknya Di Indonesia, Puslitbang Tekmira, Balitbang Energi Dan Sumber Daya Mineral, Departemen ESDM, Bandung, 2006.
- [2]. A. Jones dan Denny, Principles and Prevention of Corrosion, Macmillan Publishing Company, New York, 1992.
- [3]. K. R. Trethewey dkk., Korosi Untuk Mahasiswa dan Rekayasawan, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1991.