

# Prediksi laju korosi dengan perubahan besar derajat deformasi plastis dan media pengkorosi pada material baja Karbon

IGA Kade Suriadi<sup>(1)</sup> dan, IK Suarsana<sup>(2)</sup>

<sup>(1),(2)</sup> Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

---

## Abstrak

Proses deformasi plastis adalah proses pembentukan logam dimana baik ukuran maupun bentuk dari logam tidak dapat kembali pada keadaan semula. Proses deformasi plastis dapat dilaksanakan dengan proses pengerjaan dingin (*cold work*), yaitu proses pembentukan logam di bawah suhu kristalisasi dari material yang dikerjakan. Jika telah mengalami proses pengerjaan dingin, logam tersebut akan mengalami perubahan sifat mekanis baik mekanis statis, dinamis maupun ketahanan korosi. Untuk mengatasi perubahan atau kerusakan sifat korosi tersebut maka perlu dilakukan pengujian laju korosi dari bahan tersebut. Pada penelitian ini digunakan variasi pada proses derajat deformasi yaitu 5%, 10%, 15% dan 20% dan selanjutnya masing-masing perlakuan dari baja AISI 3215 karbon rendah dimasukkan pada media pengkorosi yaitu air, air laut dan udara. Untuk memprediksi masing-masing pengaruh yang terjadi diamati dengan metoda analisa statistik dan analisa grafik. Hasil penelitian menunjukkan terjadi peningkatan dari media pengkorosi udara yang rendah pada deformasi 5%, nilai rata-rata laju korosi ( 0,0333 mm/th ) dan sampai derajat deformasi 20%, nilai rata-rata laju korosi (0,0627 mm/th) pada media air laut. Model regresi yang paling mendekati adalah kuadrat (polinomial) merupakan model yang terbaik untuk menyatakan hubungan laju korosi dan derajat deformasi pada material AISI 3215.

Kata kunci: Derajat deformasi, heat treatment, laju korosi

## Abstract

Plastic deformation is metal forming process that resulted in material could not return as the initial condition both in its size and form. Plastic deformation process can be achieved by cold work i.e. metal forming processes below the cristalization temperature of the material. After cold work, the mechanical properties will change in its static, dynamic mechanical properties, and corrosive resistance. The experiment on the rate of corrosion was conducted in order to investigate the corrosion properties of the material. In this experiment, the setted up of deformation degree were 5%, 10%, 15%, and 20%, respectively. The material was low carbon steel AISI 3215. After treatment, each of samples was placed in corrosion mediums i.e. water, sea water, and air. The results showed that the average of corrosion rate in sea water increased from 0.0333 mm/year for the specimen with deformation degree 5% to 0.067 mm/year for specimen with deformation degree 20%. The rate of corrosion in water and air was lower than that of sea water.

Keywords: Deformation degree, heat treatment, corrosion rate

---

## 1. Pendahuluan

Dalam kehidupan sehari-hari banyak ditemukan material yang umurnya lebih singkat dari yang ditentukan. Salah satu penyebabnya adalah interaksi logam dengan lingkungannya yang menyebabkan terjadinya perubahan mutu atau menurunnya umur material yang disebut dengan korosi. Korosi adalah perusakan logam akibat reaksi kimia atau elektrokimia dengan lingkungannya.

Korosi yang berintraksi dengan lingkungannya diantaranya adalah *Stress Corrosion* yaitu korosi yang timbul sebagai akibat bekerjanya tegangan dan media korosif. Korosi ini menyebabkan terjadinya keretakan. Tegangan yang bekerja pada material logam adalah tegangan tekan, dapat berupa tegangan sisa. Yang termasuk jenis korosi ini adalah *season cracking* pada kuningan, juga *corrosion fatigue*, yang menyebabkan turunnya *fatigue strength* karena adanya media yang korosif.

Pada baja saat ini proses pembentukan logam merupakan suatu proses yang perlu mendapat perhatian khusus. Pembentukan logam umumnya berkaitan dengan perubahan dimensi dan ukuran dari

suatu logam. Perubahan ini disebut deformasi plastis. Proses deformasi plastis adalah proses pembentukan logam dimana baik ukuran maupun bentuk dari logam tidak dapat kembali pada keadaan semula. Proses deformasi plastis dapat dilaksanakan dengan proses pengerjaan dingin (*cold work*), yaitu proses pembentukan logam dibawah suhu kristalisasi [1].

Suatu logam telah mengalami pengerjaan dingin maka logam tersebut akan mengalami perubahan sifat mekanis. Untuk mengatasi perubahan atau kerusakan sifat mekanis tersebut maka harus diberikan proses perlakuan panas, karena material yang mengalami pengerjaan dingin akan menyimpan sejumlah tegangan sisa (*internal strees*) sebagai akibat terjadinya cacat pada material (*dislokasi*).

Material seperti paku, sekrup, pipa dan lainnya adalah material yang sering kita jumpai terkorosi didalam penggunaannya. Adapun material-material ini mempunyai kandungan karbon yang rendah dimana struktur mikronya sangat lunak dan ulet namun ketahanannya rendah.

Setelah proses deformasi, maka diharapkan akan mendapatkan perubahan bentuk struktur mikro yang mempunyai ketahanan yang lebih baik terhadap

korosi pada lingkungan yang sama, sehingga dapat menaikkan umur serta efisiensi pemakaian.

Untuk mengetahui besarnya pengaruh derajat deformasi, serta media kerja dimana suatu material dioperasikan terhadap laju korosi baja atau logam, maka penulis melakukan suatu penelitian bagaimana pengaruh derajat deformasi plastis dan media kerja korosi terhadap laju korosi yang terjadi pada material baja AISI 3215.

Karena kompleksnya permasalahan yang ada maka untuk mempersempit permasalahan dibuat batasan-batasan sebagai berikut :

- a. Material yang digunakan berbentuk silindris dengan ukuran diameter 15,01 mm dan tebal 5 mm.
- b. Derajat deformasi yang diberikan yakni 0%, 5 %, 10 %, 15 % dan 20 % dilakukan melalui proses penekanan.
- c. Media pengkorosi dibatasi berupa udara, air tawar dan air laut.
- d. Perubahan laju korosi hanya dilihat dari perhitungan kehilangan berat
- e. Penelitian dilakukan di Laboratorium Logam Bukit Jimbaran.

## 2. Dasar Teori

### 2.1. Proses pengerjaan dingin (*cold wrking*)

*Cold working* adalah suatu proses pembentukan secara plastis terhadap logam atau paduan yang dilakukan di bawah temperatur rekristalisasi [1]. Proses *cold working* menghasilkan peristiwa pengerasan regangan yakni bertambahnya kekerasan sebagai akibat deformasi plastis. Namun efek dari pengerasan regangan ini akan menurunkan keuletan suatu bahan. Proses *cold working* menyebabkan berkurangnya deformasi plastis pada pengerjaan berikutnya. Ada beberapa keuntungan dan kerugian suatu logam yang mengalami proses *cold working* [2].

Keuntungannya :

- a. Toleransi dimensi dan permukaan akhir yang dihasilkan lebih baik.
- b. Merupakan suatu metode yang murah pada tingkat produksi yang besar pada bagian-bagian yang kecil.
- c. Tidak dibutuhkan pemanasan.

Kerugiannya :

- a. Keuletannya menurun.
- b. Timbul tegangan dalam/tegangan sisa
- c. Dapat menyebabkan keretakan pada pengerjaan dingin yang berlebihan.

### 2.2. Deformasi plastis pada kristal tunggal

Deformasi yang tidak dapat diperoleh kembali saat logam mengalami penarikan atau penekanan melewati batas elastisnya disebut deformasi plastis [3]. Deformasi Plastis ini disebabkan oleh pergerakan yang tetap dari atom atau molekul dari posisi semula dalam lattice, dimana pergerakan ini tidak dapat kembali pada keadaan semula. Deformasi plastis

pada kristal terjadi secara slip atau twining atau kombinasi keduanya.

### 2.3. Deformasi dengan slip

Slip merupakan mekanisme terjadinya deformasi yang paling sering dijumpai. Slip menggambarkan pergerakan yang besar pada bagian kristal yang relatif terhadap yang lain sepanjang bidang kristalografi dan dalam arah kristalografi. Slip terjadi bila sebagian dari kristal tergeser relatif terhadap bagian kristal yang lain sepanjang bidang kristalografi tertentu. Bidang tempat terjadinya slip disebut bidang slip (*Slip plane*) dan arah pergeserannya pada umumnya pada bidang slip disebut arah slip (*slip direction*).

Slip terjadi pada bidang slip dan arah slip yang paling padat atom, karena untuk menggeser atom pada posisi ini memerlukan energi paling kecil. Terjadinya slip dengan cara bergesernya garis dislokasi dapat digambarkan dengan analogi gerakan permadani atau karpet [2]. Untuk menggeser karpet yang telah digelarkan di lantai dengan menarik sekaligus tentu akan sangat berat. Akan lebih mudah, bila mula-mula dibuat lekukan pada tepi karpet (analog dengan garis dislokasi) dan mendorong tekukan tersebut hingga mencapai ujung kain dari karpet.

Bila slip terjadi diseborang butir kristal maka slip akan diteruskan kebutir berikutnya dimana arah bidang slip akan berbeda sehingga dislokasi akan tertahan pada batas butir. Untuk membuat slip berikutnya pada bidang yang sama akan memerlukan gaya yang lebih besar. Oleh karena itu maka logam yang telah mengalami deformasi akan bertambah kuat dan keras.

### 2.4. Penentuan derajat deformasi

Joseph Datsko [4] dalam bukunya yang berjudul *Material Properties and Manufacturing Process*, menjelaskan bahwa derajat dapat ditentukan melalui prosentasi perubahan luasan (*per-cent reduction of area*) dari material yang mengalami penekanan, yakni :

$$\% A_e = \frac{A_f - A_o}{A_o} \times 100\%$$

Dimana :

- $A_e$  = Prosentase pertambahan luas area
- $A_f$  = Luas area setelah penekanan
- $A_o$  = Luas area sebelum penekanan (luas awal)

Berikut ini diberikan contoh penentuan derajat deformasi 5 % ( $\%A_e$ ) diameter awal ( $D_o$ ) adalah 15,01.

$$A_e = \frac{\pi D_o^2}{4}$$

$$A_f = \frac{\pi D_f^2}{4}$$

$$\%A_e = \frac{A_f - A_o}{A_o} \times 100\%$$

$$\%A_e = \frac{\pi (D_f^2 - D_o^2)}{\frac{4}{\pi \cdot D_o^2}} \times 100\%$$

$$\%A_e = \left( \frac{D_f^2}{D_o^2} - 1 \right) \times 100\%$$

$$\%A_e = \left( \frac{D_f^2}{15,01^2} - 1 \right) \times 100\%$$

$$(0,05 + 1) \cdot 15,01^2 = D_f^2$$

$$D_f = \sqrt{(0,05 + 1) \cdot 15,01^2}$$

$$D_f = 15,40 \text{ mm}$$

Dari diameter akhir penekanan yang didapat dari perhitungan diatas ( $D_f = 15,40 \text{ mm}$ ), maka inilah yang nantinya dipakai sebagai patokan untuk menentukan derajat 5% dari proses penekanan. Jadi material awal dengan diameter 15,01 mm diletakkan pada mesin press, kemudian dibebani dengan 150 KN, ditahan selama 60 detik, lalu penekanan dihentikan, kemudian material diukur dengan jangka sorong apabila sudah mencapai diameter yang diinginkan ( $D_f = 15,40 \text{ mm}$ ). jika belum tercapai, kembali mengalami proses seperti diatas tapi dengan pembebanan yang lebih kecil dan waktu penahanan yang lebih kecil pula.

## 2.5. Korosi

Korosi adalah perusakan logam karena adanya reaksi kimia atau elektrokimia antara logam dengan lingkungannya. Adapun lingkungan yang dimaksud adalah dapat berupa larutan asam, air dan uap yang masing-masing mempunyai daya hantar listrik yang berbeda-beda. Perusakan logam yang dimaksud adalah berkurangnya nilai logam baik dari segi ekonomis, maupun teknis. Penurunan kualitas logam ini dapat saja membuat kecelakaan yang tak terduga. Disamping itu logam yang mengalami korosi dapat membuat penampilan yang tak menyenangkan, untuk mengatasi hal ini diperlukan biaya perawatan yang tidak sedikit. Hal inilah yang mengakibatkan korosai dari segi biaya sangat mahal.

Korosi adalah gejala yang timbul secara alami, sehingga bagaimana pun juga korosi ini tidak dapat dihindari, yang disebabkan oleh perubahan energi. Ketika korosi berlangsung secara alami, proses yang terjadi secara spontan sehingga disertai suatu pelepasan energi bebas. Dalam keadaan sebebas-bebasnya alam senantiasa berkepentingan untuk meminimumkan energi seperti diketahui bahwa korosi memakan kebanyakan logam dalam waktu yang cukup lama, dengan demikian kelihatannya alam sengaja meminimumkan energi logam melalui korosi.

Logam sering memiliki bermacam-macam cacat volume yang diperoleh akibat proses produksinya bahkan meskipun ketidakseragaman ini dapat dikurangi melalui pengendalian mutu yang seksama, struktur mikroskopik logam biasanya tetap tidak seragam, hal inilah yang mengakibatkan terjadinya korosi sel galvanik. Karena setiap phase mempunyai komponen dan strukturnya sendiri-sendiri. Oleh karena itu masing-masing mempunyai potensial elektroda tertentu. Akibatnya sel galvanik dapat terjadi dalam 2 phase bila logam berada dalam suatu elektrolit.

## 2.6. Pengaruh derajat deformasi terhadap Korosi

Akibat pengerjaan dingin suatu benda akan mengalami deformasi, dimana akan timbul *Stress Cell*. *Stress Cell* terjadi karena ada bagian yang mengalami tegangan yang berbeda dengan bagian yang lainnya. Bagian yang mengalami tegangan yang lebih besar akan menjadi anode dan akan terkorosi lebih hebat. Seperti contoh yaitu batang logam yang ditekek dan sebuah paku. Pada batang logam yang ditekek, korosi lebih cepat terjadi pada daerah tekukannya karena telah mengalami deformasi berupa tegangan. Sedangkan pada paku, daerah yang lebih cepat terkorosi adalah pada kepala dan ujungnya.

## 2.7. Korosi di lingkungan air

Dalam alam ini air jarang sekali ditemukan dalam keadaan murni, satu hal yang pasti air merupakan pelarut yang istimewa sehingga biasanya sedikit maupun banyak mengandung zat-zat terlarut didalamnya. Gas juga larut dalam air, apabila udara larut dalam air, oksigen yang dikandungnya akan digunakan oleh ikan, dan kehidupan lainnya untuk bernafas.

Korosi di lingkungan air terbentuk karena penggabungan besi dan oksigen dalam udara dapat terjadi karena adanya air dalam bentuk uap air. Kebanyakan logam yang diproduksi secara besar-besaran untuk keperluan rekayasa memiliki cacat volume, bahkan logam murni yang bebas dari semua cacat dari proses produksi masih dapat mengalami korosi selektif pada batas butir.

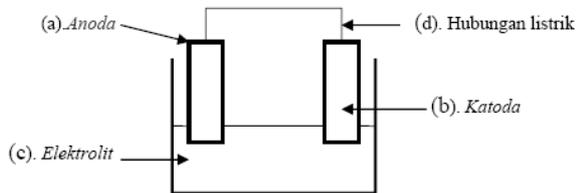
Semua reaksi korosi di lingkungan air dapat dianggap tidak berbeda dengan contoh sel korosi basah sederhana. Bahkan meskipun sel itu merupakan bagian dari permukaan logam yang sama anoda dan katoda biasanya dapat dibedakan. Dimana kita dapat menduga bahwa besilah yang akan menjadi anoda ketika diperbandingkan dengan larutan ion-ion hidrogen (besi larut dalam asam). Persamaan-persamaan untuk reaksi itu adalah :

- Ketika besi terlarut  
 $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2e$
- Ketika gas hidrogen terbentuk  
 $2\text{H}^+ + 2e \rightarrow \text{H}_2$
- Reaksi Keseluruhan  
 $\text{Fe} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2(\text{gas})$

Dengan demikian kita tahu bahwa agar korosi dapat terjadi, maka keempat komponen harus ada seperti :

1. Anoda : Biasanya terkorosi dengan melepaskan elektron-elektron dari atom-atom logam netral.
2. Katoda : Biasanya tidak mengalami korosi walaupun mungkin menderita kerusakan.
3. Elektrolit : Istilah yang diberikan kepada larutan, yang dalam hal ini harus bersifat menghantar-kan listrik. Air sangat murni biasanya dianggap bukan elektrolit.
4. Hubungan listrik : Antara anoda dan katoda harus terdapat kontak listrik agar arus dalam sel korosi dapat mengalir.

Penghilangan salah satu dari keempat komponen sel korosi basah sederhana akan menghentikan reaksi pengkorosi, ini adalah hukum pertama untuk pengendalian korosi.



**Gambar 1. Sel Korosi Basah Sederhana [5]**

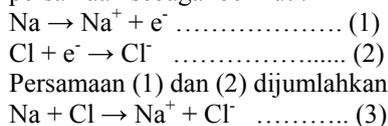
**2.8. Korosi logam dalam lingkungan laut**

Kebanyakan dari logam paduan konstruksinya terserang oleh air laut atau udara yang mengandung percikan-percikan (kabut) dari air laut. Perilaku spesifik bahkan tergantung dari kondisi lingkungan, apakah terletak di atmosfer, percikan pasang surut, laut dangkal, laut dangkal, laut dalam atau dasar laut.

Laju korosi paling cepat untuk baja lunak dalam lingkungan laut terjadi di daerah hempasan gelombang, karena disitu terdapat banyak oksigen. Disini laju korosi logam mungkin empat atau lima kali lebih cepat dibandingkan bila logam itu terendam seluruhnya ditempat yang sama. Untuk struktur baja berlapis cat yang digunakan di laut utara, biasanya ketebalannya sengaja ditingkatkan sekitar 12 mm agar dapat mencapai usia 15-20 tahun.

Natrium Klorida apabila dilarutkan kedalam air, zat ini menghasilkan suatu medium korosi yang sangat agresif, sama dengan air laut. Zat yang terbentuk bila natrium logam bereaksi dengan gas klorin telah menjadi ion-ion dan reaksi antara keduanya mengungkapkan suatu kenyataan penting tentang semua ion, yakni sesudah bermuatan listrik, ion-ion mempunyai sifat-sifat berbeda dari atom-atom asal masing-masing.

Reaksi-reakasi yang menggambarkan pembentukan garam dapur dituangkan dalam persamaan sebagai berikut :



Apabila suatu bahan ionik dilarutkan kedalam air maka ion-ionnya memisahkan diri dan menyebar secara acak diantara molekul-molekul air. Berapapun banyaknya garam yang digunakan untuk membuat larutan, banyaknya ion natrium selalu sama dengan banyaknya ion klorida. Pernyataan ini disebut elektrolitas. Jadi setiap kali ada sebuah ion positif terbentuk, sebuah ion negatif juga terbentuk.

**2.9. Korosi udara**

Faktor yang sangat penting sebagai penyebab korosi udara adalah air yang mungkin berasal dari hujan, kabut atau pengembunan akibat kelembaban relatif yang tinggi. Efek masing-masing tidak semua sama. Hujan deras bisa menguntungkan karena membasuh bahan-bahan pengotor yang menumpuk dipermukaan logam.

Kabut dan pengembunan bisa mendatangkan bahaya korosi dari udara karena membasahi seluruh permukaan termasuk yang tersembunyi. Lapisan-lapisan tipis air dari kabut dan embun tidak akan mengalir dengan bebas dan akan tetap disitu sampai menguap oleh hembusan angin atau meningkatnya temperatur. Untuk memulai serangan, selapis tipis air yang tidak kelihatan sudah lebih dari cukup. Kebanyakan logam seperti besi, baja, nikel, tembaga dan seng mengalami korosi bila kelembaban relatif lebih dari 60%. Jika kelembaban lebih dari 80% karat pada besi dan baja menjadi higroskopik (menyerap air) dan dengan demikian laju serangan meningkat lagi.

Lapisan tipis embun yang terbentuk dari kabut atau kelembaban relatif yang tinggi mudah jenuh dengan oksigen dari udara, karena itu reaksi katodik, entah pengurangan oksigen atau pembentukan hidrogen, bukan merupakan penentu laju dalam proses korosi yang ditimbulkan oleh konduktivitas elektrolit, yang bergantung pada bahan-bahan pengotor yang terlarut. Bahan pengotor itu berbeda-beda, dari karbon dioksida (membentuk larutan agak asam) di kawasan pedesaan, hingga belerang dioksida, belerang trioksida, senyawa-senyawa nitrat, hidrogen sulfida dan ion-ion exposure telah memperlihatkan bahwa laju korosi untuk baja yang hanya 5 mm pertahun di Ukpoku sebuah desa di Nigeria meningkat menjadi 90 mm pertahun di Sheffield, sebuah kawasan industri di Inggris. Di lingkungan laut terutama di pesisir laju korosi bisa lebih tinggi lagi.

Apabila kelembaban relatif tinggi, sel-sel aerasi deferensial mini dapat terbentuk dibawah debu atau partikel-partikel kasar yang menempel pada permukaan logam . Akibatnya permukaan logam akan dipenuhi dengan produk korosi yang menutupi lubang-lubang korosi. Beberapa partikel, misalnya jelaga dapat bertindak sebagai katoda-katoda aktif yang membentuk sel-sel korosi penyebab lubang-lubang dipermukaan.

### 3. Metode Penelitian

#### 3.1. Alat-alat

Dalam melakukan penelitian ini digunakan beberapa peralatan diantaranya

1. Mesin press
2. Gerinda tangan
3. Polisher
4. Etching reagent
5. Mikroskop optik
6. Jangka sorong
7. Timbangan digital
8. Label adhesip
9. Ember
10. Amplas
11. Gergaji mesin

#### 3.2. Langkah-langkah penelitian

##### Persiapan spesimen

Material percobaan dipotong sebanyak 45 buah dengan ukuran diameter 15,01 mm dan tebal 5 mm. Pemotongan ini dilakukan dengan mesin gergaji potong agar hasil potongan lebih bagus, dan menghindari permukaan diameter yang tidak rata karena akan mempengaruhi pengukuran dengan jangka sorong.

##### Penentuan derajat deformasi

Pada penelitian ini akan ditentukan derajat deformasi 0%, 5 %, 10 %, 15 % dan 20 %. Untuk proses penentuan derajat deformasi selanjutnya mengenai prosedur seperti yang telah diuraikan. Berikut ini tabel dari proses penentuan derajat deformasi :

Derajat deformasi	Diameter akhir yang diinginkan (mm)	Tekanan (kN)
0%	15,01	0
5 %	15,40	150
10 %	15,76	170
15 %	16,11	180
20 %	16,46	190

##### Proses pengkorosian

Proses pengkorosian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan jalan mencelupkan spesimen kedalam media yang berupa air tawar dan air laut yang diusahakan tidak terjadi kontak dengan udara sekitar, sedangkan untuk pengkorosian dilingkungan udara, spesimen dibiarkan diudara terbuka. Semua spesimen dibiarkan terkorosi selama 30 hari.

Adapun langkah-langkah pengkorosian adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan media korosi berupa air laut dan air tawar dalam ember sebanyak 5 liter.
2. Untuk pengkorosian oleh lingkungan udara dilakukan diruangan laboratorium.
3. Membersihkan spesimen untuk menghindari adanya kotoran yang menempel pada logam.
4. Dilakukan pengukuran berat spesimen sebelum dimasukkan kedalam media pengkorosian dengan timbangan digital.

5. Masukkan spesimen kedalam media pengkorosian. Untuk korosi oleh media udara maka spesimen dibiarkan ditempat terbuka.

6. Setelah waktu yang ditentukan selesai maka spesimen diangkat dari dalam media pengkorosian kemudian dikeringkan dan dibersihkan.

7. Pengukuran kembali berat spesimen setelah proses pengkorosian.

##### Penghitungan laju korosi

Setelah spesimen direndam dalam lingkungan air tawar dan air laut serta dibiarkan di udara terbuka maka spesimen akan mengalami perubahan berat. Dimana laju korosi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan laju korosi [2]:

$$mpy = \frac{534 W_{loss}}{DAT}$$

Dimana :

$W_{loss}$  = kehilangan berat ( mg )

$D$  = kerapatan benda uji (  $g/cm^3$  )

$A$  = luas permukaan terkorosi (  $in^2$  )

$T$  = waktu exposure ( jam )

Spesimen yang sudah mengalami derajat deformasi dan proses pengkorosian dilakukan uji *metallography*. Dimana *metallography* adalah suatu metode untuk mengamati struktur mikro suatu bahan logam dengan menggunakan mikroskop optik. Pengamatan *metallography* didasarkan pada perbedaan intensitas sinar pantul permukaan logam yang masuk kedalam mikroskop, sehingga akan terlihat gambar struktur mikro dari material yang kena perlakuan.

#### 3. 3. Rancangan penelitian

Untuk dapat mengetahui pengaruh variabel-variabel didalam suatu penelitian dapat dilakukan dengan analisa varian. Analisa varian merupakan suatu analisa metode data guna memperoleh suatu pemecahan dalam suatu penelitian sebanyak n sampel, juga dapat mengetahui bagaimana interaksi yang terjadi antar variabel yang diamati.

Dalam hal ini analisa varian yang digunakan adalah analisis variansi dimana terdapat dua variabel bebas yaitu derajat deformasi (faktor A) dan media pengkorosian (faktor B).

#### 4. Hasil dan Pembahasan

##### 4.1. Data perhitungan laju korosi dan analisa data

Dalam penelitian ini perhatikan data yaitu proses pengkorosi. Dimana berikut ini merupakan salah satu contoh perhitungan Laju korosi dan selanjutnya hasil dapat ditabelkan.

$$\text{Laju Korosi} \quad mpy = \frac{534 W_{loss}}{DAT}$$

dimana :  $W_{loss}$  = kehilangan berat ( mg )

$D$  = kerapatan benda uji (  $gram/cm^3$  )

diketahui:  $1 \text{ gram/cm}^3 = 62,428 \text{ lbm/lt}^3$  ( dalam tabel =  $492 \text{ lbm/lt}^3$  )

$$D = \frac{492}{62,492}$$

$$\begin{aligned}
 &= 7,88 \text{ gram/cm}^3 \\
 A &= \text{luas permukaan ( in )} \\
 &= 2 \times \pi \times r^2 + 2 \times \pi \times r \times t \\
 &= 2 \times 3,14 \times (0,295)^2 + 2 \times 3,14 \times \\
 &\quad 0,295 \times 0,197 \\
 &= 6,28 \times 0,087 + 6,28 \times 0,058 \\
 &= 0,546 + 0,364 \\
 &= 0,91 \text{ in}^2 \\
 T &= \text{lama waktu percobaan (jam)} \\
 &= 30 \text{ hari} \times 24 \text{ jam} \\
 &= 720 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Sehingga untuk perubahan berat specimen dengan derajat deformasi 5% pada media kerja (pengkorosi) udara diperoleh:

$$\begin{aligned}
 \text{Laju korosi} &= \frac{534 W}{DAT} \\
 &= \frac{534 \times 0,2564}{7,88 \times 0,91 \times 720} \\
 &= \frac{136,9176}{5162,976} \\
 &= 0,0256 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

**Tabel 1. Data laju korosi Baja AISI 3215 tanpa perlakuan derajat deformasi pada masing-masing media kerja (mpy)**

Derajat Deformasi	Media Pengkorosi			Total	Rata-rata
	Udara	Air Tawar	Air Laut		
Tanpa Perlakuan ( 0% )	0,0022	0,0018	0,0159		
	0,0019	0,0033	0,0170		
	0,0020	0,0070	0,0521		
<b>Jumlah</b>	0,0061	0,0070	0,0521	0,0652	
<b>Rata - rata</b>	0,0020	0,0023	0,0174		0,0072

**Tabel 2. Data laju korosi Baja AISI 3215 dengan perlakuan pada masing-masing media kerja (mpy)**

Derajat Deformasi	Media Pengkorosi			TOTAL	RATA-RATA
	Udara	Air Tawar	Air Laut		
5%	0,0265	0,0410	0,0482		
	0,0275	0,0380	0,0473		
	0,0268	0,0366	0,0503		
<b>Jumlah</b>	0,0808	0,1156	0,1458	0,3422	
<b>Rata-rata</b>	<b>0,0269</b>	<b>0,0385</b>	<b>0,0486</b>		<b>0,038</b>
10%	0,0329	0,0417	0,0522		
	0,0336	0,0418	0,0520		
	0,0333	0,0421	0,0515		
<b>Jumlah</b>	0,0998	0,1256	0,1557	0,3811	
<b>Rata-rata</b>	<b>0,0333</b>	<b>0,0419</b>	<b>0,0519</b>		<b>0,0424</b>
15%	0,0428	0,0466	0,0532		
	0,0438	0,0478	0,0538		
	0,0442	0,0492	0,0534		
<b>Jumlah</b>	0,1308	0,1436	0,1604	0,4348	
<b>Rata-rata</b>	<b>0,0436</b>	<b>0,0479</b>	<b>0,0535</b>		<b>0,0433</b>
20%	0,0482	0,0603	0,0624		
	0,0480	0,0604	0,0634		
	0,0484	0,0600	0,0624		
<b>Jumlah</b>	0,1446	0,1807	0,1882	0,5135	
<b>Rata-rata</b>	<b>0,0482</b>	<b>0,0602</b>	<b>0,0627</b>		<b>0,1712</b>
<b>TOTAL</b>	0,456	0,5655	0,6501	1,6716	
<b>RATA-RATA</b>	<b>0,038</b>	<b>0,0542</b>	<b>0,0542</b>		

**Tabel 3. Anova**

Pengaruh Variansi	Derajat Kebebasan	Jumlah Kuadrat	Rataan Kuadrat	F hitung (Fc)	F tabel (Fa)
Derajat Deformasi ( A )	3	0,0018	0,0006	0,1875	3, 01
Media Pengkorosi ( B )	2	0,0016	0,0008	0,2500	3, 40
Interaksi A x B	6	0,0778	0,0130	4, 0625	2, 51
Error ( E )	24	0,0776	0,0032		
<b>Total</b>	<b>36</b>				

Dengan melihat Tabel 2 di atas bahwa laju korosi pada media kerja air laut paling tinggi untuk seluruh derajat deformasi. Sedangkan jika kita bandingkan laju korosi bahan tanpa perlakuan dengan bahan yang dikenai perlakuan, laju korosinya cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya derajat deformasi plastis. Selanjutnya untuk dapat menganalisis data yang didapat dengan analisa faktorial maka tabel diatas dibuat dalam bentuk tabel statistik dua arah seperti pada Tabel 3.

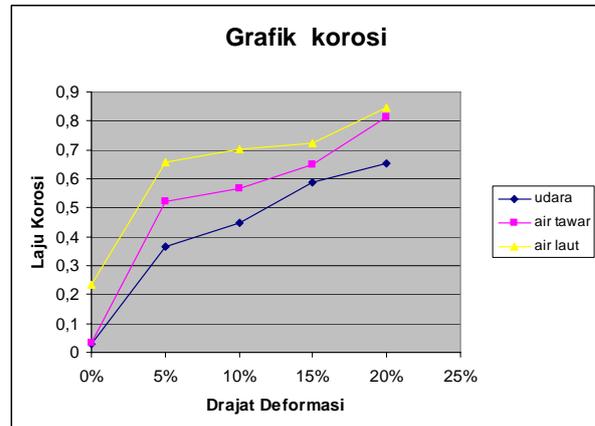
#### Pembahasan data laju korosi

- Untuk perlakuan A (dimana A adalah perubahan derajat deformasi )  
Taraf signifikan yang diambil adalah  $(\alpha) = 0,05$  maka nilai  $v_1$  (derajat kebebasan faktor A) = 3 dan  $v_2$  (derajat kebebasan error) = 24 maka nilai  $F_{tabel}$  adalah 3,01 nilai  $F_{hitung}$  (0,1927) ternyata lebih kecil dari  $F_{tabel}$  (3,01) maka hipotesa ( $H_0$ ) diterima. Kesimpulan yang dapat diambil adalah bahwa tidak terdapat pengaruh perubahan derajat deformasi terhadap laju korosi. Hal ini disebabkan karena laju korosi sangat kecil sehingga secara statistik tidak terlihat ada perbedaannya.
- Untuk perlakuan B ( B adalah media pengkorosi )  
Taraf signifikan yang diambil adalah  $(\alpha) = 0,05$  maka nilai  $v_1 = 2$  dan  $v_2 = 24$  maka nilai  $F_{tabel}$  adalah 3,40 nilai  $F_{hitung}$  (0,2487) ternyata lebih kecil dari  $F_{tabel}$  (3,40) maka hipotesa ( $H_0$ ) diterima. Kesimpulan yang dapat diambil adalah bahwa tidak terdapat pengaruh media pengkorosian terhadap laju korosi. Hal ini disebabkan karena laju korosi sangat kecil sehingga secara statistik tidak terlihat dengan adanya perbedaan media pengkorosi yaitu air, air laut dan udara.
- Untuk perlakuan interaksi A dan B (A adalah derajat deformasi, B adalah media pengkorosi )  
Taraf signifikan yang diambil adalah  $(\alpha) = 0,05$  maka nilai  $v_1 = 6$  dan  $v_2 = 24$  maka nilai  $F_{tabel}$  adalah 2,51 nilai  $F_{hitung}$  (4,088) ternyata lebih besar dari  $F_{tabel}$  (2,51) maka hipotesa ( $H_0$ ) ditolak. Kesimpulan yang dapat diambil adalah bahwa terdapat pengaruh antara derajat deformasi dan media pengkorosi terhadap laju korosi. Intraksi antara perubahan derajat

deformasi dengan media kerja pengkorosi akan memberikan efek korosi yang berbeda, hal ini disebabkan karena dengan derajat deformasi yang berbeda pada media pengkorosi yang sama akan memberikan efek laju korosi yang berbeda dan begitu pula dengan media pengkorosi yang sama pada derajat deformasi yang berbeda juga memberikan pengaruh pada laju korosi.

#### Grafik laju korosi

Data rata-rata yang telah dikumpulkan dibuat dalam grafik hubungan anantara derajat deformasi dan media pengkorosi terhadap laju korosi yang terjadi pada baja AISI 3215. Grafik pada Gambar 2 menunjukkan pengaruh derajat defoermasi yang semakin meningkat memberikan efek korosi yang semakin cepat atau laju korosi meningkat, sedangkan kemampuan media pengkorosi yang memberikan efek terhadap laju korosi adalah media air laut , media air tawar dan yang paling lambat diantara media tersebut adalah udara.



**Gambar 2. Grafik hubungan derajat deformasi dan media pengkorosi terhadap laju korosi baja karbon AISI 3215**

#### 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil data penelitian maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Laju korosi semakin meningkat seiring dengan semakin meningkatnya derajat deformasi, terlihat bahwa dari tanpa perubahan plastis dari material sampai terjadi deformasi 20% dengan

rata-rata laju korosi (0,0627 mm/th) pada media air laut.

2. Dari perbedaan media pengkorosi maka terlihat bahwa media udara memberikan laju korosi lebih rendah dari media air tawar dan begitu pula dengan media air laut.
3. Dari hasil perhitungan statistik menunjukkan bahwa temperatur pemanasan dan media pengkorosi memiliki interaksi yang nyata terhadap laju korosi AISI 3215. Laju korosi yang tertinggi yaitu rata-rata 0,0627 mm/thn pada media air laut dan laju korosi yang terendah pada hasil penelitian adalah 0,0333 mm/thn pada media udara.

[10] Avner, 1974, *Introduction to Physical Metallurgy*, second edition, International Student edition, Mc Graw-Hill Book co, Singapore.

#### Daftar Pustaka

- [1] Van Vlack, Lawrence H., 1991, *Ilmu dan Teknologi Bahan (Ilmu Logam dan Bukan Logam)*, alih bahasa Ir. Sriati Japrie M.E.E .Met, Penerbit Erlangga Jakarta.
- [2] Donald R. Askeland, 1984, *The Science And Engineering Of Materials*.
- [3] Zbigniew D. J., 1987, *The Nature and Properties of Engineering Materials*, third edition, New York.
- [4] Joseph Datsko, 1996, *Material Properties and Manufakturung Process*, second edition, New York.
- [5] Trethewey Kenneth. R. E BSc. Ph. D., Chem. MRSC, MICorr. ST, 1991, *Korosi Untuk mahasiswa Sains dan Rekayasa*, Penerbit PT Gramedia Pustaka Umum, Jakarta.
- [6] Fontana Mars. G., 1978, *Corrosion Engineering*, Second edition, McGraw Hill International Book Company.
- [7] Herbert.H.Uhlig, 1971, *Corrosion and Corrosion Control*, Second edition, Massachusetts Institute of Technology.
- [8] Keenen, Kleinfelter, Wood, 1992, *Ilmu Kimia Untuk Universitas*, Alih bahasa A. Hadyana Pudjaatmaka Ph. D., Edisi keenam, Jilid 2, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [9] Dieter, George E., 1992, *Matalurgi Mekanik*, Edisi ketiga, alih bahasa. Ir. Sriati Japrie M.E.E.Met, Penerbit Erlangga Jakarta.