BAB II

DASAR TEORI

2.1. Plasma

Plasma didefinisikan sebagai gas yang terionisasi dalam keadaan kuasinetral dari partikel yang bermuatan dan partikel netral yang menunjukkan fenomena kolektif. Keadaan kuasinetral adalah keadaan gas terionisasi dimana rapat ion hampir sama dengan rapat elektron, sehingga dapat dikatakan $n_i \cong n_e \cong n$, dengan n menyatakan kerapatan secara umum yang disebut dengan rapat plasma. Keadaan seperti ini dikatakan netral tetapi tidak terlalu netral. Fenomena kolektif adalah suatu kondisi yang komplek dengan proses-proses atomis seperti ionisasi, eksitasi serta kombinasi, terjadinya dalam waktu yang hampir bersamaan.

Ada beberapa cara untuk membuat suatu kondisi gas agar berada dalam keadaan plasma, yaitu dengan teknik :

1. lucutan pijar *(glow discharge)*
2. osilator radio frekuensi
3. pemanasan laser

Dalam penelitian ini teknik yang digunakan untuk membuat kondisi gas berada dalam keadaan plasma adalah teknik lucutan pijar dengan menggunakan sumber tegangan tinggi DC.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Plasma yang digunakan untuk pendeposisian lapisan tipis termasuk dalam katagori lucutan pijar yang berada pada tekanan rendah berkisar antara 10^{-3} - 10 torr. Lucutan pijar adalah lucutan bermuatan listrik gas yang bertekanan rendah disertai dengan adanya nyala pijar serta memiliki sifat-sifat yang khas seperti potensial ruang disekitar katoda (daerah nyala negatif) menjadi lebih tinggi dari potensial ionisasi gasnya.

Plasma lucutan pijar DC terbentuk karena adanya beda potensial antara anoda dan katoda sehingga menimbulkan arus. Arus tersebut kemudian akan mengionisasi gas dalam tabung reaktor, sehingga menghasilkan ion-ion yang bermuatan positif dan negatif. Dalam lucutan pijar, kecepatan elektron sedemikian besar dan interaksi yang terjadi begitu cepat. Akibatnya pasangan elektron bebas dan ion bebas mampu membangkitkan pembawa muatan seketika secara bergantian dan terus menerus dengan seimbang. Keadaan lucutan yang seimbang ini disebut *Glow Discharge* (Ohring, 1992).

Ion-ion positif yang dihasilkan dari proses ionisasi akan bergerak menuju katoda. Dalam pergerakkanya menuju katoda, ion-ion positif tersebut akan dipercepat oleh medan listrik karena adanya beda tegangan antara dua elektroda. Tumbukan ion positif dengan katoda terjadi dengan energi tinggi dan diikuti tumbukkan berikutnya secara terus menerus. Proses tumbukan ini merupakan proses sputtering dan merupakan peristiwa penting yang mengawali proses pembentukkan lapisan tipis pada permukaan bahan (Wasa dan Hayakawa, 1992).

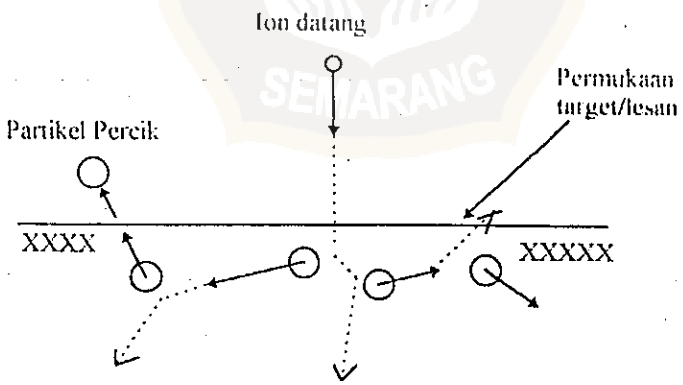
This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

2.2. Sputtering

Teknik sputtering adalah teknik yang memanfaatkan tenaga atom yang tinggi untuk melepaskan atom-atom target yang akan terdeposisi pada substrat, metode ini pertama kali diperkenalkan oleh R. W. Grove pada tahun 1852.

Jika bahan padat (target) dijadikan sasaran penembakan partikel berenergi tinggi, maka atom-atom permukaan bahan memperoleh energi yang cukup untuk melepaskan diri dari permukaannya dan proses seperti ini disebut Sputtering.

Atom-atom yang terhambur dari permukaan akibat sputtering ini dapat digunakan untuk pendeposisian lapisan tipis pada substrat. Deposisi dengan teknik sputtering pada penelitian ini menggunakan plasma argon sebagai pembangkit ion berenergi tinggi untuk menumbuk target karbon sampai atom-atomnya terlepas.



Gambar 2.1. Proses tumbukan ion dan partikel target
(Wasa dan Hayakawa, 1992)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Proses sputtering terjadinya diawali oleh adanya tumbukan ion argon dengan atom-atom permukaan target dan diikuti tumbukan ke dua, ke tiga dan seterusnya diantara atom-atom yang berada pada permukaan target, sehingga terjadi perpindahan atom-atom dan akan ada suatu tumbukan yang berhasil mengeluarkan atom permukaan target. Gambar 2.1 menunjukkan tumbukan pada proses sputtering. Atom yang lepas dari permukaan target akan menjadi ion percikdan mempunyai tenaga kinetik yang besar sehingga dapat menumbuk substrat besi dan terdeposisi.

Tumbukan ion argon dengan target karbon dapat dipandang sebagai tumbukan antara atom datang dengan atom permukaan. Hal ini disebabkan pada dasarnya ukuran ion sama dengan ukuran atom. Lepasnya atom-atom target dari permukaan disebabkan oleh adanya perpindahan energi dari atom penumbuk ke atom permukaan. Energi yang dipindahkan pada tumbukan dirumuskan (Konuma, 1992) :

$$E_t = \frac{4M_1M_2}{(M_1 + M_2)^2} E_i \qquad (2.1)$$

dengan E_i adalah energi partikel penumbuk (joule), M_1 adalah massa partikel penumbuk (kg), M_2 adalah massa atom target (kg), E_t adalah energi yang diterima partikel bermassa M_2 (joule).

Proses tumbukan ion argon dengan karbon menyebabkan partikel karbon terpercik (terlepas). Atom yang terlepas tersebut akan menuju permukaan substrat dan terdeposisi ke permukaan substrat besi. Kecepatan pengikisan atom-atom

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

target (U) sebanding dengan rapat arus ion (J) pada permukaan target, dan ditulis dengan persamaan (Konuma,1992):

$$U = 62{,}3 \frac{S\ J\ M}{\rho} \tag{2.2}$$

dengan U adalah kecepatan pengikisan atom-atom target (m/detik), J adalah rapat arus ion (A/m^2), ρ adalah rapat jenis target (kg/m^3), M adalah massa atom target dan S adalah *yield sputtering*. Laju deposisi (G) pada bahan substrat dirumuskan dengan (Konuma, 1992):

$$G = F\ U \tag{2.3}$$

dengan G adalah laju deposisi, F adalah konstanta yang ditentukan oleh susunan konfigurasi geometris bahan target dan substrat serta efek hamburan dari atom-atom target oleh partikel gas dalam plasma.

Hasil sputter (*yield sputter*) diartikan sebagai jumlah atom yang terpental dari target setiap ion yang datang menumbuknya. Faktor-faktor penting yang mempengaruhi hasil sputter adalah struktur permukaan, massa ion penumbuk, dan energi ion penumbuk.

Kelebihan dari pendeposisian lapisan tipis dengan metode sputtering adalah mudah menghasilkan lapisan tipis dari bahan yang mempunyai titik leleh tinggi, bahan target sputtering memiliki keawetan atau ketahanan fisik yang baik sehingga lebih efisien dan ketebalan lapisan tipis yang dihasilkan dapat dikontrol dengan waktu pendeposisian pada saat pembuatannya.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

2.2.1. Proses Pembentukan Lapisan Tipis

Proses deposisi dengan teknik sputtering ini menggunakan plasma argon. Untuk menumbuk target karbon (*graphite*) sampai atom-atomnya terlepas digunakan tegangan tinggi DC, maka plasma argon dipercepat sehingga menumbuk karbon hingga atom-atom karbon memperoleh energi cukup untuk lepas.

Proses tumbukan partikel-partikel gas argon dengan permukaan atom target karbon dalam lucutan pijar dengan menggunakan tegangan tinggi DC ini disebabkan adanya beda tegangan antara anoda dan katoda. Adanya beda tegangan ini menyebabkan ion-ion bergerak bebas menuju katoda.

Ion-ion positif yang terjadi akibat ionisasi akan dipercepat oleh medan listrik menuju katoda dan menumbuk dengan energi yang sangat tinggi dengan diikuti tumbukan berikutnya secara terus-menerus. Proses tumbukan ini merupakan peristiwa penting yang mengawali proses pembentukan lapisan tipis dalam permukaan bahan (Wasa dan Hayakawa, 1992).

Dalam proses deposisi, bahan target ditembak dengan partikel-partikel berat yang bergerak cepat dalam suatu sistem vakum sehingga atom-atomnya terlepas dan memancar keberbagai arah yang sebagian bergerak menuju substrat.

Atom yang terlepas dengan energi yang cukup tinggi tersebut selanjutnya menumbuk permukaan substrat dan menekan atom-atom permukaan menuju tempat interstisi pada kisi kristal. Atom-atom yang terlepas tersebut akan bergerak

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

masuk ke dalam substrat untuk menempati posisi interstisi atau mengisi kekosongan pada batas butir.

Setelah terbentuk lapisan tipis pada permukaan substrat, atom-atom bahan pelapis (karbon) yang datang berikutnya pada substrat akan menumbuk atom-atom bahan pelapis yang lebih dulu terdeposisi pada permukaan substrat. Dalam kondisi ini, difusi atom-atom dalam lapisan tipis akan membentuk struktur akhir permukaan lapisan tipis yang halus.

2.3. Bahan Logam dan Sifat-Sifatnya

2.3.1. Ketidaksempurnaan dalam Kristal

Kemampuan atom logam untuk saling mengikat membentuk kristal yang ukurannya tak terbatas diperoleh dengan melihat ikatan logam sebagai ikatan kovalen yang tidak jenuh. Akibat ikatan logam tidak jenuh ini, elektron valensi mampu bergerak bebas dari suatu atom ke atom lain. Elektron-elektron terluar logam bergerak bebas diseluruh bahan, karena itu logam dapat dibayangkan sebagai susunan ion bermuatan positif yang dikelilingi awan elektron. Ikatan didalamnya terutama disebabkan oleh tarik menarik antara ion positif dan elektron bebas.

Salah satu akibat yang paling penting dalam ikatan ini adalah bahwa gaya ikat tidak mengikuti arah tertentu dan karena itu ion-ion akan mengelompok membentuk geometri yang paling sederhana. Kristal ideal adalah kristal yang

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

setiap atomnya memiliki tempat kesetimbangan tertentu pada kisi yang teratur. Namun dalam kenyataannya kristal tidak pernah sempurna.

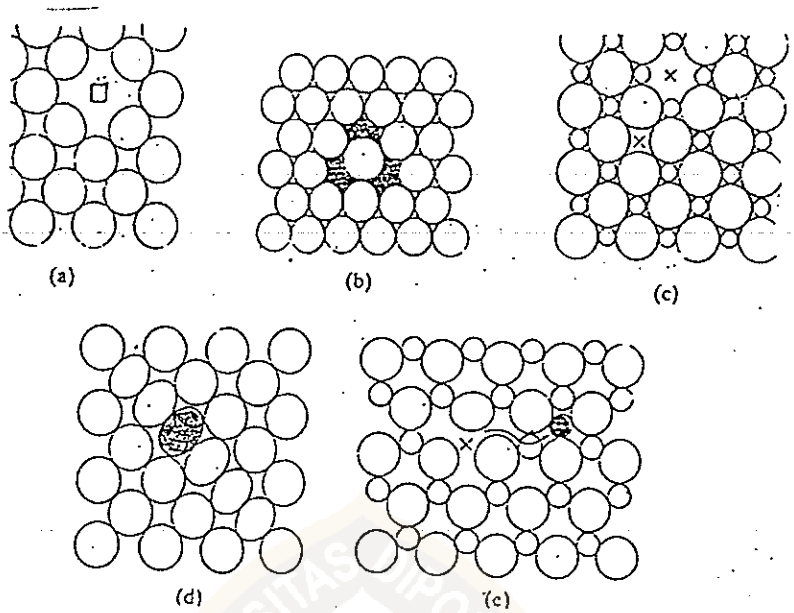
Salah satu penyebab cacat kristal adalah karena atom-atom tidak pernah diam melainkan bergetar di sekitar kedudukan setimbangnya dalam kisi, dengan frekuensi yang ditentukan oleh gaya antar atom dan dengan amplitudo yang tergantung pada temperatur kristal.

Penyebab lain adalah kehadiran atom-atom asing yang karena adanya perbedaan jari-jari atomnya akan menyebabkan distorsi-distorsi lokal pada kisi pelarut bersangkutan. Cacat kristal meliputi cacat titik, cacat garis dan cacat volume.

a. Cacat titik.

Cacat titik terjadi bila penyimpangan susunan periodik kisi terbatas sampai di sekitar beberapa atom, akibatnya terjadi kemungkinan kekosongan, sisipan dan perpindahan. Gambar 2.2 menunjukkan cacat titik yang terjadi dalam sebuah kristal. Kekosongan adalah hilangnya sebuah atom dari kristal yang disebabkan penumpukan yang salah sewaktu kristalisasi atau terjadi pada suhu tinggi sehingga meningkatkan energi thermal, maka atom-atom dapat melompat meninggalkan tempatnya. Sisipan terjadi bila suatu atom tambahan dapat berada dalam struktur kristal. Perpindahan terjadi jika ada pemindahan ion dari kisi ke tempat sisipan.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

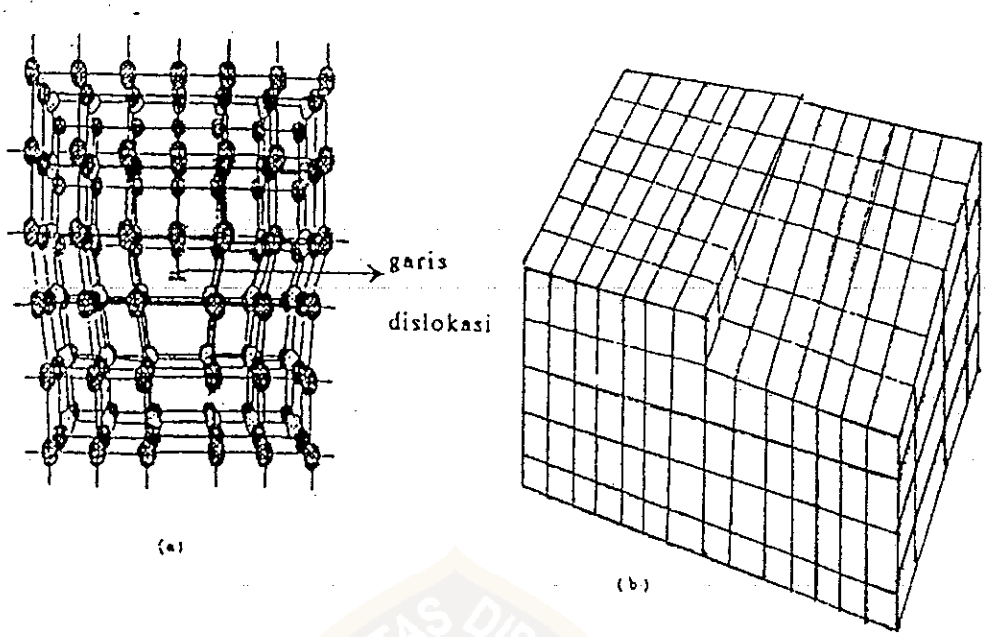


Gambar 2.2.Cacat titik dalam sebuah kristal : (a) kekosongan, (b) kekosongan ganda,(c) kekosongan pasangan ion, (d) sisipan (interstisi), (e) perpindahan (Vlack,1995)

b. Cacat garis.

Cacat garis yang paling penting adalah dislokasi. Dislokasi adalah sejenis cacat kristal dimana sebaris atom tidak berada pada kedudukan yang seharusnya. Bentuk dasar dislokasi ada dua yaitu dislokasi sisi (gambar 2.3a) dan dislokasi ulir (gambar 2.3b). Dislokasi sisi yaitu adanya sisipan satu bidang atom tambahan dalam struktur kristal. Dislokasi ulir adalah sebagai suatu irisan yang dibuat pada kristal sempurna sampai tengah-tengah, kemudian satu bagian dari potongan itu digeser relatif terhadap yang lain.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

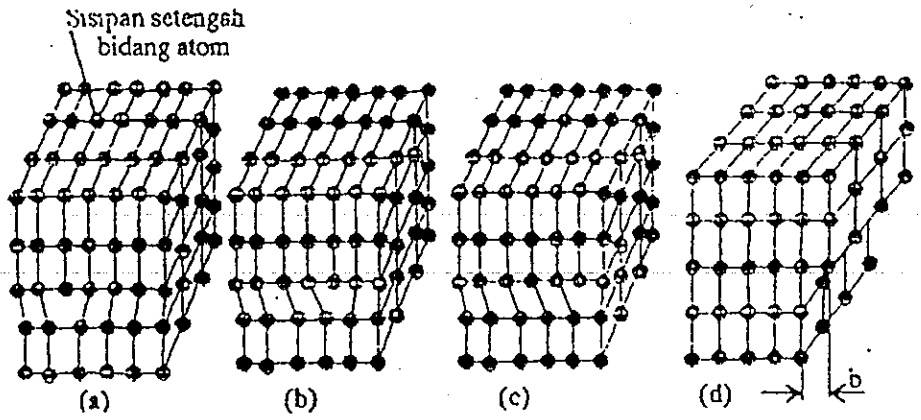


Gambar 2.3. Dislokasi pada kristal : (a) dislokasi sisi, (b) dislokasi ulir (Vlack, 1995)

Kedua jenis dislokasi terjadi karena adanya penyimpangan bagian-bagian yang berdekatan pada kristal yang tumbuh sehingga ada suatu deretan atom tambahan ataupun deretan yang kurang.

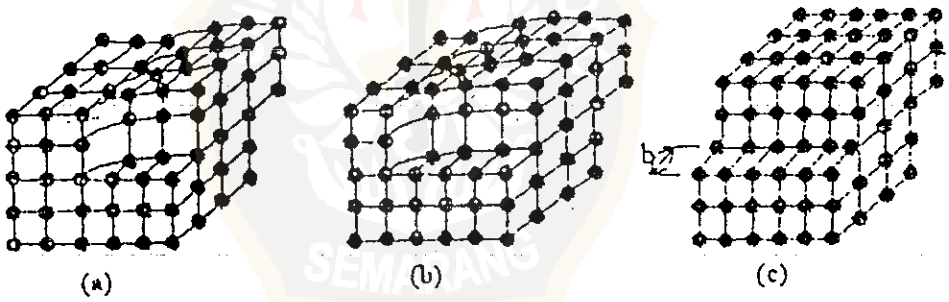
Pergerakan dislokasi dapat mengakibatkan slip. Mekanisme slip memerlukan pertumbuhan dan pergerakan garis dislokasi. Pergerakan dislokasi sisi dapat terlihat pada gambat 2.4. Setengah bidang bergerak kekanan sehingga menghasilkan tangga slip pada permukaan kristal.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 2.4. Slip akibat pergerakan dislokasi sisi (Smallman, 1991)

Untuk pergerakan slip akibat dilokasi ulir dapat terlihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5. Slip akibat pergerakan dislokasi ulir (Smallman, 1991)

Dislokasi yang terjadi pada kristal biasanya kombinasi dari kedua jenis dislokasi. Dislokasi dapat digunakan sebagai landasan untuk menerangkan sifat deformasi plastis pada zat padat. Jika tegangan yang diterapkan melebihi batas elastisitasnya, bahan itu tidak lagi kembali ke bentuk semula sehingga terjadi deformasi permanen.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Deformasi yang berkesinambungan dari zat padat menambah kandungan dislokasinya. Jumlah dislokasi yang menjadi besar akan saling berkaitan dan saling menghambat gerakan masing-masing, sehingga menambah plastisitas bahan tersebut. Cara lain untuk mengurangi slip pada logam ialah dengan memasukkan atom asing dengan sengaja untuk menghalangi gerakan dislokasi. Penambahan unsur seperti karbon, kromium dan tungsten pada besi dapat mengubah menjadi baja yang lebih kuat dengan mereduksi slip (Beiser, 1992).

c. Cacat volume.

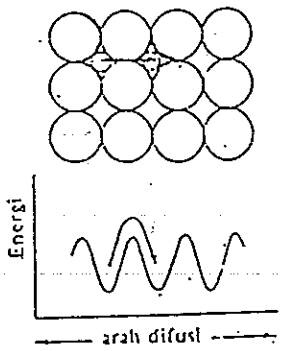
Cacat volume ini meliputi retakan dan rongga. Retakan mikro merupakan diskontinuitas yang terletak di dalam bidang dengan ukuran mulai beberapa puluh atom hingga retak yang dapat dilihat dibawah mikroskop.

Pada logam pengaruh gaya luar diimbangi oleh pergerakan dislokasi dekat ujung retak. Biasanya dislokasi ini bergerak dan menghasilkan deformasi plastis yang mengurangi renggangan pada ujung retak sehingga retak tidak merambat. Akan tetapi jika dislokasi berhenti, retak merambat dan terjadilah patahan.

2.3.2.Difusi Atom

Difusi didefinisikan sebagai pergerakan atom atau molekul dalam bahan. Dalam temperatur tinggi peran difusi sangat penting. Energi yang diperlukan sebuah atom untuk berpindah tempat disebut energi aktivasi. Gambar 2.6 menunjukkan hubungan energi aktivasi dengan arah difusi.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 2.6. Pergerakan atom dalam mekanisme difusi (Vlack,1995)

Mekanisme difusi dapat terjadi secara interstisi dan kekosongan. Difusi interstisi terjadi bila atom tidak memiliki ukuran yang sama. Difusi kekosongan terjadi bila semua atom memiliki ukuran yang sama. Jika terdapat kekosongan maka kekosongan tersebut akan diisi oleh atom terdekat. Mekanisme difusi dapat dilihat pada gambar 2.7. Koefisien difusi dapat ditentukan dengan menggunakan persaman :

$$D = D_o \exp(-(E_f + E_m)/kT)$$

$$D = D_o \exp(-E/kT) \qquad (2.4)$$

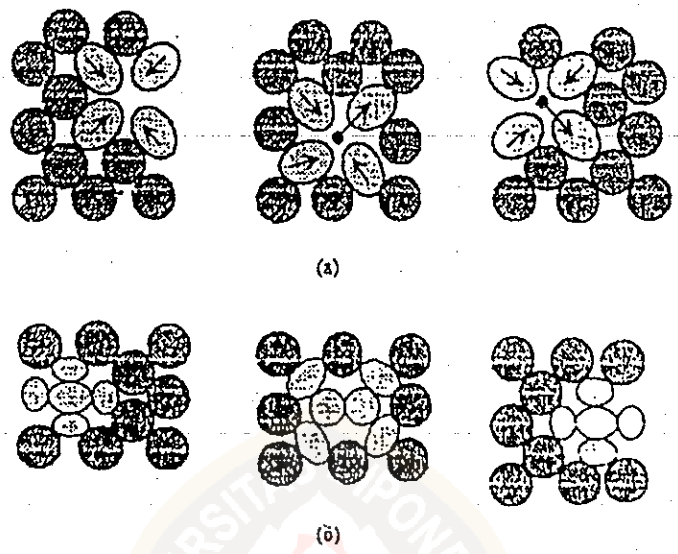
dengan D_o adalah konstanta difusi yang nilainya tidak tergantung suhu (m^2/ s), E_f adalah energi pembentuk kekosongan (eV), E_m adalah energi migrasi (eV), E adalah energi aktivasi (eV), k adalah konstanta Boltzmann = 1,38 x 10^{-23} J/K dan T adalah suhu (K).

Kedalaman difusi dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan :

$$X = \sqrt{D\,t} \qquad (2.5)$$

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

dengan X adalah kedalaman penyisipan atom-atom dopan (cm), D adalah koefisien difusi (cm^2/s) dan t adalah waktu difusi (s).



Gambar 2.7. Mekanisme difusi : (a) dengan kekosongan,(b) dengan interstiti (Vlack,1995)

Proses difusi dapat lebih cepat bila suhu tinggi, atom yang terdifusi kecil, faktor tumpukan struktur induk rendah, ikatan struktur induk lemah, dan terdapat cacat-cacat kristal dalam bahan (Vlack, 1995).

2.4. Kekerasan

Kekerasan diartikan sebagai ketahanan suatu bahan terhadap deformasi, pada logam sifat tersebut merupakan ukuran ketahanannya terhadap deformasi plastik. Jika suatu bahan mempunyai ketahanan terhadap deformasi yang kuat maka bahan tersebut mempunyai kekerasan yang tinggi. Sebaliknya jika

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

ketahanan terhadap deformasinya lemah maka bahan tersebut mempunyai kekerasan yang rendah. Uji kekerasan lekukan dapat dengan menggunakan :

1. Uji kekerasan Brinell.

   Uji kekerasan Brinell yaitu berupa pembentukan lekukan pada permukaan logam dengan bola baja yang diameternya 10 mm dan diberi beban 3000 kg, untuk logam lunak beban hanya mencapai 500 kg.

2. Uji kekerasan Vickers

   Uji ini menggunakan penumbuk piramid intan dengan dasar berbentuk bujur sangkar dan panjang diagonalnya berbanding 1:1. Angka kekerasan Vickers ditentukan dengan menggunakan :

$$\text{VHN} = 1{,}854\ \frac{P}{L^2} \qquad (2.6)$$

   dengan P adalah berat beban yang diterapkan (gf), L adalah panjang diagonal rata- rata (μm).

3. Uji kekerasan Knoop

   Dengan menggunakan intan kasar yang berbentuk piramid sedemikian hingga dihasilkan bentuk lekukan piramid intan dengan perbandingan diagonal panjang dan pendek 7 : 1.

   Angka kekerasan Knoop :

$$\text{KHN} = \frac{P}{A_p} = \frac{P}{L^2 C}$$

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

$$= 14{,}229 \ \frac{P}{L^2C} \qquad (2.7)$$

dengan P adalah berat beban yang diterapkan (gf), A_p adalah luas proyeksi permukaan (μm^2), L adalah panjang diagonal yang lebih panjang (μm), C adalah konstanta untuk setiap penumbuk. Indentor yang digunakan mempunyai sudut $172^0 30'$ dan 130^0.

Uji kekerasan Knoop ini cocok untuk mengukur kekerasan lapisan tipis karena tebal lapisan tipis hanya beberapa mikrometer. Ujung piramid intan Vickers lebih runcing dibanding Knoop sehingga dengan beban penumbuk yang sama ujung piramid Vickers lebih mudah menembus permukaan lapisan tipis dan ada kemungkinan bahan dasar ikut terdeformasi. Kedalaman lekukan Knoop kira-kira 15% dari kedalaman lekukan Vickers.

2.5. Korosi

Korosi merupakan perubahan sifat logam karena adanya reaksi elektrokimia. Korosi adalah penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya (Tretwey dan Chamberlin,1991). Korosi logam adalah peristiwa hilangnya elektron-elektron logam karena bereaksi dengan lingkungan dan membentuk hasil oksida. Jika suatu logam berada dalam lingkungan air dan lembab yang banyak mengandung oksida maka pada logam akan terjadi korosi. Daerah logam yang mengalami reaksi oksidasi terjadi pada anoda sedangkan reaksi reduksi terjadi pada katoda. Secara umum formula reaksi korosi dapat ditulis :

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Anoda : $M \longrightarrow M^{n+} + ne$

Katoda : $M^{n+} + ne^- \longrightarrow M$ (pelapisan elektron)

$2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$ (generasi hidrogen)

$2H_2O + 2e^- \longrightarrow H_2 + 2(OH)^-$ (dekomposisi air)

$O_2 + 2H_2O + 4e^- \longrightarrow 4(OH)^-$ (pembentukan hidroksil)

$O_2 + 4H^+ + 4e^- \longrightarrow 2H_2O$ (pembentukan air)

Untuk bahan logam besi maka proses korosinya sebagai berikut :

Pada Anoda :

$Fe \longrightarrow Fe^{2+} + 2e^-$

Reaksi diatas terjadi dengan langkah-langkah sebagai berikut (Trethewey dan Chamberlain, 1991) :

$Fe + H_2O \longrightarrow Fe(H_2O)_{ads}$

$Fe(H_2O)_{ads} \longrightarrow Fe(OH^-)_{ads} + H^+$

$Fe(OH^-)_{ads} \longrightarrow Fe(OH)_{ads} + e^-$

$Fe(OH)_{ads} \longrightarrow Fe(OH)^+ + e^-$

$Fe(OH)^+ + H^+ \longrightarrow Fe^{2+} + H_2O$

Ads adalah kependekan dari adsorbed dan menunjukkan bahwa reaksi berlangsung dalam fase padat diantara muka padat/cair.

Pada Katoda :

Jika lingkungan netral atau basa

$2H_2O + O_2 + 4e^- \longrightarrow 4OH^-$

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Jika lingkungan asam

$$2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$$

$$4H^+ + O_2 + 4e^- \longrightarrow 2\,H_2O$$

Ion hidroksida yang terbentuk akan bereaksi dengan ion Fe.

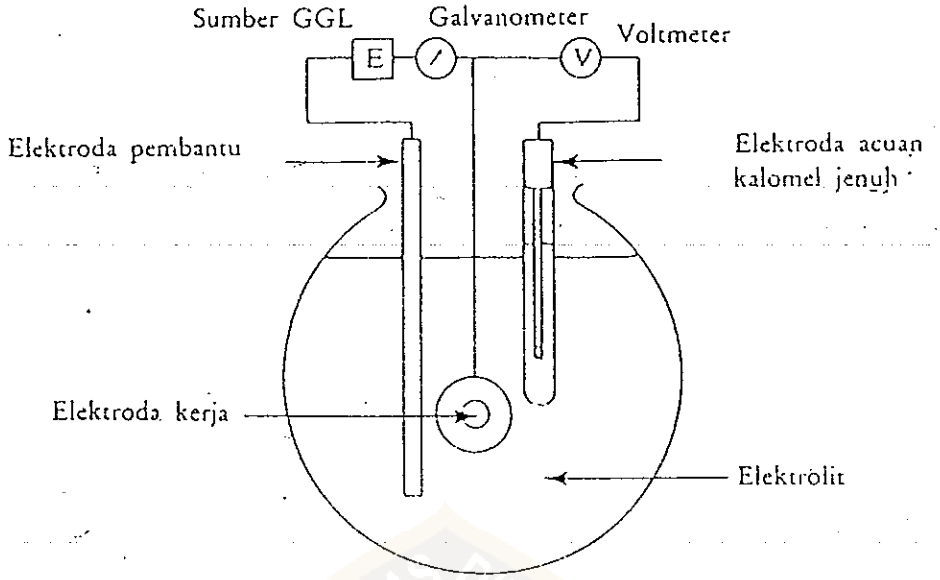
$$2Fe^{2+} + 8OH^- + O_2 + 2H_2O \longrightarrow 4Fe(OH)_3$$

Faktor-faktor yang mempengaruhi korosi ada dua yaitu faktor logam dan lingkungan. Faktor logam disebut sebagai faktor dalam seperti komponen-komponen penyusun atau cacat pada kristal. Faktor lingkungan disebut faktor luar yang disebabkan oleh konsentrasi oksigen dalam air atau dalam udara bebas, pH , temperatur, komposisi kimia atau konsentrasi larutan (Perry, 1984).

Salah satu faktor lingkungan penyebab korosi adalah suhu panas. Korosi yang disebabkanya disebut korosi panas. Korosi ini sering terjadi pada pembakaran tabung boiler, pada instalansi pembangkit uap dengan batu-bara, turbin gas. Biasanya penyebab utama korosi panas adalah adanya sulfat seperti Na_2SO_4 dan campuran sulfat.

Alat yang digunakan untuk mengukur laju korosi adalah sel tiga elektroda. Skema alat dapat dilihat pada gambar 2.8. Alat ini terdiri dari tiga elektroda yaitu elektroda kerja, elektroda pembantu dan elektroda acuan.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 2.8. Skema alat uji korosi tipe sel tiga elektroda
(Thretwey,K.R. dan Chamberlain,J., 1991)

Elektroda kerja merupakan elektroda yang sedang diteliti. Elektroda pembantu adalah elektroda kedua yang khusus untuk mengangkut arus dalam rangkaian yang terbentuk dalam penelitian. Elektroda ini tidak digunakan untuk mengukur potensial. Platina, emas atau titanium dapat digunakan sebagai bahan elektroda pembantu. Elektroda acuan adalah elektroda yang digunakan sebagai titik dasar yang sangat mantap untuk mengacu pengukuran-pengukuran potensial elektroda kerja. Arus yang mengalir melalui elektroda ini kecil sekali sehingga dapat diabaikan. Elektroda acuan yang sering digunakan adalah elektroda kalomel jenuh.

Laju korosi menyatakan besarnya bahan yang hilang atau rusak per satu satuan waktu. Korosi akan sangat merugikan, karena rusaknya peralatan yang

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

seharusnya masih dapat digunakan. Ukuran ketahanan bahan terhadap korosi ditunjukkan dengan laju korosi (Perry, 1984).

Besarnya laju korosi dapat dihitung dengan persamaan (Sedriks,1979):

$$\text{Laju Korosi} = 0{,}13\ \frac{I_{kor}\,(EW)}{\rho} \qquad (2.8)$$

dengan laju korosi dalam milli inchi per tahun (mpy), 0,13 adalah faktor konversi metrik dan waktu, I_{kor} adalah rapat arus korosi ($\mu A/cm^2$), ρ adalah rapat jenis sampel (gr/cm^3), dan EW adalah berat ekuivalen (gr/C).

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)