BAB II

DASAR TEORI

2.1 Struktur Logam dalam Kristal

Bahan suatu material dibagi atas tiga kelompok utama: logam, polimer (atau plastik) dan keramik. Logam adalah unsur kimia yang mempunyai sifat-sifat kuat, liat, keras, penghantar listrik dan panas serta mempunyai titik cair tinggi. Sifat logam tersebut disebabkan oleh karena beberapa elektron terdislokalisir dan dapat meninggalkan atom "induknya"(sebaliknya, dalam polimer dan keramik elektron tidak dapat bergerak dengan bebas) (Vlack, 1983).

Salah satu karakter yang penting dalam logam adalah kristaline. Struktur kristal adalah susunan dari atom-atom yang mengatur diri secara teratur dan berulang dalam pola tiga dimensi. Semua logam membentuk kristal ketika bahan tersebut membeku. Karena pola atom ini berulang secara tak berhingga untuk mudahnya kisi kristal ini dibagi dalam *sel satuan*. Sel satuan ini yang mempunyai volume terbatas, sehingga sebagian besar logam, ion-ionnya mengelompok sedemikian rupa sehingga volume yang dibutuhkan sesedikit mungkin. Pada semua logam, termasuk ion-ion ternyata mengikuti pola tertentu, dan karena itu struktur logam dicirikan menurut satuan (unit) pola sederhana yang disebut sel struktur, yang kalau diulang-ulang secara beraturan diseluruh badan logam akan menentukan posisi semua ion dalam kristal logam bersangkutan.

Cara penataan bola-bola berukuran sama yang memungkinkan volume minimum adalah penataan kubus pusat sisi atau *face-centred cubic arrangement*

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)

(fcc) dan penataan heksagonal susunan rapat atau *closed-packed hexagonal arrangement* (cph). Sel struktur lain lagi yang dapat digambarkan adalah penataan kubus pusat ruang atau *body-centred cubic arrangement* (bcc) (Smallman, 1991).

a. Kubus pusat ruang (bcc)

   Kubik pemusatan ruang pada suhu ruang sel satuan logam mempunyai atom pada tiap titik sudut kubus dan satu atom pada pusat kubus (gambar 2.1.a).

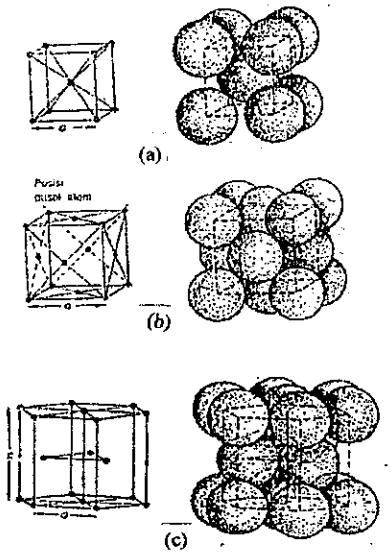
b. Kubik pemusatan sisi (fcc)

   Pada kubik pemusatan sisi disamping atom pada setiap titik sudut kubus, terdapat sebuah atom ditengah ruang permukaan, namun tak satupun dititik pusat kubus (gambar 2.1.b).

c. Penataan heksagonal susunan rapat (cph)

   Sel satuan heksagonal sederhana ada 2 yaitu kisi heksagonal dan kisi rombik. Kedua struktur diatas merupakan dua gambaran sel satuan heksagonal , sudut alas 120^0 dan 60^0. Sel-sel ini tidak mempunyai posisi dalam sel yang ekivalen dengan posisi sudut. Struktur heksagonal tumpukan padat (htp) mempunyai tumpukan yang lebih padat dibandingkan dengan heksagonal sederhana (gambar 2.1.c) (Van Vlack, 1983).

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 2.1 Struktur atom pada kristal. (a). struktur kubik pemusatan ruang. (b). struktur kubik pemusatan sisi. (c). struktur heksagonal tumpukan rapat (padat) (Smallman, 1991).

2.2 Cacat Kristal

Kristal yang sebenarnya tidak ada yang sempurna atau dengan kata lain menyimpang jauh dari kristal ideal. Kristal ideal adalah kristal yang setiap molekulnya memiliki tempat kesetimbangan tertentu pada kisi yang teratur (Beiser, 1990). Ada tiga macam cacat yaitu: cacat titik, cacat garis dan cacat volume.

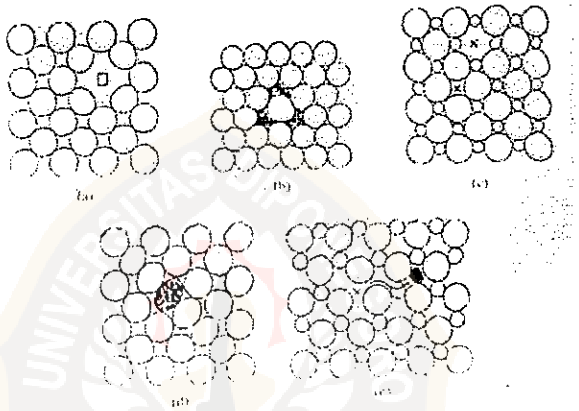
1). Cacat Titik

Cacat titik terjadi bila penyimpangan susunan periodik kisi terbatas pada sebuah atau beberapa atom. Ada tiga jenis cacat titik : kekosongan (*vakansi*), interstiti, dan perpindahan 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)

a. Kekosongan

Kekosongan adalah hilangnya atom dari kedudukannya kisi. Kekosongan itu sendiri meliputi kekosongan tunggal (gambar 2.2.a), kekosongan ganda atau kekosongan rangkap tiga (gambar 2.2.b) dan kekosongan pasangan ion (gambar 2.2.c). Kekosongan pasangan ion (disebut juga cacat *schottly*) terdapat dalam senyawa yang harus mempunyai keseimbangan muatan.



Gambar 2.2. Cacat titik. (a). kekosongan. (b). kekosongan ganda. (c).kekosongan pasangan ion. (d) sisipan. (e). ion terpisah (Vlack, 1983).

b. Sisipan (interstiti)

Adalah adanya atom asing yang menempati suatu kedudukan pada kisi yang semestinya diisi oleh atom tuan rumah (Trethewey dan Chamberlain, 1991). Suatu atom tambahan dapat berada dalam struktur kristal khususnya bila faktor tumpukan atom rendah. Cacat semacam ini mengakibatkan distorsi atom. (gambar 2.2.d).

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)

c. Perpindahan ion dari kisi ke tempat sisipan (interstitial)

Cacat semacam ini disebut cacat *Frenkel.* Intersisi terjadi apabila sebuah atom menempati suatu kedudukan yang tidak normal sehingga terdesak ke atom-atom pada kisi tuan rumah. Struktur tumpukan padat lebih sedikit sisipan dan ion pindahannya daripada kekosongan, karena diperlukan energi tambahan untuk menyisipkan atom (gambar 2.2.e).

2). Cacat Garis (Dislokasi)

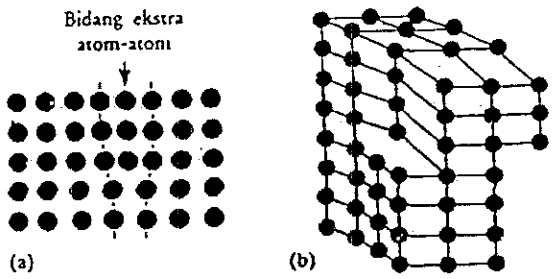
Cacat garis (cacat dua dimensional) terjadi didalam struktur butir ketika bidang-bidang atom individu tidak menempati kedudukan sempurna pada kisi. Dua tipe dislokasi yang penting adalah:

a). Dislokasi tepi

Yaitu adanya sebuah bidang atom tidak sempurna diantara dua bidang lainnya (gambar 2.3.a).

b). Dislokasi ulir

Yaitu adanya bidang yang menyerong sedikit sehingga tidak searah lagi dengan bidang-bidang terdekatnya (gambar 2.3.b).



Gambar 2.3 Dua macam dislokasi dalam kisi kristal. (a). dislokasi tepi. (b). dislokasi ulir (Trethewey dan Chamberlain, 1991).

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)

3). Cacat Volume

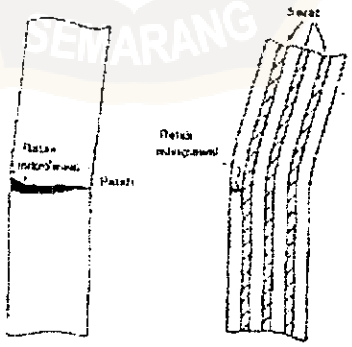
Cacat volume ini umumnya akibat proses-proses manufakturing. Ada 3 macam cacat volume, diantaranya:

a. Renik (*void*)

Cacat ini berupa rongga-rongga kecil dalam bahan yang mungkin disebabkan oleh sejumlah mekanisme, seperti terjebaknya udara, pelepasan gas selama proses penuangan logam kedalam cetakan atau adanya butir-butir embun yang menguap begitu bersentuhan dengan logam cair yang panas.

b. Retak (*cracks*)

Ini jauh lebih parah dibanding hanya sekedar ketidaksesuaian pada batas-batas butir karena memungkinkan penyebab korosi dalam skala makroskopik. Jika retak merambat maka akan terjadi patahan (gambar 2.4)



Gambar 2.4 Retak mikro (Alexander, 1991)

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)

c. Inklusi

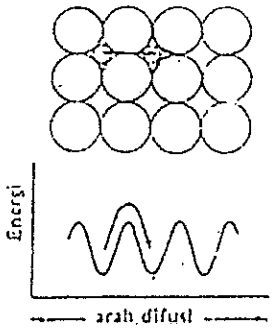
Inklusi adalah terjebaknya partikel-partikel bahan asing dalam paduan yang tentu saja bukan bagian dari struktur kisi kristal logam itu sendiri.

2.3 Difusi

Difusi dapat terjadi bila suhu atom semakin besar yang menyebabkan semakin besar pula energi yang digunakan untuk melepaskan diri dari ikatan antar atom. Pertambahan energi tersebut menyebabkan atom-atom bergetar pada jarak antara atom yang lebih besar. Jika jarak atom semakin besar menyebabkan atom mempunyai cukup energi untuk mendobrak ikatannya dan melompat ke posisi yang baru (Vlack, 1983).

Dalam proses-proses teknik yang menggunakan perlakuan panas, banyak diterapkan difusi. Dengan mekanisme ini, menyebabkan suatu bahan terjadi ketidaksempurnaan atom. Jika terdapat kekosongan, difusi terjadi lompatan atom yang berdekatan ke tempat kosong itu, sehingga timbul kekosongan baru dibelakangnya. Akibatnya migrasi yang paling mungkin adalah migrasi kekosongan secara berkesinambungan. Jika terdapat interstitial, difusi terjadi ketika atom itu bermigrasi melalui kristal itu. Difusi dalam zat padat sangat kuat tergantung pada temperatur, bertambah dari laju yang biasanya terabaikan pada temperatur kamar sampai laju yang tidak jauh dari laju karakteristik zat cairnya yang bersesuaian dekat pada titik lelehnya (Beiser, 1990).

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 2.5 Migrasi atom dalam mekanisme intersisi.

Salah satu contoh adalah karburasi baja. Pada proses ini, baja karbon rendah dipanaskan dalam lingkungan yang mengandung karbon, sehingga karbon berdifusi ke dalam baja, menghasilkan selubung luar yang kaya akan karbon dan menjadi keras.

Difusi dapat lebih cepat terjadi bila, pertama suhu tinggi, kedua atom yang berdifusi kecil, selanjutnya faktor tumpukan struktur induk rendah (kpr dibandingkan kps), kemudian ikatan stuktur induk lemah (dengan titik cair rendah), dan terdapat cacat-cacat dalam bahan (kekosongan atau batas butir) (Beiser, 1990)

2.4 Struktur Butir

Struktur kristal suatu bahan tidak kontinu dan mengandung diskontinuitas saat orientasi pada struktur kristal berubah. Tiap volume mempunyai orientasi tertentu yang disebut batas butir (Alexander, 1991). Bentuk butir dalam bahan padat biasanya diatur oleh adanya butir-butir lain disekitarnya. Dalam setiap butir,

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)

semua sel satuan teratur dalam satu arah dan dalam satu pola tertentu. Dalam daerah tak teratur antar butir disebut batas butir. Pada batas butir, antara dua butir yang berdekatan terdapat daerah transisi yang tidak searah dengan pola dalam kedua butiran tadi (Vlack, 1983).

Batas butir dapat kita anggap berdimensi dua. Bentuknya mungkin melengkung dan sesungguhnya memiliki ketebalan tertentu yaitu 2 sampai 3 jarak molekul (Vlack, 1983). Ketidakseragaman orientasi antara butiran yang berdekatan menghasilkan tumpukan atom yang kurang efisien sepanjang batas butir. Oleh karena itu atom sepanjang batas butir memiliki energi yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang terdapat dalam butir.

Sifat mekanik suatu bahan turut ditentukan oleh ukuran butir. Semakin halus, makin keras bahan dan kekuatan luluh, keuletan dan ketangguhan bahan juga semakin tinggi.

2.5 Baja Karbon

Baja karbon didefinisikan sebagai besi (Fe) dan karbon (C) yang mengandung karbon tidak melebihi 1,7 % (Supardi, 1997). Menurut kadar berat karbon, maka baja karbon dikelompokkan atas tiga kelompok: (a) baja karbon rendah (C < 0,3 %), (b) baja karbon sedang atau medium (0,3%- 0,7%), dan (c) baja karbon tinggi (0,7%-1,7%).

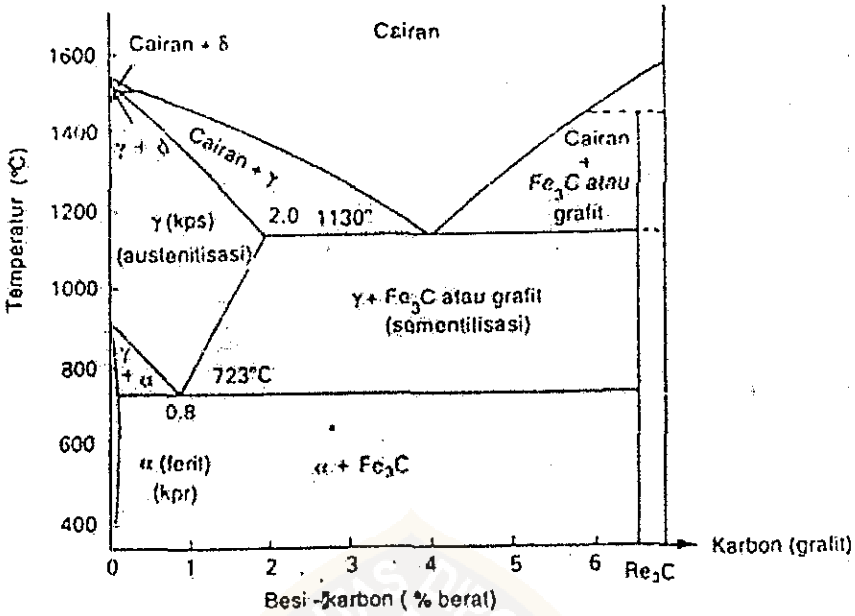
Pada diagram fase seperti gambar 2.6 bahwa pada suhu diatas 912^0 C, terjadi perubahan struktur dari struktur kubik pemusatan ruang menjadi bentuk kubik pemusatan sisi (fcc), disebut besi γ atau austenit. Karbon merupakan unsur paduan

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)

yang khas. Atom karbon sangat kecil dan membentuk larutan padat interstitial dengan besi, atau dengan kata lain, karbon menempati ruang antar atom besi. Daya larut maksimum karbon dalam larutan padat adalah 2%. Kelarutan maksimum dari karbon dalam besi α (ferit) sangat rendah adalah 0,05%, sedang daya larut dalam besi γ adalah 2%. Batas γ larutan padat dalam diagram fase paduan besi karbon, bahwa dari titik 912°C untuk besi murni hingga 723°C untuk paduan dengan kadar karbon 0,8%. Kemudian meningkat hingga 1130°C untuk paduan dengan kadar karbon sebanyak 2%. Seandainya paduan besi karbon yang mengandung karbon lebih dari 0,8% didinginkan hingga mencapai garis batas γ, Fe_3C akan mengendap dengan laju sedemikian rupa sehingga pada suhu 723°C hanya tertinggal karbon sebanyak 0,8% sebagai larutan padat besi γ (austenit) . Bila paduan besi karbon dengan kadar karbon kurang dari 0,8% didinginkan hingga garis terbatas besi γ maka besi α (ferit) akan memisah diri terlebih dahulu. Daya larut karbon dalam ferit bernilai rendah, karbon akan larut dalam austenit sedemikian rupa sehingga pada suhu 723°C dicapai lagi larutan padat karbon 0,8%.

Pada suhu 723°C, austenit yang mengandung karbon 0,8% bertransformasi dalam keadaan seimbang membentuk campuran dengan kadar ferit dan sementit tertentu yang disebut perlit. Jumlah perlit meningkat dari nol pada kadar sangat rendah hingga 100%, yaitu bila baja mengandung karbon 0,8%. Setelah itu, ketika karbon naik mencapai 2%, kadar perlit turun karena kelebihan karbon hanya akan membentuk Fe_3C. Kekerasan dan kekuatan naik dan keuletan turun berbanding lurus dengan jumlah perlit (Alexander, 1991).

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 Diagram fase baja besi- karbon (Alexander, 1991).

2.6 Karbonasi dan Nitridasi

2.6.1 Karbonasi

Karbonasi adalah proses pendeposisian unsur karbon (C) kedalam permukaan logam. Pada pendeposisian ini dimaksudkan agar terjadi peningkatan kekerasan lebih besar dibandingkan sebelum dilakukan proses karbonasi.

Secara umum metode karbonasi ada tiga cara yaitu:

1.1 Karbonasi padat

Medium yang digunakan pada proses karbonasi padat adalah arang tempurung kelapa. Pada proses ini sampel yang akan dikarbonasi dimasukkan kedalam kotak baja yang berisi arang karbon kemudian dimasukkan kedalam furnace dan dipanaskan dengan temperatur tinggi sampai fase austenit.

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)

Reaksi antara Fe dan karbon adalah:

$$CO_2 + C \rightleftharpoons 2CO$$

$$2CO + 3\,Fe \rightleftharpoons Fe_3C + CO_2$$

Karbonasi padat yang dijual secara komersial adalah barium atau sodium karbonat. Reaksi yang terjadi adalah:

$$BaCO_3 \rightleftharpoons BaO + CO_2$$

Sumber karbon dioksida akan bereaksi dengan karbon dan menghasilkan karbon monoksida dan bereaksi dengan Fe seperti reaksi diatas menghasilkan Fe_3C.

1.2 Karbonasi gas

Sumber karbon pada karbonasi gas adalah metana, seperti reaksi dibawah ini:

$$CH_4 + 3Fe \rightleftharpoons Fe_3C + 2H_2$$

Pada karbonasi gas, bagian-bagian yang akan dikarbonasi ditempatkan pada drum silinder besi atau dinamakan *retord* (tabung kimia) kemudian dipanaskan sampai suhu tinggi. Kemudian gas dimasukkan ruang besi dan bagian-bagian akan terkarbonasi dalam waktu tertentu.

1.3 Karbonasi cair

Bahan yang digunakan untuk karbonasi cair adalah barium sianida, garam alkalin, barium, kalsium, atau garam strontium. Contoh reaksi barium sianida adalah:

$$Ba(CN)_2 + 3Fe \longrightarrow Fe_3C + BaCN_2$$

Dalam reaksi diatas, karbon yang dilepaskan kemudian berkombinasi dengan besi dan nitrogen yang dilepaskan juga diserap.

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)

2.6.2 Nitridasi

Proses ini dapat menyebabkan permukaan logam menjadi lebih keras juga menyebabkan lebih tahan aus dan lebih tahan lelah. Ada tiga proses nitridasi yaitu:

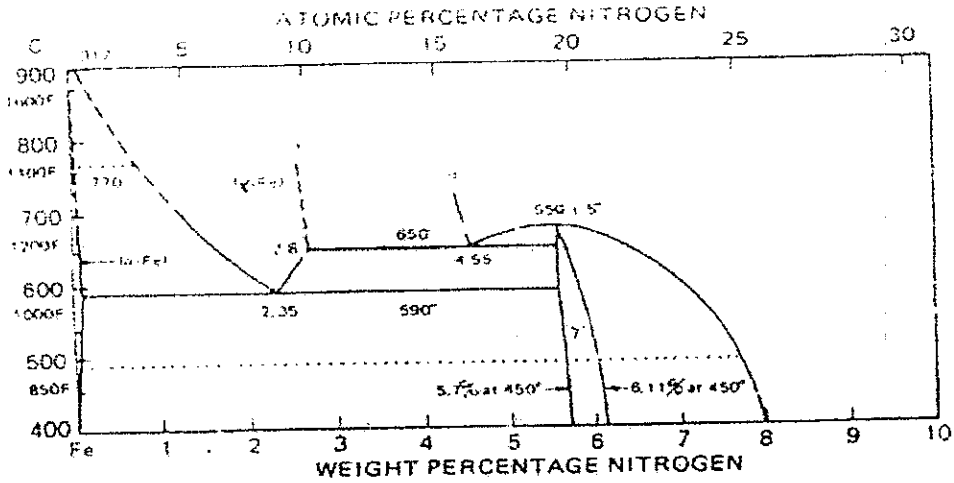
a). Mengaliri gas amonia

Proses nitridasi ini bagian-bagian yang akan dikeraskan dimasukkan dalam kotak baja dengan temperatur pemanas diantara 930^0F dan 1200^0F kemudian dialiri gas amonia, seperti reaksi dibawah ini:

$$2NH_3 \longrightarrow 2N + 3H_2$$

Kemudian nitrogen menempel pada baja (Clark, 1952). Ion-ion nitrogen yang masuk kedalam material yang menyebabkan kerapatan molekulnya bertambah sehingga kekerasan material akan meningkat. Ion-ion yang masuk kedalam material akan kehilangan energi dan akhirnya berhenti menempati kisi antar molekul (interstisi). Bila ion-ion nitrogen ditembakkan pada besi (Fe) pada kondisi tertentu ion-ion nitrogen tersebut akan membentuk fase baru yaitu fase Fe-N (lihat gambar 2.7). Dari gambar 2.7 dapat diketahui prosentase jumlah atom nitrogen yang terdeposisi kedalam material Fe dengan suhu pemanasan material Fe tersebut.

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 2.7 Diagram fase Fe-N (Leslie, 1982).

b). Penyemprotan gas nitrogen secara langsung

Proses nitridasi ini dengan menggunakan penyemprotan gas nitrogen secara langsung pada material yang sedang membara. Pada penelitiannya dilakukan dengan memanaskan material baja sampai suhu 900^0C, setelah suhu tercapai material didinginkan secara mendadak (*quenching*) dengan menggunakan medium oli, air, dan udara. Jumlah molekul gas yang digunakan dari $1{,}88.10^{18}$ sampai $1{,}50.10^{19}$ dengan tekanan tabung gas 4 Kgf/m^2 dan suhu molekul gas tersebut adalah 22^0C (Bintoro, 2001).

c). Implantasi ion

Proses nitridasi ini dengan teknik implantasi ion dengan teknik plasma lucutan pijar korona. Plasma Lucutan Pijar Korona merupakan bentuk lucutan pijar abnormal khusus dengan bentuk geometri elektrodanya yang berbeda. Bentuk geometri elektroda yang berbeda ini adalah elektroda titik dan elektroda bidang (*point-to-plane*). Dimana dalam penelitian ini elektroda

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)

titiknya berupa jarum sedangkan elektroda bidangnya berupa plat baja. Plasma Lucutan Pijar Korona ini dibuat dalam udara bebas pada tekanan kamar sekitar 1 atm dan gas yang digunakan untuk pendeposisian ion adalah udara bebas. Pada penelitian kali ini gas yang dimanfaatkan adalah nitrogen dengan alasan di udara mengandung gas nitrogen sekitar 80 %. Proses pendeposisian nitrogen ini dapat disebut proses nitridasi.

Pada plasma lucutan pijar korona elektroda titik diberi beda potensial positif dan elektroda bidang diberi beda potensial negatif dan sampel diletakkan pada katoda. Elektroda dari katoda akan menumbuk partikel-partikel atau atom-atom gas diantara kedua elektroda. Peristiwa tumbukan elektron dengan partikel-partikel gas tersebut mengakibatkan partikel-partikel gas dapat terionisasi. Elektron-elektron hasil ionisasi primer bergerak dan dipercepat oleh medan listrik menuju katoda melalui daerah aliran (*drift region*). Proses ionisasi senantiasa disertai dengan lucutan yang berpijar sebagai plasma yang dihasilkan disebut sebagai plasma lucutan pijar (*glow discharge plasma*) (Raizer, 1991).

Karena konfigurasi geometri elektroda adalah titik-bidang maka lucutan gas yang terjadi disebut lucutan pijar korona (*corona glow discharge*) sehingga plasma yang dihasilkan plasma lucutan pijar korona (*corona glow discharge plasma*) (Spryout, 1994).

Bila tegangan dinaikkan terus, maka elektron-elektron yang bergerak menuju anoda akan semakin banyak dan proses ionisasi sering terjadi, sehingga terjadi pelipatan elektronik dan ion yang dihasilkan akan dipercepat menumbuk

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)

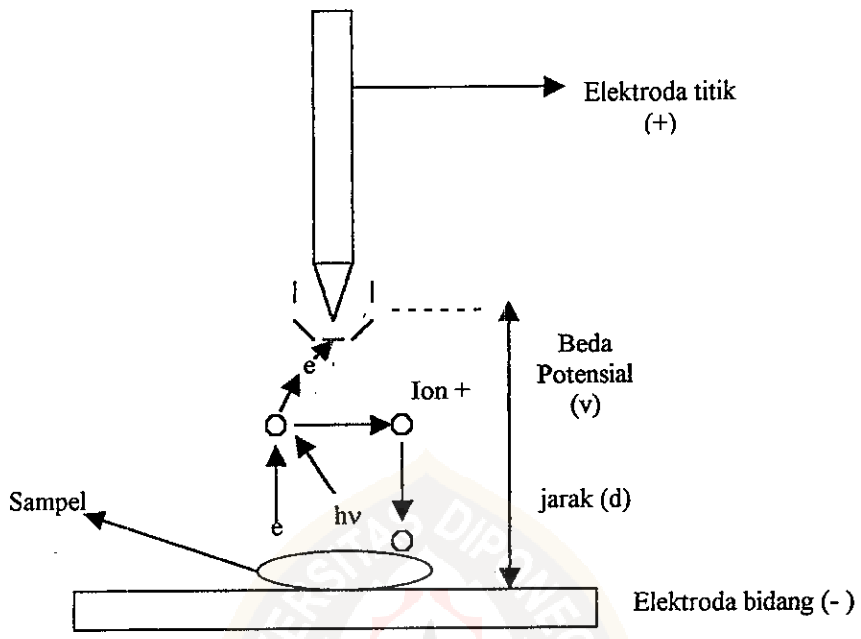
katoda karena adanya medan listrik. Tumbukan ion tersebut menghasilkan elektron melalui efek fotolistrik, elektron hasil tumbukan itu disebut elektron sekunder, sedangkan elektron hasil ionisasi primer disebut elektron primer.

Elektron hasil ionisasi mempunyai dua muatan yaitu muatan positif dan muatan negatif. Karena nitrogen mempunyai muatan positif dan akan dipercepat menuju katoda dan akhirnya menempel pada sampel. Bila gas (udara bebas) terdapat atom-atom atau partikel-partikel elektronegatif (O_2) maka molekul ini akan mudah menangkap elektron sehingga bermuatan negatif dan akan dipercepat menuju anoda. Sehingga atom elektronegatif tidak akan terdeposisi pada katoda karena ion mempunyai muatan yang sama.

Ion nitrogen masuk kedalam sampel secara difusi yang akan mengakibatkan terjadinya perubahan struktur atom target. Mekanisme difusi ion dapat dengan intersisi maupun dengan substitusi. Perubahan struktur ini dikarenakan terjadi cacat dalam sampel dapat berbentuk kekosongan yang disebabkan atom sampel bergeser dari kedudukan semula. Ion nitrogen dapat menempati kekosongan yang terjadi dan dapat juga berada diantara kisi-kisi atom (Konuma, 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 pendeposian ion ini dapat dilihat pada gambar 2.8:

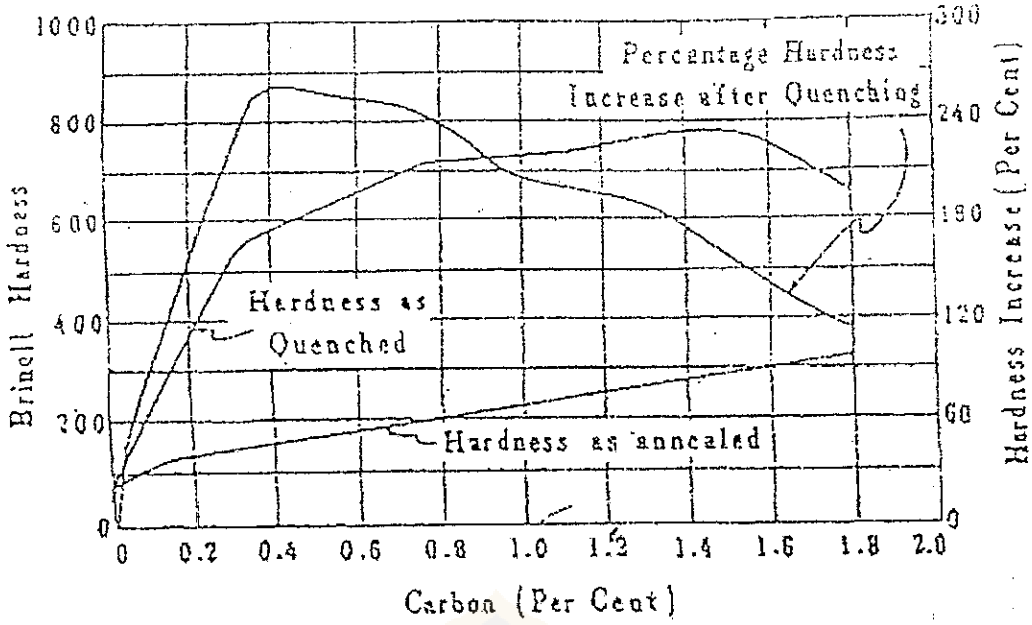


Gambar 2.8. Proses pendeposisian ion

2.7 Quenching

Kekerasan maksimum dapat terjadi dengan mendinginkan secara mendadak material yang telah dipanaskan sehingga mengakibatkan perubahan struktur mikro. Kenaikan kekerasan berbeda-beda pada beberapa kandungan karbon seperti pada gambar 2.9 yang menunjukkan bahwa kekerasan maksimum terdapat pada baja yang mempunyai kandungan karbon diantara 0,35% dan 0,70%. Kandungan karbon sekitar 0,55% terjadi peningkatan kekerasan yang kecil.

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 2.9. Hubungan antara kekerasan brinell dan kandungan karbon (Clark,1957)

Medium *quenching* yang digunakan adalah cairan sodiuim hidroksida, sodium klorida, oli dan air. Laju quenching tergantung pada beberapa faktor diantaranya: pertama temperatur medium, kedua panas spesifik, selanjutnya panas pada penguapan, kemudian konduktivitas termal medium, dan viskositas, serta agitasi (pergolakan) adalah laju pergerakan atau aliran media pendingin. Media pendingin secara komersial yang sering digunakan adalah air dan oli.

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)

Tabel 2.1. Sifat fisik relatif pada media pendingin terhadap air (harga sifat fisik untuk air dianggap 100%) (Zakharov,1964).

Media quenching	Titik Didih	Panas laten penguapan	Konduktivitas thermal	Panas spesifik	Viskositas
- Air	100	100	100	100	100
- Oli mesin grade Jl	330	45	17	46	440
- Oli kumparan grade H	330	45	17	48	320

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)

Tabel 2.2. Kecepatan pendingin pada spesimen kecil dalam media pendingin (Zakharov,1964).

Medium pendingin	Kecepatan pendinginan (^{0}C per detik)	
	(650 –550)^0 C	(300 –200)^0 C
Air pada 18 ^{0}C	600	270
Air pada 30 ^{0}C	500	270
Air pada 75 ^{0}C	300	200
10% NaOH + H_2O	1200	300
10% NaCl + H_2O	1100	300
10% H_2SO_4 + H_2O	750	300
Air suling	250	200
Air jenuh + CO_2	100-200	200
Air sabun	30	200
Emulsi oli + air	70	200
Oli	100-150	20-50
Udara mampat	30	10
Udara	3	1

Pendinginan dengan air, kecepatan pendinginnya tinggi sedang pendinginan dengan oli kecepatan pendinginan lebih rendah daripada air. Dan pendinginan oleh udara mempunyai kecepatan pendinginan yang kecil seperti pada tabel 2.2.

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)

2.8 Korosi

Korosi adalah proses degradasi atau perusakan material yang terjadi disebabkan oleh pengaruh lingkungan sekelilingnya (Supardi,1997) atau dengan kata lain korosi adalah penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya (Trethewey and Chamberlain, 1991) baik berupa uap air, larutan asam maupun basa. Di samping itu masih banyak reaksi lain yang dapat menyebabkan logam terkorosi.

Jika keadaan udara dingin dan basah atau jatuh hujan maka akan terjadi bintik-bintik embun di permukaan metal besi. Penyebab jatuhnya hujan diperkirakan terbentuknya asam sulfat, misalnya karena diserap dan timbul kerak. Proses ini mempercepat terjadinya pengkaratan. Mekanismenya dapat dilihat pada siklus reaksi dibawah ini:

$FeH_2SO_4 + ½\ O_2 \longrightarrow FeSO_4\ ¼\ O_2 + ½\ H_2SO_4\ ½\ Fe_2(SO_4)_3$

$Fe_2(SO_4)_3\ ½\ H_2O \longrightarrow ½\ Fe_2O_3 + 3/2\ H_2SO_4$

Larutan yang mempunyai PH sangat rendah atau dengan kata lain larutan tersebut berupa asam merupakan media terjadinya korosi (Widharto, 1999). Misalnya ada logam Fe dalam lingkungan cair maka elektron akan mengalir dari daerah anodik ke katoda meninggalkan ion-ion ferrum yang bermuatan positif dan tidak stabil dapat ditunjukkan pada gambar 2.10.

$Fe \rightarrow Fe^{++} + 2e^{-}$ (Reaksi oksidasi)

Fe^{++} berasal dari:

a). $Fe + H_2O \rightarrow Fe(H_2O)_{ads}$

b). $Fe(H_2O)_{ads} \rightarrow Fe(OH^{-})_{ads} + H^{+}$

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)

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

d). $Fe(OH)_{ads} \rightarrow Fe(OH)^+ + e^-$

e). $Fe(OH)^+ + H^+ \rightarrow Fe^{2+} + H_2O$

Ads adalah kependekan dari absorbed dan menunjukkan bahwa reaksi berlangsung dalam fase padat diantarmuka padat/ cair (Trethewey dan Chamberlain, 1991). Di daerah anodik terjadi reaksi sebagai berikut:

$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$ (Reaksi Reduksi)

Di dalam air terjadi reaksi antara ion besi yang sangat tidak stabil dengan ion hidroksil yang bermuatan negatif menjadi garam Fero Hidroksida yang tidak larut. Langkah-langkah reaksi yang terjadi adalah:

$Fe^{2+} + 2(OH)^- \rightarrow \underline{Fe(OH)_3}$ **Fero Hidroksida**

Atau $4Fe + 3H_2O + 3O_2 \rightarrow 4Fe(OH)_3$

Dan

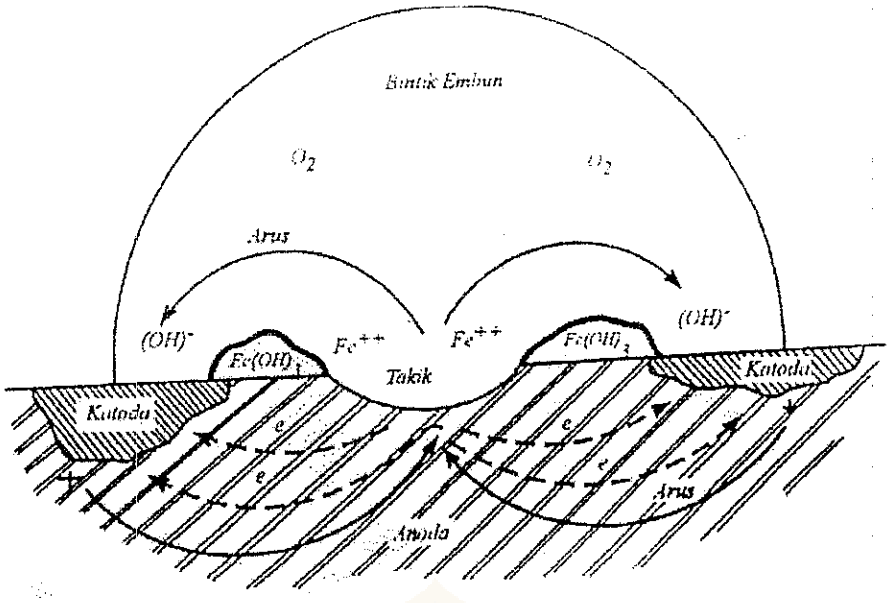
$2Fe(OH)_3 \rightarrow \underline{Fe_2O_3} + 3H_2O$ **(I) Feri Oksida**

selanjutnya

$2Fe(OH)_2 + Fe^{2+} + 2H_2O \rightarrow \underline{Fe_3O_4} + 6H^+$ **(II) Magnetik**

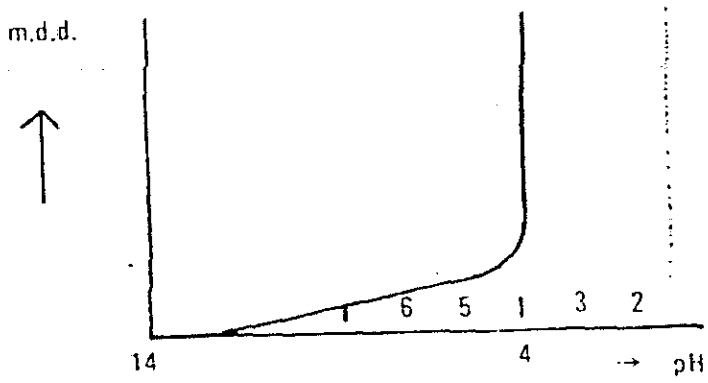
$2Fe(OH)_2 + (OH)^- \rightarrow \underline{FeO(OH)} + H_2O$ **(III) Karat**

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 2.10 Korosi baja (Widharto, 1999).

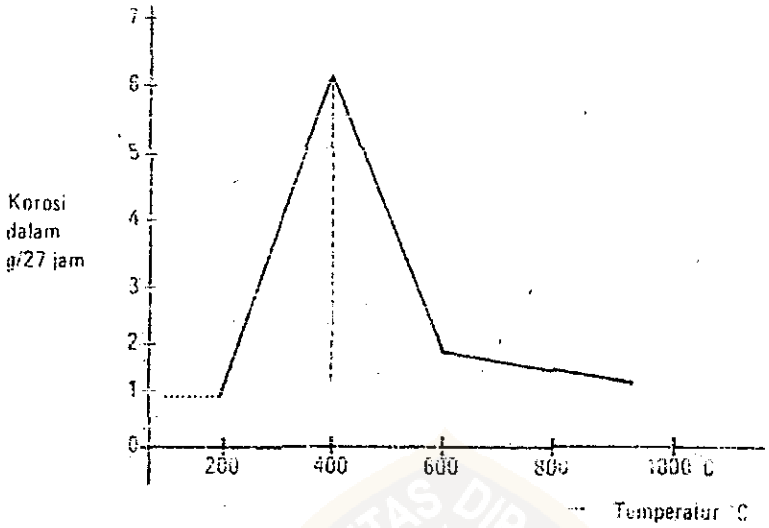
Menurut penelitian Whitman dan Russel (Supardi, 1997) ternyata PH dari suatu elektrolit sangat mempengaruhi terjadinya korosi besi dapat dilihat pada gambar 2.11. Menurut grafik ternyata bahwa pada PH = 4 korosi mulai sangat mencolok dan dapat timbul gas H_2, jadi bila larutan lebih bersifat asam maka korosi tampak cepat sekali.



Gambar 2.11 Pengaruh PH pada korosi (Supardi, 1997).

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)

Korosi akibat perlakuaan panas pada suhu 400^0C sangat korosif bila dibandingkan suhu 100^0C dan pada suhu 900^0C (lihat gambar 2.12).

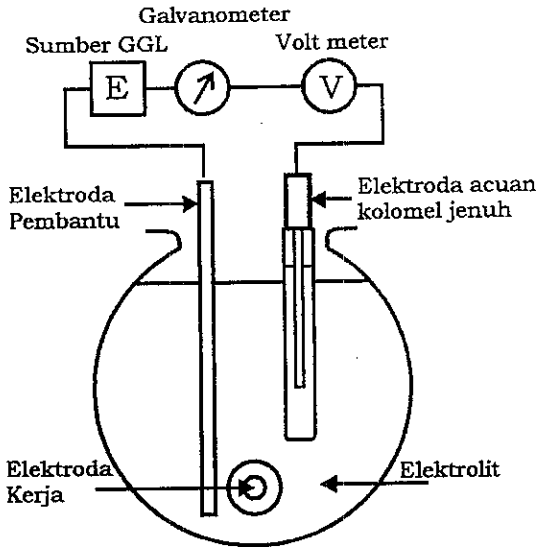


Gambar 2.12 Pengaruh laku panas pada baja karbon 0,95% dalam 1% H_2SO_4 (Supardi, 1997).

2.9 Uji Korosi

Alat yang digunakan untuk mengukur laju korosi adalah sel tiga elektoda. Alat ini terdiri dari tiga elektroda yaitu elektroda kerja, elektroda pembantu dan elektoda acuan seperti pada gambar 2.13.

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 2.13 Sel tiga elektroda (Trethewey dan Chamberlain, 1991).

Elektroda kerja (*working electrode*) merupakan elektroda yang sedang diteliti atau material yang sedang diuji laju korosinya dalam hal ini adalah baja dan baja ini mempunyai luas penampang 100 mm^2. Elektroda pembantu (*Counter/auxiliary electrode*) adalah elektroda yang digunakan untuk mengangkut arus dalam rangkaian yang terbentuk dalam penelitian. Elektroda ini tidak digunakan untuk mengukur potensial. Biasanya dapat digunakan Platina atau emas. Elektroda acuan adalah elektroda yang digunakan untuk mengacu pengukuran-pengukuran potensial elektroda kerja. Arus yang mengalir melalui elektroda ini harus sekecil-kecilnya sehingga dapat diabaikan. Bila tidak demikian, elektroda ini akan ikut dalam reaksi dan potensialnya tidak lagi konstan. Oleh karena itulah elektroda pembantu sangat dibutuhkan. Sejauh ini elektroda acuan yang paling praktis adalah elektroda kolomel jenuh atau dengan nama kimia merkuri (I) klorida (Hg_2Cl_2).

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)

Laju korosi menyatakan besarnya bahan yang hilang atau rusak per satu satuan waktu. Untuk mengetahui tingkat ketahanan suatu bahan terhadap korosi ditunjukkan dengan laju korosi: Besarnya laju korosi dapat dihitung dengan persamaan (William, 1986):

$$\text{Laju korosi} = 0{,}13\frac{I_{kor}.EW}{n.\rho} \qquad 2.1$$

Dengan laju korosi dalam milli inchi per tahun (mpy), 0,13 merupakan faktor konversi metrik dan waktu, I_{kor} sebagai rapat arus korosi ($\mu A/cm^2$), dan EW merupakan berat equivalen (gr/c), sedangkan n adalah banyaknya jumlah valensi suatu sample, serta ρ sebagai rapat jenis suatu sampel (gr/cm^3).

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)