

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Baja

Baja adalah paduan logam yang tersusun dari besi sebagai unsur utama dan karbon sebagai unsur penguat. Unsur karbon inilah yang banyak berperan dalam peningkatan performan. Perlakuan panas dapat mengubah sifat baja dari lunak seperti kawat menjadi keras seperti pisau (Purboto, 2009). Penyebabnya adalah perlakuan panas mengubah struktur mikro besi yang berubah-ubah dari susunan kristal berbentuk kubik berpusat ruang menjadi kubik berpusat sisi atau heksagonal. Dengan perubahan struktur kristal, besi adakalanya memiliki sifat magnetik dan adakalanya tidak. Besi memang bahan bersifat unik.

Bijih besi bertebaran hampir di seluruh permukaan bumi dalam bentuk oksida besi. Meskipun inti bumi tersusun dari logam besi dan nikel, oksida besi yang ada di permukaan bumi tidak berasal darinya, melainkan dari meteor yang jatuh ke bumi. Di Australia, Brasil, dan Kanada, ditemukan bongkahan bijih besi berketebalan beberapa puluh meter dan mengandung 65 persen besi (Trethewey, 1991).

Baja karbon adalah baja yang hanya terdiri dari besi (Fe) dan karbon (C) saja tanpa adanya bahan campuran. Unsur lain yang kadang terdapat pada baja karbon seperti Si, Mn, P, S hanyalah dengan presentase yang sangat kecil yang biasa dinamakan *impurities*. Pengaruh dari unsur diatas adalah:

1. Si dan Mn

Biasanya kandungan paling banyak untuk Si adalah 0,4% dan untuk Mn adalah 0,5-0,8%. Kedua unsur ini tidak banyak berarti pengaruhnya terhadap sifat mekanik dari baja. Mn dipakai untuk mengurangi sifat rapuh dan mampu menghilangkan lubang-lubang pada saat proses penuangan atau pembuatan baja.

2. Phosphor

Phosphor dalam baja karbon akan mengakibatkan kerapuhan dalam keadaan dingin. Semakin besar presentase phosphor semakin tinggi batas tegangan tariknya, tetapi *impact strength* dan *ductility* nya turun.

3. Sulfur

Presentase sulfur pada baja karbon 0,04%. Sulfur dapat mempengaruhi sifat rapuh-panas (Jones, 1996).

a) Klasifikasi Baja

Berdasarkan kandungan komposisi kimia baja dapat dibagi menjadi tiga, yaitu:

1. Baja Karbon (*Carbon steel*)

Baja karbon adalah baja yang terdiri dari campuran besi (Fe) dan karbon (C) saja tanpa adanya bahan atau unsur lainnya. Baja karbon dibagi menjadi tiga macam:

a) Baja karbon rendah (*low carbon steel*)

Baja karbon rendah adalah baja yang memiliki kandungan kurang dari 0,3%.

Baja karbon rendah ini memiliki sifat yang relatif lunak dan lemah serta memiliki keuletan dan ketangguhan yang tinggi. Baja dapat diaplikasikan dalam pembuatan bodi mobil, pagar dan lain-lainnya.

b) Baja karbon medium (*medium carbon steel*)

Baja karbon medium adalah baja yang memiliki kandungan karbon sebesar 0,3%-0,6%. Baja karbon medium sifat mekaniknya dapat dinaikkan melalui perlakuan panas (*austenitizing*, *quenching*, dan *tempering*). Baja jenis ini banyak digunakan dalam poros, roda gigi dan lain-lainnya.

c) Baja karbon tinggi (*high carbon steel*)

Baja karbon tinggi adalah baja yang memiliki kandungan karbon sebesar 0,6%-1,7%. Sifat baja karbon tinggi adalah paling kuat, paling keras dan paling getas bila dibandingkan dengan baja karbon lainnya. Baja karbon tinggi banyak diaplikasikan pada pisau cukur dan alat-alat perkakas dan lain-lainnya.

2. Baja Paduan (*Alloy Steel*)

Pada baja, selain unsur karbon biasanya ada pula unsur-unsur lainnya yang ikut dalam baja seperti ini umumnya disebut baja paduan. Baja paduan ini terdiri dari kromium, mangan, vanadium dan unsur-unsur lainnya. Baja paduan dapat dibagi menjadi dua macam:

a) Baja paduan rendah (*low alloy steel*)

Low alloy steel adalah baja paduan yang memiliki kadar paduan yang rendah, yaitu kurang dari 8%. Baja jenis ini memiliki kekuatan dan ketangguhan yang tinggi bila dibandingkan dengan baja karbon.

b) Baja paduan tinggi (*high alloy steel*)

High alloy steel adalah baja yang memiliki kadar paduan yang tinggi yaitu lebih dari 8%. Penggunaan baja paduan tinggi ini biasanya bertujuan untuk meningkatkan sifat-sifat baja (Abimanyu, 2011).

3. Baja Tahan Karat (*Stainless Steel*)

Baja tahan karat adalah baja paduan tinggi yang mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap korosi. Unsur utama dalam paduan tersebut adalah krom, biasanya lebih dari 10,5%. Sifat yang dimiliki oleh baja tahan karat adalah mudah dibentuk, mempunyai kemampuan las, dan ketangguhan yang tinggi (Ekaditya, 2011).

B. Buah Manggis

Buah manggis (*Garcinia mangostana*), buah yang tumbuh di daerah tropis di Asia Tenggara seperti Malaysia, Indonesia, Thailand, Philipina dan Vietnam, terdiri dari kulit halus tebal berwarna ungu gelap yang di kenal dengan sebutan “ *Queen of Fruits*” atau si ratu buah, sebutan ini yakni lepas dari kulit, daging, dan juga biji buah itu sendiri.

Buah manggis kaya akan vitamin B1, B2 dan C, serta kalsium, potassium, sodium dan zat besi. Manggis juga mengandung *xanthone*, *mangostin*, *garsinon*, *flavonoid*, *epicatechin*, *spingomyolinase* dan *gartanin*. Dalam kulit buahnya, kandungan *xanthone* yang tertinggi, yaitu 40 persen. Dengan kandungan *xanthone* yang tinggi (123,97 mg/ml) dalam kulit buah manggis, dapat membunuh penyakit dan memperbaiki sel yang telah rusak serta melindungi sel-sel di dalam tubuh. *xanthone* adalah substansi kimia alami, yang tergolong senyawa *polyhenolic* yang dapat digunakan sebagai zat untuk mengatasi berbagai penyakit. *Xanthone* bermanfaat mengobati penyakit jantung, aterosklerosis (plak di pembuluh darah), hipertensi dan trombosis.

Kulit Buah

Kulit buah manggis memiliki permukaan bagian luar yang halus dengan tebal 4-8 mm, keras, berwarna ungu kecoklatan pada bagian luarnya dan ungu pada bagian dalamnya (pada buah tua) dan mengandung getah kuning yang pahit.

Kekerasan merupakan salah satu indikasi kerusakan buah, semakin keras kulit buah manggis semakin rusak dan tidak disukai oleh konsumen. Menurut Sawanagul (1989), pengerasan cangkang buah secara fisiologis terjadi setelah mengalami proses pemasakan, yaitu setelah melalui proses klimaterik disertai dengan dehidrasi tinggi. Lama kelamaan permukaan buah secara keseluruhan mengalami pengerasan sehingga sangat sulit untuk dibuka.

Tekstur kulit buah bergantung pada ketegangan, ukuran, bentuk dan keterikatan sel-sel, adanya jaringan penunjang dan susunan tanamannya. Ketegangan disebabkan oleh tekanan isi sel pada dinding sel, dan bergantung pada konsentrasi zat-zat osmotik aktif dalam vakuola, permeabilitas protoplasma dan elastisitas dinding sel (Pantastico 1989).

Pada buah yang masih muda, banyak mengandung senyawa protopektin yang berfungsi sebagai penguat lamella tengah dan membran sel. Protopektin tersebut merupakan makromolekul yang tersusun dari polimer asam galakturonat, banyak kalsium dan magnesium. Pengaruh kekerasan oleh ion kalsium disebabkan terbentuknya ikatan menyilang antara ion kalsium divalent dengan polimer senyawa pektin yang bermuatan negatif yaitu pada gugus karboksil asam galakturonat. Ikatan tersebut akan mempengaruhi daya larut senyawa pektin sehingga akan semakin kokoh dari gangguan mekanis (Winarno dan Aman 1981).

C. Tanin

Metabolisme sekunder yang terjadi pada tumbuhan akan menghasilkan beberapa senyawa yang tidak digunakan sebagai cadangan energi, tetapi sebagai menunjang kelangsungan hidupnya seperti untuk pertahanan dari predator. Beberapa senyawa seperti alkaloid, triterpen dan golongan phenol merupakan senyawa-senyawa yang dihasilkan dari metabolisme sekunder. Golongan fenol dicirikan oleh adanya cincin aromatik dengan satu atau dua gugus hidroksil. Kelompok fenol terdiri dari ribuan senyawa, meliputi flavonoid, fenil propanoid, asam fenolat, antosianin, pigmen kuinon, melanin, lignin, dan tanin, yang tersebar luas di berbagai jenis tumbuhan (Harbone, 1996). Tanin merupakan salah satu jenis senyawa yang termasuk ke dalam golongan polifenol. Senyawa tanin ini banyak dijumpai pada tumbuhan. Tanin dahulu digunakan untuk menyamakkan kulit hewan karena sifatnya yang dapat mengikat protein. Selain itu tanin dapat mengikat alkaloid dan glatin (Auliani, 2010).

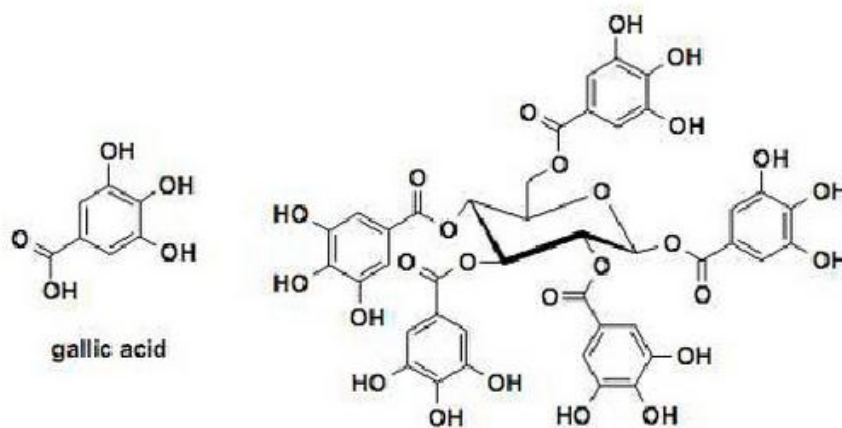
Tanin secara umum didefinisikan sebagai senyawa polifenol yang memiliki berat molekul cukup tinggi (lebih dari 1000) dan dapat membentuk kompleks dengan protein. Berdasarkan strukturnya, tanin dibedakan menjadi dua kelas yaitu tanin terkondensasi (*condensed tannins*) dan tanin-terhidrolisiskan (*hydrolysable-tannins*) (Hagerman dkk, 1992). Tanin memiliki peranan biologis yang kompleks. Hal ini dikarenakan sifat tanin yang sangat kompleks mulai dari pengendap protein hingga pelengketan logam. Maka dari itu efek yang disebabkan tanin tidak dapat diprediksi. Tanin juga dapat berfungsi sebagai antioksidan biologis. Maka dari itu semua penelitian tentang berbagai jenis senyawa tanin mulai dilirik para peneliti sekarang (Hagerman, 2002).

1) Klasifikasi Tanin

Senyawa tanin termasuk senyawa polifenol yang artinya senyawa yang memiliki bagian berupa fenolik. Senyawa tanin dibagi menjadi dua yaitu tanin yang terhidrolisis dan tanin yang terkondensasi.

a) Tanin Terhidrolisis (*hydrolysable tanins*).

Tanin ini biasanya berikatan dengan karbohidrat dengan membentuk jembatan oksigen, maka tanin ini dapat dihidrolisis menggunakan asam sulfat atau asam klorida. Salah satu contoh jenis tanin ini adalah gallotanin yang merupakan senyawa gabungan dari karbohidrat dengan asam galat. Contoh jenis tanin terhidrolisis dapat dilihat pada Gambar 1.



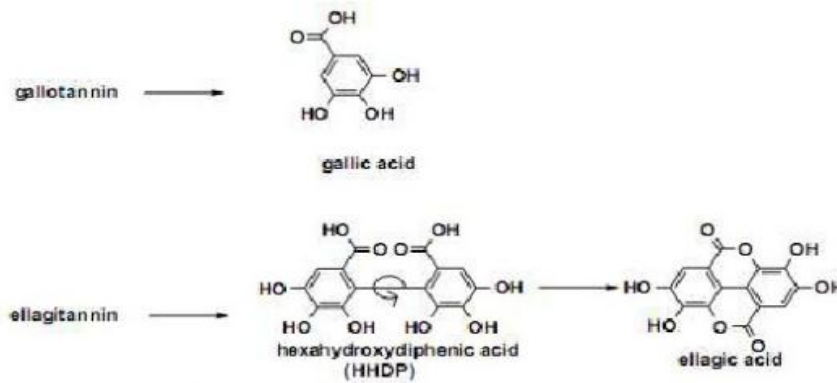
Gambar 1. Gallotanin (Hermawan, 2002).

Selain membentuk gallotanin, dua asam galat akan membentuk tanin terhidrolisis yang bisa disebut ellagitanin.

Ellagitanin sederhana disebut juga ester asam hexa hydroxy diphenic (HHDP).

Senyawa ini dapat terpecah menjadi asam galik jika dilarutkan dalam air.

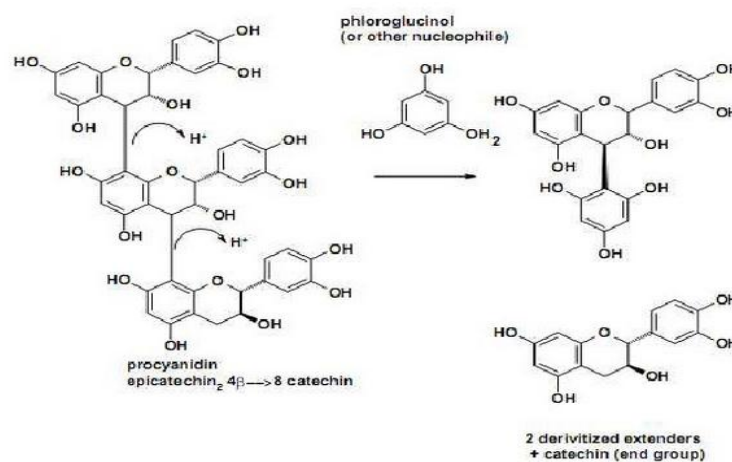
Ellagitanin dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Ellagitanin.

b) Tanin terkondensasi (*condensed tannins*).

Tanin jenis ini biasanya tidak dapat dihidrolisis, tetapi dapat terkondensasi menghasilkan asam klorida. Tanin jenis ini kebanyakan terdiri dari polimer flavonoid. Nama lain dari tanin ini adalah *proanthocyanidin*. Salah satu contohnya adalah *sorghum procyanidin*, senyawa ini merupakan *trimer* yang tersusun dari *epicatechin* dan *catechin*. Senyawa ini jika dikondensasi akan menghasilkan flavonoid jenis flavan dengan bantuan nukleofil berupa floroglusinol. Floroglusinol dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Floroglusinol (Hangerman, 2002).

2) Sifat umum tanin

a) Sifat Fisika.

- 1) Jika dilarutkan ke dalam air akan membentuk koloid, memiliki rasa asam dan sepet.
- 2) Jika dicampur dengan alkaloid dan glatin terjadi endapan.
- 3) Tidak dapat mengkristal.
- 4) Mengendapkan protein dari larutannya dan bersenyawa dengan protein tersebut sehingga tidak dipengaruhi oleh enzim proteolitik.

b) Sifat kimia.

- 1) Merupakan senyawa kompleks dalam bentuk campuran polifenol yang sulit dipisahkan sehingga sulit mengkristal.
- 2) Tanin dapat diidentifikasi dengan kromatografi.
- 3) Senyawa fenol dari tanin mempunyai aksi adstringensia, antiseptik dan pemberi warna.

D. Maserasi

Maserasi merupakan cara penyarian yang sederhana. Maserasi dilakukan dengan cara merendam serbuk simplisa dalam cairan penyari. Cairan penyari akan menembus dinding sel dan masuk ke dalam rongga sel yang mengandung zat aktif, zat aktif akan larut dan adanya perbedaan konsentrasi antara larutan zat aktif di dalam sel dengan yang di luar sel, maka larutan yang pekat didesak keluar. Peristiwa ini berulang sehingga terjadi keseimbangan konsentrasi antara larutan di luar sel dan di dalam sel. Berikut ini keuntungan dan kelemahan metode maserasi:

1. Keuntungan dari metode ini:

- a. Unit alat yang dipakai sederhana, hanya dibutuhkan bejana perendam
- b. Biaya operasionalnya relatif rendah
- c. Prosesnya relatif hemat penyari
- d. Tanpa pemanasan (Mejeha, 2010).

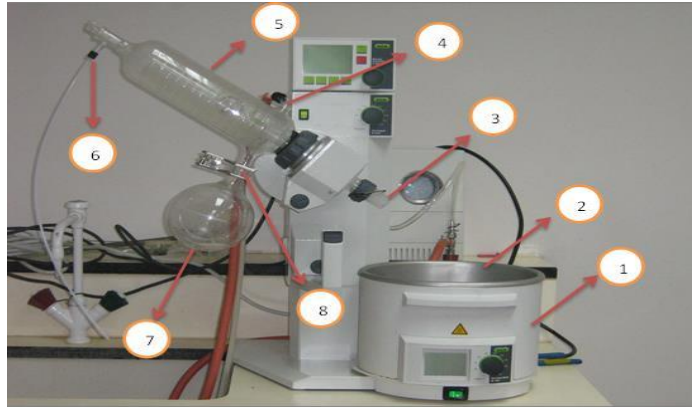
2. Kelemahan dari metode ini:

- a. Proses penyariannya tidak sempurna, karena zat aktif hanya mampu terekstraksi sebesar 50% saja
- b. Prosesnya lama, butuh waktu beberapa hari.

Cairan penyari yang digunakan dapat berupa air, etanol, air-etanol, atau pelarut lain. Bila cairan penyari digunakan air maka untuk mencegah timbulnya kapang, dapat ditambahkan bahan pengawet, yang diberikan pada awal penyarian (Pramana, 2010).

E. Evaporasi

Rotary vacuum evaporator adalah instrumen yang menggunakan prinsip destilasi (pemisahan). Prinsip utama dalam instrumen ini terletak pada penurunan tekanan pada labu alas bulat dan pemutaran labu alas bulat hingga berguna agar pelarut dapat menguap lebih cepat di bawah titik didihnya. Instrumen ini lebih disukai, karena hasil yang diperoleh sangatlah akurat, bila dibandingkan dengan teknik pemisahan lainnya. Alat *rotary vacuum evaporator* dapat diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. *Rotary vacuum evaporator*.

a. Nama dan fungsinya alat pada *rotary vacuum evaporator*

- 1) *Hot plate* berfungsi untuk mengatur suhu pada *water bath* sesuai temperatur yang diinginkan (tergantung pada titik didih pelarut).
- 2) *Water bath* berfungsi sebagai wadah air yang dipanaskan oleh *hot plate* untuk labu alas yang berisi “sampel”.
- 3) Ujung rotor “sampel” berfungsi sebagai tempat labu alas bulat sampel bergantung.
- 4) Lubang kondensor berfungsi sebagai pintu masuk bagi air ke dalam kondensor yang airnya disedot oleh pompa vakum.
- 5) Kondensor berfungsi sebagai pendingin yang mempercepat proses perubahan fasa, dari fasa gas ke fasa cair.
- 6) Lubang kondensor berfungsi sebagai pintu keluar bagi air dari dalam kondensor.
- 7) Labu alas bulat penampung berfungsi sebagai wadah bagi penampung pelarut.
- 8) Ujung rotor “penampung” berfungsi sebagai tempat labu alas bulat penampung bergantung.

F. Korosi

Korosi didefinisikan sebagai penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya (Trethewey, 1991). Pada peristiwa korosi, logam mengalami oksidasi, sedangkan oksigen (udara) mengalami reduksi. Peristiwa korosi sendiri merupakan proses elektrokimia, yaitu proses (perubahan atau reaksi kimia) yang melibatkan adanya aliran listrik. Bagian tertentu dari logam berlaku sebagai kutub negatif (elektroda negatif, anoda), sementara bagian yang lain sebagai kutub positif (elektroda positif, katoda). Elektron mengalir dari anoda ke katoda, sehingga terjadi peristiwa korosi (Daryanto, 2003).

a) Jenis korosi

Secara umum, korosi dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

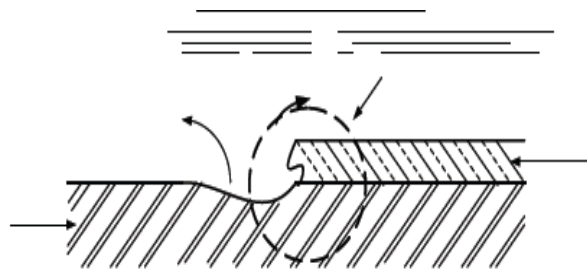
1. Korosi Seragam (*Uniform Corrosion*)

Korosi seragam merupakan korosi dengan serangan merata pada seluruh permukaan logam. Korosi terjadi pada permukaan logam yang terekspos pada lingkungan korosif. Jenis korosi ini biasanya dikategorikan, menurut reaksi *elektrokimia* secara menyeluruh, karena logam memiliki kesamaan metalurgi dan komposisi kimia. Bentuk korosi ini merupakan bentuk paling utama dari bentuk-bentuk korosi. Luas penampang logam yang mengalami korosi jenis ini akan semakin kecil. Contohnya peristiwa korosi seragam ini dapat dilihat pada tangki-tangki atau pada baja karbon yang mengandung H_2S . Korosi jenis ini dapat diatasi dengan cara melakukan teknik pelapisan (*coating*) menggunakan inhibitor dan pelindung dengan katoda (*cathodic protection*) (Fontana, 1986).

2. Korosi Galvanik

Korosi galvanik terjadi jika dua logam yang berbeda tersambung melalui elektrolit sehingga salah satu dari logam tersebut akan terserang korosi sedang lainnya terlindungi dari korosi. Untuk memprediksi logam yang terkorosi pada korosi galvanik dapat dilihat pada deret galvanik. Logam yang memiliki nilai potensial elektroda yang lebih rendah dalam daftar deret elektrokimia akan memiliki ketahanan korosi yang lebih rendah pula dibandingkan dengan logam yang memiliki potensial elektroda yang tinggi (Widayat, 2010).

Logam atau material yang memiliki ketahanan korosi yang rendah akan menjadi anoda dan logam material yang memiliki ketahanan korosi yang tinggi akan bertindak sebagai katoda. Contoh dari korosi galvanik adalah logam baja dan alumunium yang menempel, maka yang akan bertindak sebagai anoda sehingga alumunium akan mengalami korosi (Sarmin, 2011). Bentuk dari korosi galvanik antara baja dan alumunium dapat dilihat pada Gambar 5.

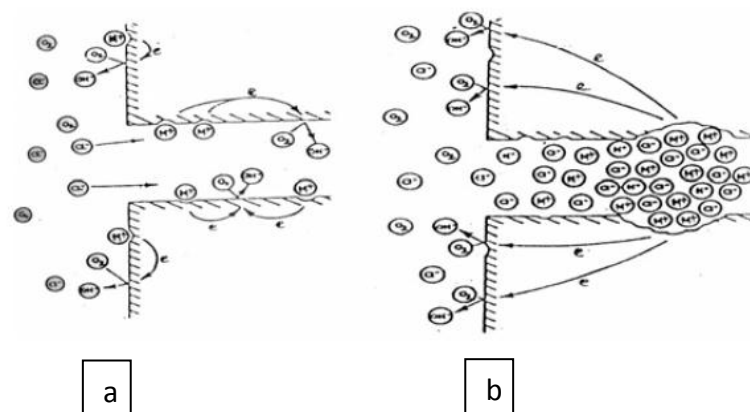


Gambar 5. Korosi galvanik

3. Korosi Celah

Mirip dengan korosi galvanik, dengan pengecualian pada perbedaan konsentrasi media korosifnya. Celah atau ketidakrataan permukaan lainnya seperti celah paku keling (*rivet*), baut, *washer*, *gasket*, deposit dan sebagainya, yang bersentuhan dengan media korosif dapat menyebabkan korosi terlokalisasi. Penyebab terjadinya

korosi ini adalah adanya genangan cairan yang ada di celah logam, adanya pengotor yang mengendap dipermukaan logam, serta adanya perbedaan kandungan oksigen yang terdapat pada celah dan diluar celah pada logam atau material. Korosi ini dapat dicegah dengan cara mengeringkan air yang terperangkap pada logam atau material dan dengan cara membersihkan kotoran-kotoran yang menempel pada celah-celah logam atau material. Mekanisme korosi celah dapat diperlihatkan pada Gambar 6.



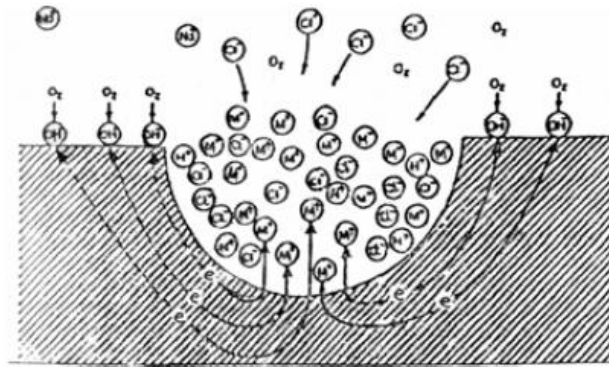
Gambar 6. Mekanisme korosi celah

Pada Gambar 6. (a) kondisi awal Korosi terjadi di seluruh permukaan logam (b) Kondisi akhir pelarutan logam hanya terjadi di sebelah dalam celah karena keasaman meningkat, konsentrasi ion klorida meningkat, dan reaksi selanjutnya mampu berjalan sendiri (Septiana, 2012).

4. Korosi Sumuran

Korosi sumuran terjadi karena adanya serangan korosi lokal pada permukaan logam sehingga membentuk cekungan atau lubang pada permukaan logam. Korosi logam pada baja tahan karat terjadi karena rusaknya lapisan pelindung (*passive film*). Korosi ini menyerang logam atau material secara lokal yang membentuk lubang halus yang sulit diamati dengan mata. Umumnya lubang-lubang halus pada logam

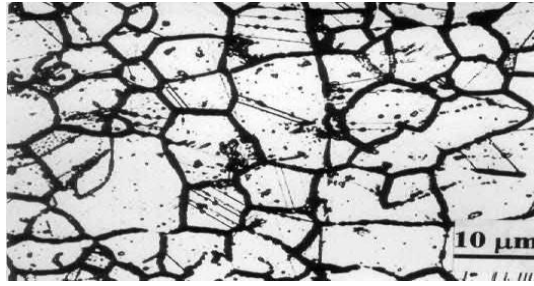
atau material digambarkan sebagai rongga atau lubang dengan diameter lubang kira-kira sama bahkan lebih kecil dari kedalamannya. Bentuk sumuran atau *pit* yang terjadi akibat korosi jenis ini bervariasi. Mekanisme terjadinya korosi sumuran dapat dilihat pada Gambar 7 (Berlian, 2011).



Gambar 7. Mekanisme korosi sumuran.

4. Korosi Batas Butir (*intergranular corrosion*)

Korosi batas butir adalah jenis korosi yang terjadi pada batas butir, yang merupakan tempat berkumpulnya *impurity* pada logam atau material. Adanya batas butir (*grain boundary*) banyak memberikan efek dari aplikasi atau penggunaan suatu material. Jika suatu logam terkorosi secara merata maka batas butir akan terlihat jelas lebih reaktif dibandingkan pada butir material tersebut. Pada beberapa kondisi, pertemuan butir sangat reaktif dan menyebabkan terjadinya korosi pada batas butir lebih cepat dibandingkan dengan korosi pada butir. *Intergranular corrosion* akan mengurangi atau menghilangkan kekuatan dari material (Ardra, 2013). Korosi batas butir dapat diperlihatkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Korosi batas butir

5. Korosi Erosi

Korosi erosi disebabkan oleh kombinasi fluida korosif dan kecepatan aliran yang tinggi. Bagian fluida yang kecepatannya rendah akan mengalami laju korosi rendah, sedangkan fluida kecepatan tinggi menyebabkan terjadinya erosi dan dapat menggerus lapisan pelindung sehingga mempercepat korosi (Lucya, 2012).

Kegagalan pada sistem perpipaan dapat menyebabkan berbagai dampak yang sangat serius (Sarmin, 2011). Bila sistem perpipaan tersebut merupakan jalur penghubung untuk fluida yang berbahaya, maka dampak utama yang ditimbulkan akan sangat mengancam kehidupan manusia dan ekosistem sekitar daerah dimana sistem perpipaan tersebut melintas. Korosi erosi dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Korosi erosi

6. Korosi Aliran (*Flow induced Corrosion*)

Korosi Aliran digambarkan sebagai efek dari aliran terhadap terjadinya korosi. Meskipun mirip tetapi antara korosi aliran dan korosi erosi adalah merupakan dua hal yang berbeda. Korosi aliran adalah peningkatan laju korosi yang disebabkan oleh turbulensi fluida dan perpindahan massa akibat dari aliran fluida di atas permukaan logam. Korosi erosi adalah naiknya korosi dikarenakan benturan secara fisik pada permukaan oleh partikel yang terbawa fluida (Caturina, 2008).

b) Laju Korosi

Laju korosi adalah peristiwa merambatnya proses korosi yang terjadi pada suatu material. Pada beberapa pengujian korosi sebagian besar yang dilakukan adalah laju korosi. Hal ini disebabkan laju korosi berkaitan erat nilai ekonomis dan teknis material. Laju korosi pada umumnya dapat diukur menggunakan dua metode yaitu: metode kehilangan berat dan metode elektrokimia. Metode kehilangan berat adalah menghitung kehilangan berat yang terjadi setelah beberapa waktu pencelupan (Emriadi, 2000).

Beberapa cara yang dapat memperlambat laju reaksi korosi antara lain dengan cara pelapisan permukaan logam agar terpisah dari medium korosif, membuat paduan logam yang cocok sehingga tahan korosi, dan dengan penambahan zat tertentu yang berfungsi sebagai inhibitor reaksi korosi (Favre, 1993).

c) Inhibitor

Inhibitor adalah suatu zat kimia yang dapat menghambat atau memperlambat suatu reaksi kimia. Sedangkan inhibitor korosi adalah suatu zat kimia yang bila ditambahkan ke dalam suatu lingkungan, dapat menurunkan laju penyerangan

korosi lingkungan itu terhadap suatu logam. Mekanisme penghambatannya terkadang lebih dari satu jenis (Qosim, 2007). Menurut bahan dasarnya, inhibitor korosi dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu:

a. Inhibitor Organik

Merupakan inhibitor yang menghambat korosi dengan cara teradsorpsi kimiawi. Inhibitor organik menurunkan laju korosi dengan cara mengisolasi permukaan logam dari lingkungan yang korosif dalam pembentukan film teradsorpsi. Cara kerja dari inhibitor organik adalah dengan membentuk lapisan pelindung pada permukaan logam. Inhibitor ini diperoleh dari bahan organik (Halimatuddahlia, 2003).

b. Inhibitor Anorganik

Inhibitor anorganik adalah jenis inhibitor yang terbuat dari bahan-bahan anorganik. Inhibitor ini diperoleh dari mineral-mineral yang mengandung unsur karbon di dalam senyawanya. Contoh inhibitor anorganik adalah kromat, nitrit, silikat, dan posfat (Firmansyah, 2011).

G. Asam Klorida (HCl)

Asam klorida adalah larutan gas HCl dalam air. Kelarutan gas HCl dalam air dapat mencapai 450 liter air pada suhu 0°C dan tekanan 1 atmosfer. Gas HCl tidak berwarna, membentuk kabut jika terkena udara lembab, baunya sangat menusuk dan sangat asam. Udara yang mengandung 0,004 % gas tersebut dapat membunuh. Asam klorida pekat yang murni berupa cairan tidak berwarna, sedangkan yang teknis berwarna agak kuning karena mengandung feri. Asam klorida pekat memiliki massa jenis 1,19 dan memiliki kadar sebesar 38%. Asam klorida adalah asam yang

sangat kuat, dapat melarutkan hampir semua logam, termasuk Pb pada kondisi panas, kecuali logam-logam mulia (Meilizia dkk, 2011).

Sejak Revolusi Industri, senyawa ini menjadi sangat penting dan digunakan untuk berbagai tujuan, meliputi produksi massal senyawa kimia organik seperti vinil klorida untuk plastik PVC dan MDI/TDI untuk poliuretana. Kegunaan kecil lainnya meliputi penggunaan dalam pembersih rumah, produksi gelatin, dan aditif makanan. Sekitar 20 juta ton gas HCl diproduksi setiap tahunnya.

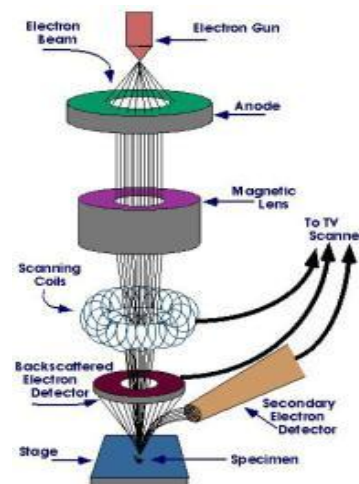
Potensi bahaya dari asam klorida pekat (asam klorida berasap) yaitu akan membentuk kabut asam. Baik kabut dan larutan tersebut bersifat korosif terhadap jaringan tubuh, dengan potensi kerusakan pada organ pernapasan, mata, kulit, dan usus. Seketika asam klorida bercampur dengan bahan kimia oksidator lainnya, seperti natrium hipoklorit (pemutih NaClO) atau kalium permanganat (KMnO₄), gas beracun klorin akan terbentuk (Meilizia dkk, 2011).

H. Natrium Klorida (NaCl)

Natrium klorida yang dikenal sebagai garam meja atau garam karang merupakan senyawa ion dengan rumus NaCl. Natrium klorida adalah garam yang paling berperan penting dalam salinitas laut dan dalam cairan ekstraselular dari banyak organisme multiselular. NaCl sangat umum digunakan sebagai bumbu makanan dan pengawet. Natrium klorida adalah garam yang berbentuk kristal atau bubuk berwarna putih. NaCl dapat larut dalam air tetapi tidak larut dalam alkohol. NaCl juga merupakan senyawa natrium yang berlimpah di alam (Sarma, 1972).

I. *Scanning Electron Microscopy (SEM) yang dilengkapi dengan Energy Dispersive Spectroscopy (EDS)*

SEM (*Scanning Electron Microscopy*) adalah salah satu jenis *microscopy electron* yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis. Prinsip kerja dari SEM adalah dengan menggambarkan permukaan benda atau material dengan berkas elektron yang dipantulkan dengan energi tinggi. Permukaan material yang disinari atau terkena berkas elektron akan memantulkan kembali berkas elektron atau dinamakan berkas elektron sekunder ke segala arah. Tetapi dari semua berkas elektron yang dipantulkan terdapat satu berkas elektron yang dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Detektor yang terdapat di dalam SEM akan mendeteksi berkas elektron berintensitas tertinggi yang dipantulkan oleh benda atau material yang dianalisis. Selain itu juga dapat menentukan lokasi berkas elektron yang berintensitas tertinggi itu. Skema SEM dapat diperlihatkan pada Gambar 10.



Gambar 10. SEM (*Scanning Electron Microscopy*).

SEM yang dilengkapi dengan EDS dapat menentukan unsur dan komposisi kimia. Bila suatu berkas elektron ditembakkan atau dikenai pada sampel akan terjadi

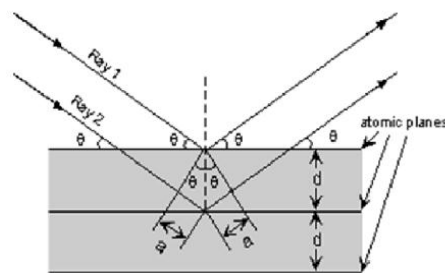
interaksi berupa elektron yang keluar dari atomnya, maka elektron tersebut mempunyai tingkat energi yang lebih rendah dari yang lain. Hal ini menyebabkan atom kurang stabil, sedangkan suatu atom mempunyai kecenderungan ingin menjadi stabil. Oleh karena itu, elektron yang mempunyai tingkat energi yang lebih tinggi akan turun (transisi) ke tingkat yang lebih rendah. Kelebihan energi yang dilepas pada waktu transisi membentuk sinar-X. Karena beda tingkat energi untuk suatu atom tertentu, sehingga sinar-X yang dihasilkan suatu atom tersebut juga mempunyai energi tertentu dan ini disebut sinar-X karakteristik.

Energi pancaran elektron dalam bentuk sinar-X akan dideteksi dan dihitung oleh EDS dan akan dihasilkan keluaran berbentuk grafik puncak-puncak tertentu yang mewakili unsur yang terkandung. EDS juga memiliki kemampuan untuk melakukan *elemental mapping* (pemetaan elemen) dengan memberikan warna berbeda-beda dari masing-masing elemen di permukaan bahan. EDS juga dapat digunakan untuk menganalisis secara kualitatif dari presentase masing-masing elemen (Qulub, 2011).

J. X-Ray Diffraction (XRD)

Sinar-X ditemukan pertama kali oleh *Wilhelm Conrad Rontgen* pada tahun 1895. Karena asalnya tidak diketahui waktu itu maka disebut sinar-X. Sinar-X digunakan untuk tujuan pemeriksaan yang tidak merusak pada material maupun manusia. Disamping itu, sinar-X dapat juga digunakan untuk menghasilkan pola difraksi tertentu yang dapat digunakan dalam analisis kualitatif dan kuantitatif material (Agus, 2008).

Pada waktu suatu material dikenai sinar-X, maka intensitas sinar yang ditransmisikan lebih rendah dari intensitas sinar datang. Hal ini disebabkan adanya penyerapan oleh material dan juga penghamburan oleh atom-atom dalam material tersebut. Berkas sinar-X yang dihamburkan tersebut ada yang saling menghilangkan karena fasanya berbeda dan ada juga yang saling menguatkan karena fasanya sama. Berkas sinar-X yang saling menguatkan itulah yang disebut sebagai berkas difraksi. Skema *X-Ray Diffraction* dapat diperlihatkan pada Gambar 11.



Gambar 11. *X-Ray Diffraction* (XRD).

Hukum *Bragg* merupakan perumusan matematika tentang persyaratan yang harus dipenuhi agar berkas sinar-X yang dihamburkan tersebut merupakan berkas difraksi. Sinar-X dihasilkan dari tumbukan antara elektron kecepatan tinggi dengan logam target. Dari prinsip dasar ini, maka dibuatlah berbagai jenis alat yang memanfaatkan prinsip dari Hukum *Bragg* ini.

XRD atau *X-Ray Diffraction* merupakan salah satu alat yang memanfaatkan prinsip tersebut dengan menggunakan metode karakterisasi material yang paling tua dan paling sering digunakan hingga sekarang. Teknik ini digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel (Akda, 2012).

Pendifraksian sinar-X yaitu difraksi sinar-X terjadi pada hamburan elastis foton-foton sinar-X oleh atom dalam sebuah kisi periodik. Hamburan monokromatis sinar-X dalam fasa tersebut memberikan interferensi yang konstruktif. Dasar dari penggunaan difraksi sinar-X untuk mempelajari kisi kristal adalah berdasarkan persamaan *Bragg*

$$n \cdot \lambda = 2 \cdot d \cdot \sin \theta \quad (1)$$

dengan:

n = bilangan bulat 1, 2, 3,.... atau orde pembiasan

λ = panjang gelombang sinar-X

d = jarak antara dua bidang kisi

θ = sudut antara sinar datang dengan bidang normal.

Berdasarkan persamaan Bragg, jika seberkas sinar-X dijatuhkan pada sampel kristal, maka bidang kristal akan membiaskan sinar-X yang memiliki panjang gelombang sama dengan jarak antar kisi dalam kristal tersebut. Sinar yang dibiaskan akan ditangkap oleh detektor kemudian diterjemahkan sebagai sebuah puncak difraksi. Makin banyak bidang kristal yang terdapat dalam sampel, makin kuat intensitas pembiasan yang dihasilkannya. Tiap puncak yang muncul pada pola XRD mewakili satu bidang kristal yang memiliki orientasi tertentu dalam sumbu tiga dimensi. Puncak-puncak yang didapatkan dari data pengukuran ini kemudian dicocokkan dengan standar difraksi sinar-X untuk hampir semua jenis material. Standar ini disebut JCPDS (King, 1974).

Prinsip kerja XRD secara umum adalah sebagai berikut: XRD terdiri dari tiga bagian utama, yaitu tabung sinar-X, tempat objek yang diteliti, dan detektor sinar-X.

Sinar-X dihasilkan di tabung sinar-X yang berisi katoda memanaskan filamen, sehingga menghasilkan elektron. Ketika elektron mempunyai tingkat energi yang tinggi dan menabrak elektron dalam objek, maka dihasilkan pancaran sinar-X. Objek dan detektor berputar untuk menangkap dan merekam intensitas refleksi sinar-X. Detektor merekam dan memproses sinyal sinar-X dan mengolahnya dalam bentuk grafik (Mahabusarakam dkk, 2006).

Kelebihan penggunaan sinar-X dalam karakterisasi material adalah kemampuan penetrasinya, sebab sinar-X memiliki energi sangat tinggi akibat panjang gelombangnya yang pendek. Sedangkan kekurangannya adalah untuk objek berupa kristal tunggal sangat sulit mendapatkan senyawa dalam bentuk kristalnya. Sedangkan untuk objek berupa bubuk (*powder*) sulit untuk menentukan strukturnya (Zakaria, 2003).