

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Pengelasan

Berdasarkan definisi dari *Deutche Industrie Normen* (DIN), las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Definisi ini dapat diartikan lebih lanjut bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa logam dengan menggunakan energi panas [Wiryosumarto, 1996].

Pengelasan memberikan keuntungan baik itu dalam aspek komersil maupun teknologi, adapun keuntungan dari pengelasan adalah sebagai berikut [Groover, 1996]:

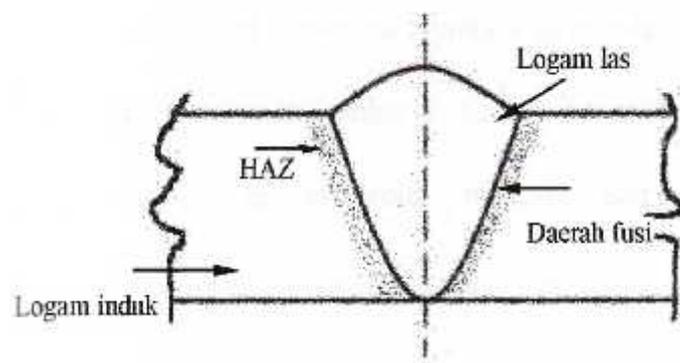
1. Pengelasan memberikan sambungan yang permanen. Kedua bagian yang disambung menjadi satu kesatuan setelah dilas.
2. Sambungan las dapat lebih kuat daripada material induknya jika logam pengisi (*filler metal*) yang digunakan memiliki sifat-sifat kekuatan yang tinggi daripada material induknya, dan teknik pengelasan yang digunakan harus tepat.

3. Pengelasan biasanya merupakan cara yang paling ekonomis jika ditinjau dari harga pembuatannya dan segi penggunaannya.
4. Pengelasan tidak dibatasi di lingkungan pabrik saja. Pengelasan dapat dikerjakan di lapangan.

Berdasarkan masukan panas (*heat input*) utama yang diberikan kepada logam dasar, proses pengelasan dapat dibagi menjadi dua cara, yaitu [Wiryosumarto, 1996]:

1. Pengelasan dengan menggunakan energi panas yang berasal dari *fusion* (nyala api las), contohnya: las busur (*arc welding*), las gas (*gas welding*), las sinar electron (*electron discharge welding*), dan lain-lain.
2. Pengelasan dengan menggunakan energi panas yang tidak berasal dari nyala api las (*nonfusion*), contohnya: *friction stirr welding* (proses pengelasan dengan gesekan), las tempa, dan lain-lain.

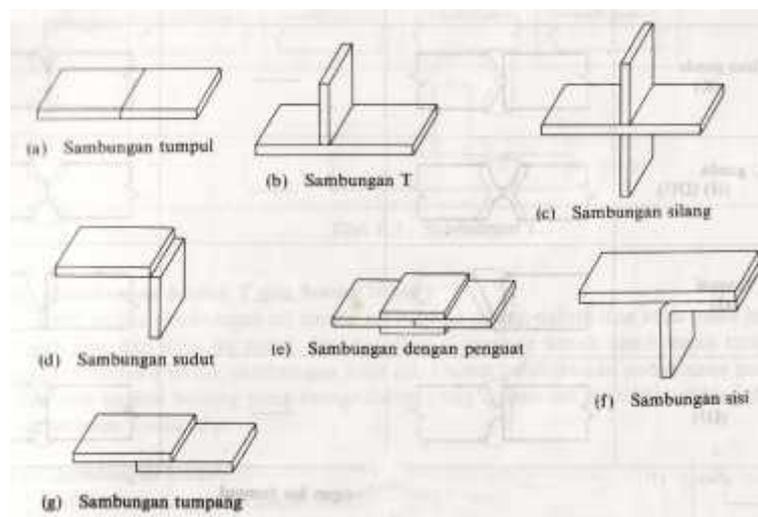
Pada proses pengelasan terdapat empat daerah seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Daerah lasan [Wiryosumarto, 1996].

- a) Logam induk (*base metal*), merupakan bagian logam dasar dimana panas dan suhu pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan struktur dan sifat.
- b) Logam las, merupakan bagian dari logam yang pada waktu pengelasan mencair dan membeku.
- c) Daerah pengaruh panas atau *heat effected zone* (HAZ), merupakan logam dasar yang bersebelahan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat.
- d) Batas las atau daerah fusi (*fusion line*), merupakan daerah yang membatasi antara logam las dengan daerah pengaruh panas (HAZ).

Sambungan las dalam konstruksi baja pada dasarnya terbagi dalam sambungan tumpul, sambungan T, sambungan sudut, dan sambungan tumpang. Sebagai perkembangan sambungan dasar tersebut diatas terjadi sambungan silang, sambungan dengan penguat dan sambungan sisi [Wiryosumarto, 1996].



Gambar 2. Jenis-jenis sambungan dasar [Wiryosumarto, 1996].

1) Sambungan tumpul

Sambungan tumpul adalah jenis sambungan yang paling efisien. Sambungan ini dibagi lagi menjadi dua yaitu sambungan penetrasi penuh dan sambungan penetrasi sebagian. Bentuk alur dalam sambungan tumpul sangat mempengaruhi efisiensi pekerjaan, efisiensi sambungan dan jaminan sambungan.

2) Sambungan bentuk T dan bentuk silang

Pada kedua sambungan ini secara garis besar dibagi dalam dua jenis yaitu jenis las dengan alur dan jenis las sudut. Dalam pelaksanaan pengelasan mungkin sekali ada bagian batang yang menghalangi yang dalam hal ini dapat diatasi dengan memperbesar sudut alur.

3) Sambungan sudut

Dalam sambungan ini dapat terjadi penyusutan dalam arah tebal pelat yang dapat menyebabkan terjadinya retak lamel. Hal ini dapat dihindari dengan membuat alur pada pelat tegak.

4) Sambungan tumpang

Karena sambungan ini efisiensinya rendah maka jarang sekali digunakan untuk pelaksanaan penyambungan konstruksi utama. Sambungan tumpang biasanya dilaksanakan dengan las sudut dan las isi.

5) Sambungan sisi

Sambungan sisi dibagi dalam sambungan las dengan alur dan sambungan las ujung. Untuk sambungan las dengan alur, maka pelatnya harus dibuat alur. Sedangkan untuk sambungan las ujung, pengelasan dilakukan pada ujung pelat tanpa ada alur.

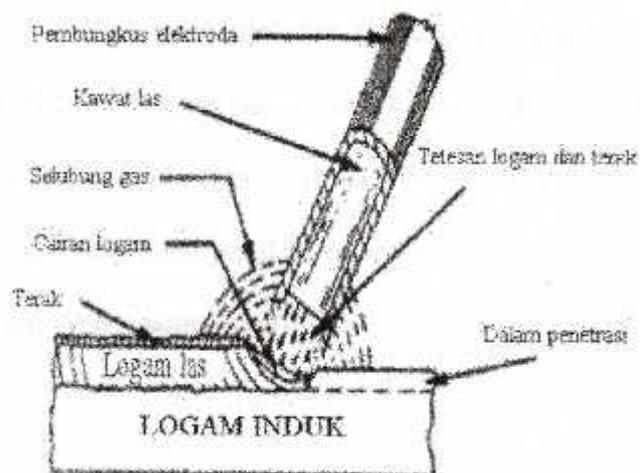
6) Sambungan dengan pelat penguat

Sambungan ini dibagi dalam dua jenis yaitu sambungan dengan pelat penguat tunggal dan dengan pelat penguat ganda.

[Wiryosumarto, 1996].

**B. Las Busur Listrik Elektroda Terlindung / *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW)**

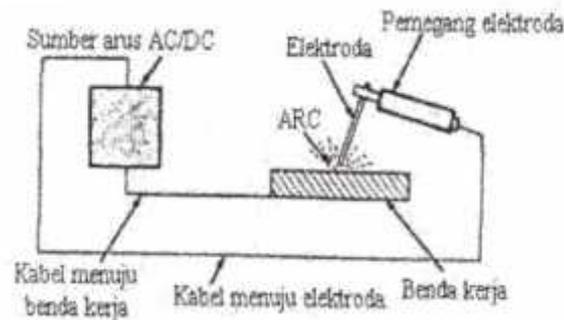
Las busur listrik elektroda terlindung atau lebih dikenal dengan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) merupakan pengelasan menggunakan busur nyala listrik sebagai panas pencair logam. Busur listrik terbentuk diantara elektroda terlindung dan logam induk seperti ditunjukkan pada gambar 3. Karena panas dari busur listrik maka logam induk dan ujung elektroda mencair dan membeku bersama [Wiryosumarto, 1996].



Gambar 3. Las busur listrik elektroda terlindung (SMAW)

Prinsip kerja las busur listrik elektroda terlindung yaitu dimulai ketika nyala api elektrik menyentuh ujung elektroda dengan benda kerja, skema las

SMAW seperti yang ditunjukkan pada gambar 4. Dua logam yang konduktif jika dialiri arus listrik dengan tegangan yang relative rendah akan menghasilkan loncatan electron yang menimbulkan panas yang sangat tinggi, dapat mencapai  $5000^{\circ}\text{C}$  yang dapat mencairkan kedua logam tersebut.



Gambar 4. Skema kerja las busur listrik elektroda terlindung

Las SMAW terdiri dari beberapa bagian peralatan yang disusun atau dirangkai sedemikian rupa sehingga dapat berfungsi sebagai suatu unit alat untuk pengelasan. Satu unit las SMAW terdiri dari [Bintoro, 1999]:

a) Mesin pembangkit tenaga listrik/mesin las

Mesin las terdiri dari dua macam yaitu: mesin las arus bolak balik (mesin las AC) dan mesin las arus searah (mesin las DC). Pada mesin las AC terdapat *transformator* atau trafo yang berfungsi untuk menaikkan atau menurunkan tegangan, kebanyakan trafo yang digunakan pada peralatan las adalah jenis trafo *step-down*, ayaitu trafo yang berfungsi untuk menurunkan tegangan. Sedangkan pada mesin las DC terdapat *receifer* atau penyearah arus yang berfungsi untuk mengubah arus bolak balik (AC) menjadi arus searah (DC).

b) Kabel las

Kabel las digunakan untuk mengalirkan arus listrik dari sumber listrik ke elektroda dan massa. Arus yang besar harus dapat dialirkan melalui kabel tanpa banyak mengalami hambatan, sehingga perlu dipilih kabel yang sesuai dengan arus yang dialirkan.

c) Elektroda

Berdasarkan selaput pelindungnya, elektroda dibedakan menjadi dua macam, yaitu elektroda polos dan elektroda berselaput. Elektroda berselaput terdiri dari bagian inti yang berfungsi sebagai *filler metal* dan zat pelindung atau *fluks* yang berfungsi untuk:

- 1) Melindungi cairan las, busur listrik, dan benda kerja yang dilas dari udara luar. Udara luar mengandung oksigen yang dapat mengakibatkan terjadinya oksidasi, sehingga dapat mempengaruhi sifat mekanis dari logam yang dilas.
- 2) Memungkinkan dilakukannya posisi pengelasan yang berbeda-beda.
- 3) Memberikan sifat-sifat khusus pada hasil pengelasan dengan cara menambah zat-zat tertentu pada selaput elektroda dan lain sebagainya

d) Pemegang elektroda

Pemegang elektroda berfungsi sebagai penjepit / pemegang ujung elektroda yang tidak berselaput, dan juga berfungsi untuk mengalirkan arus listrik dari kabel ke elektroda.

e) Tang penghubung kabel massa

Tang penghubung kabel massa berfungsi untuk menghubungkan kabel massa dengan benda kerja yang akan dilas.

f) Alat bantu

Alat bantu sifatnya tidak mutlak harus ada. Fungsinya adalah sebagai pembantu untuk mempermudah dalam pengelasan. Alat bantu yang umum digunakan contohnya: palu terak, tang untuk memegang benda kerja yang masih panas, sikat kawat, topeng las, dan sebagainya.

Beberapa bentuk dan teknik dalam pengelasan [Bintoro, 1999]:

a. Posisi bawah tangan

Benda kerja terletak diatas bidang datar dan posisinya dibawah tangan dengan arah tangan dari kiri ke arah kanan. Dari keempat posisi pengelasan tersebut, posisi bawah tanganlah yang paling mudah melakukannya. Oleh sebab itu untuk menyelesaikan setiap pekerjaan pengelasan sedapat mungkin diusahakan pada posisi dibawah tangan.

b. Posisi mendatar

Benda tegak berdiri dan arah pengelasan berjalan mendatar dari kiri ke arah kanan sejajar dengan bahu pengelas. Pada posisi horizontal kedudukan benda dibuat tegak dan arah pengelasan mengikuti garis horizontal. Panjang busur nyala dibuat lebih pendek kalau dibandingkan dengan panjang busur nyala pada posisi pengelasan dibawah tangan

c. Posisi tegak (vertical)

Posisi benda kerja tegak dan arah pengelasan berjalan bisa naik dan bisa Juga turun. Pada pengelasan vertical, benda kerja dalam posisi tegak dan

arah pengelasan dapat dilakukan keatas / naik atau kebawah / turun. Arah pengelasan yang dilakukan tergantung kepada jenis elektroda yang dipakai. Elektroda yang berbusur lemah dilakukan pengelasan keatas, elektroda yang berbusur keras dilakukan pengelasan kebawah.

d. Posisi atas kepala

Pengelasan dari bawah dan benda kerja berada diatas operator. Posisi pengelasan diatas kepala, bila benda kerja berada pada daerah sudut  $45^{\circ}$  terhadap garis vertical, dan juru las berada dibawahnya. Pengelasan posisi diatas kepala, sudut jalan elektroda berkisar antara  $75^{\circ} - 85^{\circ}$  tegak lurus terhadap kedua benda kerja. Busur nyala dibuat sependek mungkin agar pengaliran cairan logam dapat ditahan.

### C. Baja Karbon

Baja karbon adalah paduan antara besi dan karbon dengan sedikit Si, Mn, P, S, dan Cu. Sifat baja karbon sangat tergantung pada kadar karbon, bila kadar karbon naik maka kekuatan dan kekerasan juga akan bertambah tinggi. Karena itu baja karbon dikelompokkan berdasarkan kadar karbonnya [Wiryosumarto, 1996].

*American Iron And Steel Institute (AISI)* memakai system penomoran baja dengan empat didit angka: 10xx, 10 mengindikasikan bahwa baja tersebut adalah baja karbon, dua angka terakhir mengindikasikan persentase karbon. Sebagai contoh, angka 1020 mengindikasikan bahwa baja tersebut adalah baja karbon dengan kadar karbon 0,20% [Groover, 1996].

Pengaruh utama dari kandungan karbon dalam baja adalah pada kekuatan, kekerasan, dan sifat mudah dibentuk. Kandungan karbon yang besar dalam baja mengakibatkan meningkatnya kekerasan tetapi baja tersebut akan rapuh dan tidak mudah dibentuk [Davis, 1998].

#### 1. Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah memiliki kandungan karbon dibawah 0,3%. Baja karbon rendah sering disebut dengan baja ringan (*mild steel*) atau baja perkakas. Jenis baja yang umum dan banyak digunakan adalah jenis *cold roll steel* dengan kandungan karbon 0,08% – 0,30% yang biasa digunakan untuk *body* kendaraan [Sack, 1997].

Baja karbon rendah memiliki kepekaan las yang rendah bila dibandingkan dengan baja karbon lainnya, atau dengan baja karbon paduan. Tetapi retak las pada baja karbon rendah dapat terjadi dengan mudah pada pengelasan plat tebal atau di dalam baja tersebut terdapat belerang bebas yang cukup tinggi, namun hal ini bisa dihindari dengan pemanasan mula atau dilas dengan elektroda hydrogen rendah [Wiryosumarto, 1996].

#### 2. Baja Karbon Sedang

Baja karbon sedang merupakan baja yang memiliki kandungan karbon 0,30% - 0,60%. Baja karbon sedang mempunyai kekuatan yang lebih dari baja karbon rendah dan mempunyai kualitas perlakuan panas yang tinggi. Baja karbon sedang bisa di las dengan las busur listrik elektroda

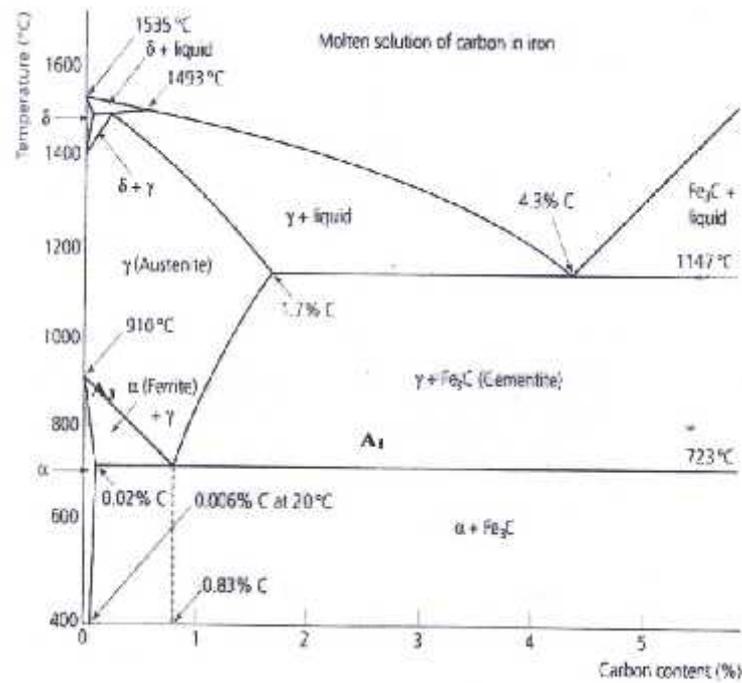
terlindung dan proses pengelasan yang lain. Untuk hasil yang terbaik maka dilakukan pemanasan mula sebelum pengelasan dan normalizing setelah pengelasan [Sack, 1997].

### 3. Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi memiliki kandungan karbon paling tinggi jika dibandingkan dengan baja karbon yang lain yakni 0,60% - 1,7%. Kebanyakan baja karbon tinggi sukar untuk di las jika dibandingkan dengan baja karbon rendah dan sedang [Sack, 1997]. Karena memiliki banyak kandungan karbon dan unsur pengelas baja yang lain maka pada daerah pengaruh panas (HAZ) mudah terjadi pengelasan. Sifat yang mudah menjadi keras ini ditambah dengan adanya hidrogen difusi menyebabkan baja ini sangat peka terhadap retak las. Pemanasan mula sebelum pengelasan dan perlakuan panas setelah di las baik untuk mengurangi retak las pada baja karbon tinggi [Wiryosumarto, 1996].

### 4. Struktur Mikro Baja Karbon

Siklus *thermal* akan terjadi pada saat dilakukannya proses pengelasan baja karbon. Siklus *thermal* las adalah proses pemanasan dan pendinginan yang terjadi di daerah pengelasan. Gambar 5 menunjukkan diagram fasa besi karbon yang menampilkan hubungan antara temperatur dengan perubahan fasa selama proses pemanasan dan pendinginan yang lambat [Wiryosumarto, 1996].

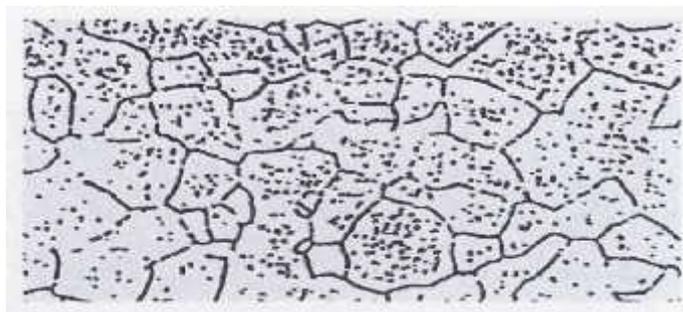


Gambar 5. Diagram fasa besi karbon [Timings, 1998].

Fasa-fasa yang ada pada diagram fasa besi karbon dapat dijelaskan sebagai berikut [Suratman, 1994]:

- o *Ferrit* (disimbolkan dengan  $\alpha$ )

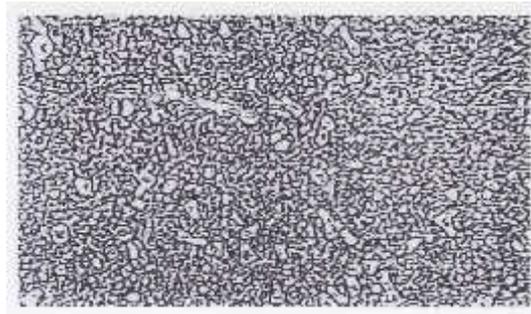
Memiliki bentuk sel satuan BCC, terbentuk pada proses pendinginan lambat dari *austenite* baja *hipoeuctoid* (baja dengan kandungan karbon < 0,8%), bersifat lunak, ulet, memiliki kekerasan (70-100) BHN dan konduktivitas thermalnya tinggi.



Gambar 6. Struktur mikro *ferlit* [Suratman, 1994].

- *Cementit* (disimbolkan dengan  $\text{Fe}_3\text{C}$ )

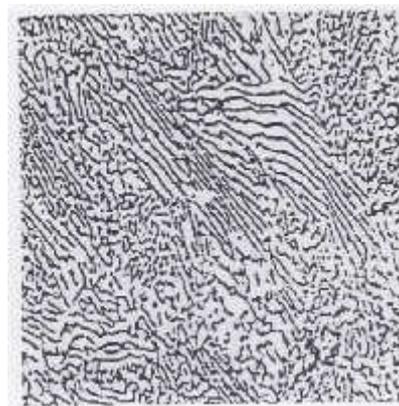
Adalah senyawa besi dengan karbon, umumnya dikenal sebagai karbida besi dengan rumus kimia  $\text{Fe}_3\text{C}$ , bentuk sel satuannya *ortorombik*, dan bersifat keras (65-68) HRC.



Gambar 7. Struktur mikro *cementit* [Suratman, 1994].

- *Perlit* (disimbolkan dengan  $\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$ )

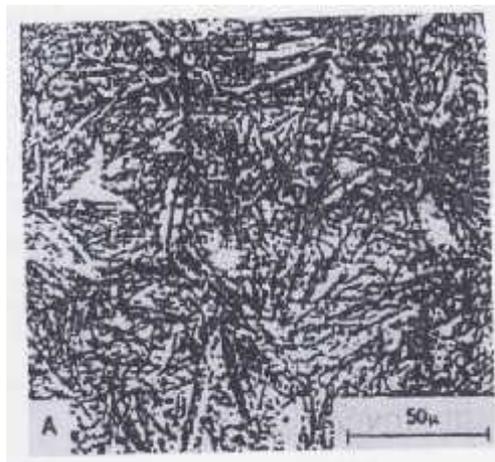
Adalah campuran *ferit* dan *cementit* berlapis dalam suatu struktur butir, memiliki nilai kekerasan (10-30) HRC. Pendinginan lambat menghasilkan *perlit* kasar, sedangkan struktur mikro *perlit* halus terbentuk dari hasil pendinginan cepat. Baja yang memiliki struktur mikro *perlit* kasar kekuatannya lebih rendah bila dibandingkan dengan baja yang memiliki struktur mikro *perlit* halus.



Gambar 8. Struktur mikro *perlit* [Suratman, 1994].

- *Martensit*

Terbentuk dari pendinginan cepat fasa *austenite* sehingga mengakibatkan sel satuan FCC bertransformasi secara cepat menjadi BCC, unsur karbon yang larut dalam BCC terperangkap dan tetap berada dalam sel satuan itu, hal tersebut menyebabkan terjadinya distorsi sel satuan sehingga sel satuan BCC berubah menjadi BCT. Struktur mikro *martensit* seperti bentuk jarum-jarum halus, bersifat keras (20-67) HRC, dan getas.



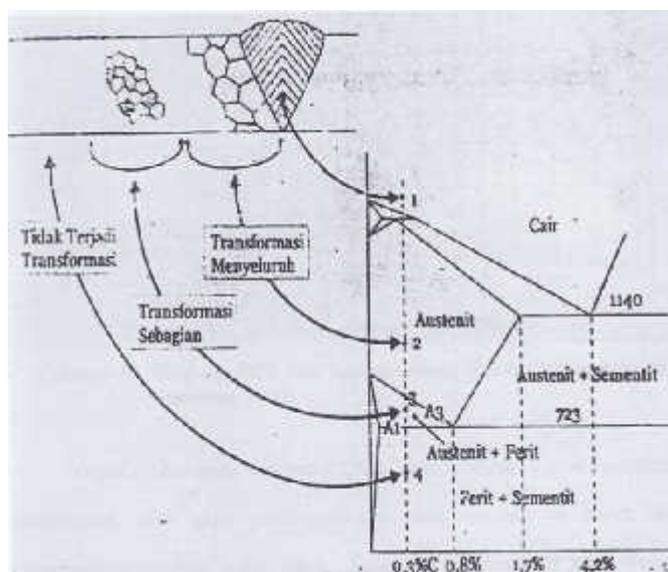
Gambar 9. Struktur mikro *martensit* [Suratman, 1994].

- *Austenite* (disimbolkan dengan )

Memiliki bentuk sel satuan FCC yang mengandung unsur karbon hingga maksimum 1,7%.

Transformasi fasa pada daerah pengelasan seperti yang ditunjukkan pada gambar 10, dapat dianalisa secara eksperimental dengan menggunakan diagram CCT (Continuous Cooling Transformation), karena kecepatan pendinginan dari temperatur *austenite* sampai ke temperatur ruangan berlangsung secara cepat. Kecepatan pendinginan tersebut berpengaruh

pada kekuatan sambungan las, karena akan menentukan fasa akhir yang terbentuk [Suratman, 1994].



Gambar 10. Transformasi fasa pada daerah pengelasan [Suratman, 1994].

## D. Korosi Logam

### Pengertian Korosi

Korosi adalah penurunan mutu logam yang disebabkan oleh reaksi elektrokimia antara logam dengan lingkungan sekitarnya (Trethewey, 1991). Korosi juga dapat diartikan sebagai peristiwa alamiah yang terjadi pada bahan dan merupakan proses kembalinya bahan ke kondisi semula saat bahan ditemukan dan diolah dari alam (Supriyanto, 2007).

Bahan logam adalah bahan yang paling banyak digunakan, sehingga masalah korosi yang berhubungan dengan logam menjadi lebih serius. Ada beberapa hal penting mengenai pengertian korosi yang menyangkut logam, yaitu :

1. Korosi yang terjadi pada logam adalah suatu reaksi kimia yang berlangsung sebanyak setengah reaksi saja.
2. Korosi adalah proses yang tidak dikehendaki, meskipun ada beberapa hal yang diperlukan, namun hal ini hanya sedikit dan sifatnya sangat spesifik.
3. Penurunan mutu logam selain melibatkan reaksi kimia, juga melibatkan elektrokimia, yaitu antara bahan-bahan yang bersangkutan mengalami perpindahan elektron.
4. Lingkungan adalah faktor yang sangat menentukan agar reaksi korosi dapat berlangsung.

Korosi pada logam adalah proses kembalinya produk logam ke kondisi asalnya. Daur logam diawali dari oksida logam (bijih logam), produk setengah jadi (ingot, billet, slab), produk jadi, dan kembali menjadi oksida logam (hasil karat) akibat proses korosi yang berlangsung secara terus menerus, dan tidak dapat dihilangkan atau dihindari. Terhadap korosi logam yang dapat dilakukan adalah memperlambat proses korosi (Supriyanto, 2007).

### **Terjadinya Korosi pada Logam**

Agar dapat berlangsung reaksi korosi pada suatu logam, ada empat komponen penting dalam sel korosi basah sederhana, keempat komponen tersebut adalah anoda, katoda, elektrolit dan hubungan listrik. Penghilangan salah satu komponen tersebut akan menghambat proses korosi. Anoda dan katoda bisa muncul pada satu permukaan logam antara lain karena adanya pasangan sel

galvanik didalamnya. Pasangan sel galvanik adalah suatu pasangan bahan logam yang memunculkan anoda dan katoda akibat pemakaian dua bahan atau dua logam yang berbeda. Dua macam bahan atau dua macam logam yang berbeda dapat menimbulkan dan berperan sebagai anoda dan katoda. Ion dan elektron yang dihasilkan selama reaksi korosi akan menumpuk menghasilkan potensial elektroda pada masing-masing bahan.

Pada suatu reaksi korosi semakin negatif potensial elektroda pada masing-masing bahan pada sel korosi, maka ia akan semakin mudah menjadi anoda. Pemakaian dua bahan yang memiliki selisih potensial elektroda secara bersama, akan semakin rawan terhadap terjadinya korosi pada bahan itu. Arus listrik dapat ditimbulkan oleh adanya perbedaan potensial elektroda pada bahan yang digunakan. Semakin besar selisih potensial elektroda, semakin besar tegangan atau voltase listrik yang timbul dan arus listrik yang mengalir pun juga akan semakin besar, sehingga reaksi korosi akan lebih dimungkinkan terjadi dan akan berlangsung lebih agresif.

Agar dapat timbul reaksi korosi, maka antara anoda dan katoda harus ada kontak listrik baik itu secara langsung ataupun melalui perantara. Perantara dapat berupa larutan penghantar listrik yang disebut larutan elektrolit dan yang tanpa perantara harus ada kontak langsung dari biasanya yang terjadi pada satu permukaan logam. Secara umum dapat dikatakan bahwa korosi akan berlangsung lebih cepat jika suatu benda logam berada di lingkungan

air, reaksi-reaksi korosi yang umum adalah didaerah muka antara bahan padat dan bahan cair.

Reaksi yang menghasilkan elektron disebut dengan reaksi anoda, dan juga disebut proses oksidasi. Reaksi yang memperoleh elektron disebut reaksi reduksi yang biasanya berlangsung pada katoda yang disebut reaksi katoda.

Persamaan korosi secara umum adalah :



Reaksi ini menghasilkan ion logam dan elektron yang masih akan mengalami reaksi berlanjut membentuk hasil korosi.

a. Anoda

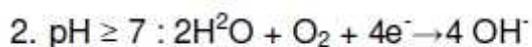
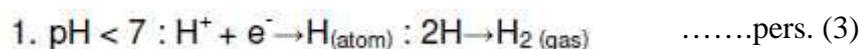
Anoda biasanya terkorosi dengan melepaskan electron-elektron dari atom-atom logam netral untuk membentuk ion-ion yang bersangkutan. Ion-ion ini mungkin tetap tinggal dalam larutan atau bereaksi membentuk hasil korosi yang tidak larut.

Reaksi pada anoda yang berlangsung dengan persamaan :



b. Katoda

Katoda biasanya tidak mengalami korosi, walaupun mungkin menderita kerusakan dalam kondisi-kondisi tertentu. Ada dua reaksi penting dan umum yang mungkin terjadi pada katoda, tergantung pada pH larutan yang bersangkutan, adalah :



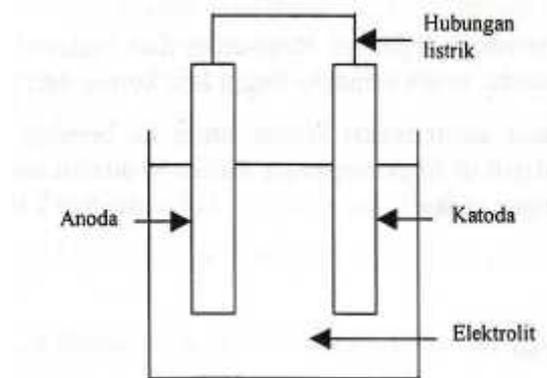
Syarat reaksi pada katoda agar dapat berlangsung adalah reaksi harus mengkonsumsi elektron-elektron yang dihasilkan oleh proses anoda dan perubahan energinya harus cukup besar.

c. Elektrolit

Elektrolit adalah larutan yang mempunyai sifat menghantarkan listrik. Elektrolit dapat berupa larutan asam, larutan basa dan larutan garam. Elektrolit dapat digolongkan menjadi dua, yaitu : elektrolit kuat dan elektrolit lemah. Larutan elektrolit mempunyai peranan penting dalam korosi logam karena larutan ini dapat menjadikan kontak listrik antara anoda dan katoda.

d. Hubungan Listrik

Antara anoda dan katoda harus ada hubungan listrik agar arus dalam sel korosi dapat mengalir. Hubungan secara fisik tidak diperlukan jika anoda dan katoda merupakan bagian dari logam yang sama. Proses tersebut dapat dilihat pada Gambar 11 dalam bentuk sel korosi basah sederhana.



Gambar 11. Sel korosi basah sederhana (Darmawan, 2001).

## **Macam-macam korosi**

### **a. Korosi Seragam**

Korosi seragam atau biasa disebut dengan serangan seragam merupakan suatu bentuk korosi elektrokimia yang terjadi dengan tingkat ekuivalen tinggi pada seluruh bagian permukaan yang diuji dan sering kali meninggalkan suatu kerak dibalik permukaan atau endapan. Dengan mikroskop dapat terlihat bahwa reaksi reduksi dan oksidasi yang terjadi pada permukaan terlihat lebih acak. Pada umumnya korosi seragam terjadi pada besi, baja dan barang-barang yang terbuat dari perak. Korosi seragam pada umumnya lebih dapat diterima dibanding korosi lainnya karena korosi seragam dapat diprediksi dan didesain untuk kemudahan yang relatif (Trethewey, 1991).

### **b. Korosi Batas Butir**

Kebanyakan logam yang diproduksi secara besar-besaran untuk keperluan rekayasa memiliki cacat volume. Bahkan logam murni yang bebas dari semua cacat dari proses produksi masih dapat mengalami serangan korosi selektif pada batas-batas butir (seperti yang terlihat pada gambar 12), yang karena ketidaksesuaian struktur kristal di situ, atom-atom secara termodinamik kurang mantap dibanding atom-atom pada kedudukan kisi sempurna, dan mempunyai kecenderungan lebih besar untuk terkorosi. Bagaimanapun, kenyataan ini justru memungkinkan kita untuk mengamati ukuran dan batas butir, yang merupakan bagian vital dari penelitian metalografi.



Gambar 12. Korosi Batas Butir (Trethewey, 1991)

Jika kita ingin mempelajari struktur butir suatu logam atau paduan, mula-mula spesimen harus digosok sampai permukaannya betul-betul licin. Dalam keadaan licin ini kita tidak mungkin mengamati struktur butir : spesimen itu rata dan seperti pada cermin, berkas-berkas cahaya yang datang dipantulkan sejajar oleh permukaan yang tidak menunjukkan adanya topografi. Dalam metalografi proses ini disebut pengetsaan (*etching*), namun yang terjadi sesungguhnya adalah korosi batas butir.

Bukan tidak mungkin anda telah menyaksikan efek-efek ini tanpa menyadari korosi dibalik peristiwa itu. Banyak barang dari seng bersalut kuningan mempunyai struktur-struktur butir besar yang sangat Nampak sesudah dibiarkan di udara terbuka selama waktu yang cukup lama. Pegangan pintu dari kuningan khususnya segera memperlihatkan suatu pola yang rumit namun indah sesudah terkena sentuhan ratusan tangan berkeringat yang menyebabkan korosi batas butir.

### c. Korosi Celah

Dimasa lampau, penggunaan istilah korosi celah (*crevice corrosion*) dibatasi hanya untuk serangan terhadap paduan-paduan yang oksidanya terpasifkan oleh ion-ion agresif seperti klorida dalam celah-celah atau daerah-daerah permukaan logam yang tersembunyi. Korosi celah adalah serangan yang terjadi karena sebagian permukaan logam terhalang dari lingkungan dibanding bagian lain logam yang menghadapi elektrolit dalam volume besar. Korosi celah dapat dilihat pada Gambar 13



Gambar 13. Korosi celah pada sambungan universal baja nirkarat

(Trethewey, 1991).

### d. Korosi Sumuran

Korosi sumuran (*pitting corrosion*) adalah korosi lokal yang secara selektif menyerang bagian permukaan logam yang (Trethewey, 1991) :

- (a) Selaput pelindungnya tergores atau retak akibat perlakuan mekanik;
- (b) Mempunyai tonjolan akibat dislokasi atau *slip* yang disebabkan oleh tegangan tarik yang dialami atau tersisa;
- (c) Mempunyai komposisi heterogen dengan adanya inklusi, segregasi atau presipitasi.

Pengamatan terhadap lubang-lubang akibat korosi celah kadangkala dapat menyebabkan kita bingung tentang perbedaan antara korosi celah dan korosi sumuran. Tapi, bagaimanapun juga korosi sumuran dapat dibedakan dari korosi celah dalam fase pemicuan-nya. Korosi celah dipicu oleh beda konsentrasi oksigen atau ion-ion dalam elektrolit, sedangkan korosi sumuran (pada permukaan yang datar) hanya dipicu oleh faktor-faktor metalurgi. Korosi sumuran dapat dilihat pada Gambar 14



Gambar 14. Korosi sumuran yang terjadi pada dinding pipa air tembaga  
(Trethewey, 1991).

**e. Korosi Dwi-logam (*Galvanik Corrosion*).**

Korosi logam tak sejenis (*dissimilar metals*) adalah istilah yang dipakai untuk korosi akibat dua logam tak sejenis yang terdangeng (*coupled*) membentuk sebuah sel korosi basah sederhana (seperti terlihat pada Gambar 15). Sebutan lain yang juga sering digunakan adalah *korosi dwilogam*, atau *korosi galvanik*, karena korosi ini pada dasarnya bersifat galvanic. (Trethewey, 1991)

Masalah korosi yang dihubungkan dengan tergangungnya logam-logam tak sejenis telah disadari sejak lebih dari dua ratus tahun namun jenis korosi ini masih terus menghantui dunia rekayasa hingga sekarang.

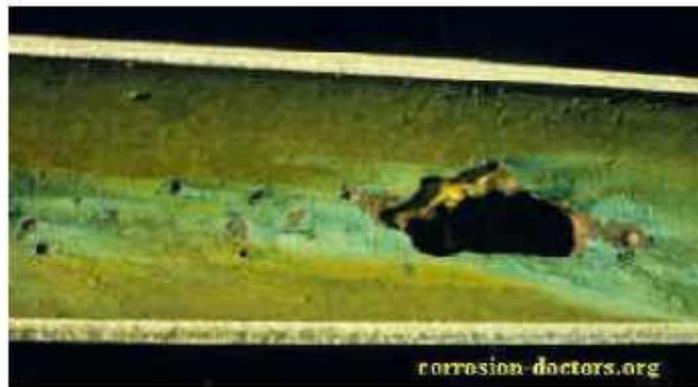


Gambar 15. Korosi galvanik pada ujung pipa pengisi bahan bakar pesawat yang terbuat dari paduan magnesium yang menjadi aus setelah dilumasi dengan lemak grafit (Trethewey, 1991).

Kegagalan menyadari masalah yang ditimbulkan oleh bahan mulia dan merupakan penghantar listrik, yaitu grafit telah menyebabkan berbagai korosi galvanik. Bahkan dalam bentuk amorfnya, misalnya grafit, karbon adalah penghantar listrik baik yang memungkinkan pembentukan sel korosi galvanik. Pengendapan jelaga dari cerobong-cerobong asap dipermukaan logam berakibat cukup buruk, tetapi akibat yang lebih buruk sering kali adalah pelepasan sulfur oksida yang biasanya menyertai jelaga, dan inilah yang disebut “hujan asam”. Aksi galvanik yang terjadi akibat hujan asam cepat dan sangat merugikan.

**f. Korosi Erosi (*Errosion Corrosion*)**

Korosi Erosi adalah sebutan yang maknanya sudah jelas dengan sendirinya untuk bentuk korosi yang timbul ketika logam terserang akibat gerak relatif antara elektrolit dan permukaan logam. Meskipun proses-proses elektrokimia juga berlangsung, banyak contoh bentuk korosi ini yang terutama disebabkan oleh efek-efek mekanik seperti pengausan, abrasi dan gesekan. Logam-logam lunak khususnya mudah terkena serangan macam ini, misalnya, tembaga (seperti terlihat pada Gambar 16), kuningan, aluminium murni, dan timbal, tetapi kebanyakan logam lain juga rentan terhadap korosi erosi, namun dalam kondisi-kondisi aliran yang tertentu (Trethewey, 1991).



Gambar 16. Korosi Erosi (Sumber : corrosion-doctor. org)

Kecepatan hanyalah salah satu faktor yang dapat menyebabkan turbulensi; geometri sistem dapat menyumbangkan peran yang besar dalam menentukan apakah serangan akan terjadi atau tidak. Beberapa faktor yang mungkin menyebabkan korosi benturan adalah :

- a) Perubahan drastis pada diameter lubang bor atau arah pipa;

- b) Penyekat pada sambungan yang buruk pemasangannya sehingga menyebabkan tidak lancarnya aliran fluida dipermukaan logam yang sebetulnya halus;
- c) Adanya celah yang memungkinkan fluida mengalir di luar aliran utama;
- d) Adanya produk korosi atau endapan lain yang dapat mengganggu aliran laminar.

**g. Korosi Tegangan (*Stress Corrosion*)**

Peretakan korosi-tegangan (*stress-corrosion cracking/SCC*) adalah istilah yang diberikan untuk peretakan intergranuler atau transgranuler pada logam akibat kegiatan gabungan antara tegangan tarik statik dan lingkungan khusus (seperti terlihat pada Gambar 17).



Gambar 17. Korosi retak tegang (Sumber: NASA, corrosion division)

Bentuk korosi ini lazim sekali dijumpai di lingkungan industri, dan kendati demikian penelitian intensif telah dilaksanakan puluhan tahun, kita baru sampai pada pemahaman tentang proses-proses yang terlibat, sedangkan upaya-upaya pengendaliannya sendiri sampai sekarang masih sering gagal. Dalam teknologi reaktor air mendidih, SCC intergranuler pada sistem pipa baja nirkarat (tipe 304) merupakan masalah korosi utama, sementara

dalam reaktor air bertekanan bahan yang sama ternyata retak bila dipakai sebagai pipa pengisi asam borat dan pipa pengisi bahan bakar. Kegagalan korosi-tegangan pada sudu-sudu turbin yang terbuat dari baja nirkarat (tipe 304) konon mencapai laju 4% per tahun. (Trethewey, 1991)

Dalam industri kimia, SCC pada baja nirkarat akibat peluruhan klorida dari bahan isolator panas terus menjadi masalah, kendatipun penyebabnya sudah begitu diketahui. Dalam tahun 1973, satu peristiwa kegagalan saja pada komponen dari baja nirkarat mendatangkan kerugian satu juta dolar (Trethewey, 1991). Masalah serupa terus menghantui industri minyak karena pipa-pipa disumur yang dalam dan bertekanan tinggi memerlukan penggunaan baja berkekuatan tinggi yang diketahui rentan terhadap SCC, khususnya bila disertai kehadiran hydrogen sulfide.

Suatu bahan perintang telah digunakan secara konsisten dalam upaya meredakan korosi dalam situasi demikian, namun kegagalan-kegagalan, meskipun ada bahan perintang masih terus dilaporkan sampai 10 tahun sejak bahan tersebut terbukti tidak efektif. (Trethewey, 1991)

### **Perhitungan laju Korosi**

Laju korosi adalah kecepatan rambatan atau kecepatan penurunan kualitas bahan terhadap waktu. Menghitung laju korosi pada umumnya menggunakan 2 cara yaitu:

1. Metode kehilangan berat

2. Metode Elektrokimia

Namun pada penelitian ini metode yang akan digunakan adalah metode kehilangan berat.

### **Metode kehilangan berat**

Metode kehilangan berat adalah perhitungan laju korosi dengan mengukur kekurangan berat akibat korosi yang terjadi. Metode ini menggunakan jangka waktu penelitian hingga mendapatkan jumlah kehilangan akibat korosi yang terjadi. Untuk mendapatkan jumlah kehilangan berat akibat korosi digunakan rumus sebagai berikut [Fontana, 1978]:

$$W = W_0 - W_a \quad \text{.....pers. (4)}$$

dimana :  $W$  = Kehilangan berat / *weight loss* (mg)

$W_0$  = Berat awal (mg)

$W_a$  = Berat akhir (mg)

Metode ini adalah mengukur kembali berat awal dari benda uji (objek yang ingin diketahui laju korosi yang terjadi padanya), kekurangan berat dari pada berat awal merupakan nilai kehilangan berat. Kekurangan berat dikembalikan kedalam rumus untuk mendapatkan laju kehilangan beratnya.

Metode ini bila dijalankan dengan waktu yang lama dan dapat dijadikan acuan terhadap kondisi tempat objek diletakkan (dapat diketahui seberapa

korosif daerah tersebut) juga dapat dijadikan referensi untuk treatment yang harus diterapkan pada daerah dan kondisi tempat objek tersebut.

Setelah didapat hasil perhitungan kehilangan berat maka untuk mengetahui laju korosi dari specimen tersebut dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus sebagai berikut [Fontana, 1978] :

$$\text{CPR} = 87.6 \frac{W}{D \cdot A \cdot T} \text{ mm/tahun} \quad \dots\dots \text{pers. (5)}$$

dimana :

CPR = *Corrosion Penetrating Rate* (laju korosi)... (mm/tahun)

W = Berat yang hilang..... (mg)

D = Densitas / rapatan benda uji..... (g/cm<sup>3</sup>)

T = Lama korosi..... (jam)

A = Luas permukaan benda uji..... (cm<sup>2</sup>)

#### E. Larutan Elektrolit

Larutan adalah campuran homogen dari dua zat atau lebih. Secara umum komponen yang jumlahnya lebih banyak berfungsi sebagai zat pelarut sedangkan komponen yang lebih sedikit disebut zat terlarut. (Supriyanto, 2007)

Campuran dikatakan homogen jika komponen-komponen yang menyusunnya tidak dapat dibedakan satu sama lain. Artinya disetiap titik dari larutan,

ditemukan adanya zat pelarut dan terlarut dengan besarnya perbandingan tertentu dan seragam. Perbandingan antara jumlah zat terlarut dan jumlah pelarut ini disebut konsentrasi. Berdasarkan sifat aqua elektron, larutan dibedakan menjadi dua macam, yaitu : larutan elektrolit dan larutan non elektrolit.

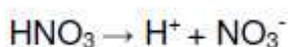
Larutan elektrolit adalah larutan yang dapat menghantarkan listrik, sedangkan larutan non elektrolit adalah larutan yang tidak dapat menghantarkan listrik. Suatu larutan dapat bersifat elektrolit disebabkan oleh terurainya zat terlarut menjadi bagian yang sangat kecil berukuran partikel. Bagian-bagian yang berukuran partikel ini bermuatan listrik yang disebut ion. Ion yang bermuatan positif disebut kation, dan ion yang bermuatan negatif disebut anion. (Supriyanto, 2007).

Peristiwa terurainya zat terlarut menjadi ion-ion ini disebut ionisasi. Peristiwa ionisasi dapat diilustrasikan sebagai berikut :

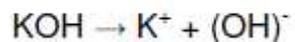


Semua jenis asam, basa, dan garam jika dilarutkan dalam air, larutan yang berbentuk akan bersifat elektrolit. Asam, basa, dan garam dalam air akan terionisasi menurut pola reaksi seperti di atas. Jenis-jenis ionisasi yang terjadi dalam larutan dapat dilihat pada contoh dibawah ini :

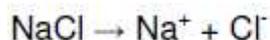
a. Ionisasi asam



## b. Ionisasi basa



## c. Ionisasi garam



Larutan elektrolit dibedakan menjadi dua macam, yaitu larutan elektrolit kuat dan larutan elektrolit lemah. Elektrolit kuat terjadi jika banyaknya zat sebelum terionisasi, jumlahnya mendekati atau sama dengan zat sesudah terionisasi. (Supriyanto, 2007)

Perbandingan antara zat sesudah terionisasi dan zat sebelum terionisasi ini disebut derajat ionisasi. Satu zat dengan derajat ionisasi semakin mendekati angka satu menunjukkan bahwa zat itu bersifat elektrolit kuat. Semakin kuat elektrolit, semakin mudah dalam menghantar listrik sehingga peranannya dalam korosi juga semakin besar.

## F. Larutan Asam Sulfat

Asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) merupakan asam mineral (anorganik) yang kuat. Zat ini larut dalam air pada semua perbandingan. Asam sulfat mempunyai banyak kegunaan dan merupakan salah satu produk utama industri kimia. Kegunaan utamanya termasuk pemrosesan bijih mineral, sintesis kimia, pemrosesan air limbah dan pengilangan minyak.

Asam sulfat merupakan komponen utama hujan asam, yang terjadi karena oksidasi sulfur dioksida di atmosfer dengan keberadaan air (oksidasi asam sulfit). Sulfur dioksida adalah produk sampingan utama dari pembakaran bahan bakar seperti batu bara dan minyak yang mengandung sulfur (belerang).

Asam sulfat terbentuk secara alami melalui oksidasi mineral sulfida, misalnya besi sulfida. Air yang dihasilkan dari oksidasi ini sangat asam dan disebut sebagai air asam tambang. Air asam ini mampu melarutkan logam-logam yang ada dalam bijih sulfida, yang akan menghasilkan uap berwarna cerah yang beracun [<http://anaklautundip.blogspot.com/2010/03/asam-sulfat.html>].