BAB II
LANDASAN TEORI

2.1 Baja

Baja yakni salah satu jenis logam dimana perpaduan antara unsur besi dan unsur karbon. Pembentuk baja sendiri yakni dari unsur utamanya besi kemudian unsur karbon merupakan unsur tambahan agar terbentuk berupa bagian keras atau kaku.

Komponan utama dalam pembangunan infrastruktur, kapal, mobil, mesin, perkakas, dan senjata yakni *steel*. Dahulu pandai besi sebelumnya membuat barang dengan bantuan tungku pembakaran, akan tetapi penerapannya kini semakin berubah ketika teknis produksi pada abad ke-17 muncul yang lebih efisien. Material produksi massal pada pertengahan abad ke 19 yakni baja dimana harga produksinya murah. Dengan demikian baja merupakan material paling umum digunakan dalam kegiatan produksi menggantikan besi tempa.

2.1.1 Klasifikasi baja

1. Berdasarkan presntase karbon

Bentuk *carbon steel* serupa *steel plate*, *strip steel* dan *steel bar*. *Low carbon steel* mengandung karbon antara 0,10 s/d 0,30 %. Berikut klasifikasi *steel* menurut kandungannya:

1.1 Kandungan 0,04% s/d 0,10% C digunakan pada *steel* yang berupa *plate* atau strip.

1.2 Kandungan 0,05% C digunakan pada *body* kendaraan.

1.3 Kandungan 0,15% - 0,30% C cocok untuk *bridge construction*, *building*, atau dibuat *construction steel*.

Kandungan *carbon* antara 0,30% - 0,60% C dianggap sebagai *medium carbon steel*. *Steel* tersebut sering dipakai dalam keperluan alat - alat perkakas dimesin.

Kandungan *carbon* antara 0,60% - 1,7% C merupakan jenis *carbon steel* tinggi. Dalam hal ini adanya kandungan karbon tersebut banyak diterapkan untuk *material tools*. Sehingga kawat *steel* dan kabel menjadi salah satu bentuk produk dari kandungan karbon tersebut. Tentunya perlu kita ketahui selain bentuk kawat baja dan kabel ada produk yang mana pembuatannya menggunakan kandungan karbon tersebut misalnya pegas, alat-alat perkakas seperti palu, gergaji atau pahat potong dan lain sebagainya (ASM handbook, 1991).

2.1.2 Berdasarkan komposisi

A.Baja Karbon

Carbon Steel adalah campuran dari besi dan karbon. Kandungannya yaitu karbon hingga 2,06%, mangan hingga 1,65%, dan silikon hingga 0,5%. Bahan ini banyak dipakai pada komponen perpipaan dalam proses industri selain stainless steel. Besi merupakan unsur utama dalam material carbon steel, ditambah dengan unsur lain namun dalam jumlah yang tidak signifikan. Elemen campuran berbahan logam yang terdapat pada carbon steel adalah Mangan, nikel, kromium, molibdenum, vanadium, aluminium, tembaga, silikon, dll.

Sementara, elemen paduan campuran berbahan non-logamnya antara lain Karbon, fosfor, belerang, dan lain-lain. Ketika ditambahkan dengan jumlah tertentu, elemen campuran ini memiliki efek berbeda pada logam beberapa elemen ini akan sangat meningkatkan sifat material.

Berikut macam macam *carbon steel*, yakni:

- *Low Carbon Steel*

- *Medium Carbo Steel*

- *Hight Carbon Steel*

B. Baja paduan

Campuran baja dengan unsur lainnya yang mana dipengaruhi oleh sifat baja memiliki fungsi untuk memperbaiki kualitas dan kemampuannya disebut Baja paduan (*Alloy Steel*).

C. Pengaruh unsur paduan pada baja

Elemen paduan di masukkan agar mengurangi kekurangan sifat pada baja karbon sehingga diperoleh data agar dapat dikemudian hari dilakukan perbaikan serta pengaruh unsur pada *steel* yang membuat sifat *steel* definisikan tergantung pada elemen yang terkandung didalamnya. Pengaruh dari beberapa elemen paduan terhadap sifat *alloy steel* yakni:

1. Karbon (C)

Kandungan antara 0,1% - 0,6% merupakan elemen penting dalam mempengaruhi penggambungan fasa martensit. Selain itu peningkatan susunan

carbon akan mengakibatkan pada ketahanan tarik (*tensile strength*), memperkecil keuletan (*ductility*) serta *weldability*.

2. Mangan (Mn)

Kandungan mangan kurang lebih 0,6% belum bisa didasari sebagai pengaruh sifat *steel*. Lalu susunan 12% Mn ialah austenit sebab suhu kritisnya *down temperature* kamar berdampak *steel* tidak bisa dikaku kan. Mangan merupakan elemen yang terdapat pada semua *steel*.

3. Silikon (Si)

Deoksidasi merupakan fungsi dari silikon. Akan tetapi silikon bisa meningkatkan hardenability pada *small amount*, namun suatu ketika dapat juga dalam jumlah yang banyak menurunkan keuletan. Elemen seperti Mangan, molybdenum dan chromium akan terdapat disilikon.

4. Kromium (Cr)

Elemen penting yang sering digunakan dalam pembuatan perkakas pada baja yakni kromium. Salah satu elemen pembentuk karbida serta dapat mempengaruhi tingkat kekuatan terhadap pengeroposan, membentuk lapisan oksida didaerah logam yakni kromium.

5. Nikel (Ni)

unsur ini merupakan elemen yang mana dapat mempengaruhi suhu seperti manga yang dapat *low temperature* bahaya dan kecepatan *critical cooling*, *repair* kekuatan tarik, tahan pengeroposan. Bertambahnya ketangguhan atau ketahanan terhadap beban benturan (*impact*).

6. Vanadium (V)

Elemen pembentuk karbida. Serta salah satu komponen penyeimbang martensit. Saat proses karbida vanadium ada pada posisi *up* butir ferit. Meningkatnya suhu yang membentuk kekakuan, situasi tersebut terjadi pada *temperature* 500 - 600°C. Vanadium bisa membuat *down* hardenability sebab karbida yang jadi menghalangi pengintian serta perkembangan butir austenit. Namun pada *hight temperature* larut pada karbida vanadium. Elemen tersebut bertambahnya hardenability.

7. Molybdenum (Mo)

Kandungan elemen tersebut mengkokohkan fasa ferit dan menaikkan ketahanan *steel* tanpa kehilangan keuletan serta memiliki manfaat untuk penyeimbang karbida, yang mana bisa mencegah pembentukkan grafit dalam pemanasan yang lama. Sebab mensupply Mo kedalam baja bisa menambah kekokohan serta ketahanan terhadap creep di *hight temperature*.

8. Tungsten (W)

Kandungan unsur ini juga merupakan salah satu pembentuk karbida kompleks di *tools steel*. Proses pendinginan yang memakan waktu lama akan menimbulkan terbentuknya karbida kompleks dimana bersifat meningkatkan kekerasan dan kekuatannya.

9. Sulfur (S)

Temperatur tinggi menimbulkan pada sulfur menjadi getas dalam baja, oleh sebab itu bisa berisiko *steel* yang dipakai dalam *hight temperature*. Basicnya takaran sulfur wajib diperhatikan minimal kurang dari 0,05%.

10. Phospor (P)

Penggunaan unsur ini dibatas dalam pembuatan baja kontruksi dalam ambang maksimum tidak lebih dari 0,05%. Penggunaan phospor pada kadar besar dapat meningkatkan ketahanan dan kekakuan *steel* begitu pula dapat memperkecil keuletan serta ketangguhan *impact*.

2.1.3 ASTM A36

Plate steel sebutan *steel* ASTM A36 dalam kalangan umum masyarakat, lalu *plate steel* tersebut secara kegunaan merupakan bagian dari bahan untuk membuat area dari dinding bawah pada kapal atau sering disebut dengan *hull*. Sebagai bagian dari *hull plate steel* ASTM A36 tersebut wajib memiliki sifat mekanik terutama sisi ketahanan agar bisat menampung beban dengan baik.

Pada Tesis yang ditulis oleh Sulaiman dari Universitas Diponegoro yang berjudul " pengaruh proses pelengkungan dan pemanasan garis *plate steel* kapal AISI E 2512 dan ASTM A36 terhadap nilai kekakuan dan Laju pengeroposan", dikatakan bahwa *postion construction hull* harus kokoh agar dapat menopang beban dari kapal sendiri maupun muatan, dan juga tekanan dari luar (terutama air laut untuk area bagian *hull* yang tercelup). *Ship steel* yang dipakai kapal harus memiliki kualitas sesuai dengan peraturan – peraturan Biro Klasifikai Indonesia. *Steel* yang dipakai dalam bagian *hull* ada dua jenis yakni *steel* dengan kekuatan tarik 48 kg/mm2 – 60 kg/mm2 serta *steel* dengan kekuatan tarik 50 kg/mm2 – 63 kg/mm2 (BKI,2006). Dalam menerima pembebanan dari luar selain dibutuhkan kekuatan tarik, keuletan bahan untuk menerima pembebanan tiba – tiba juga dibutuhkan agar bahan tersebut menjadi ulet dan tidak mudah untuk berubah bentuk. Jika suatu bahan dalam contoh kasus ini, *plate steel* ASTM A-36 sebagai dinding

kapal tidak memiliki keuletan yang baik, maka akan mudah terdeformasi / berubah bentuk ,misalnya terjadinya pelengkungan dinding kapal.

2.1.4 AISI 1020

Steel AISI 1020 merupakan jenis *carbon steel* bagian dalam kategori baja karbon rendah dengan nomor spesifikasi 1020. *Low carbon steel* yang biasa digunakan sebagai lambung kapal. Kelemahan *steel* ialah mudah karat. Salah satu cara untuk memurunkan laju pengeroposan yakni *coating*. *Coating* atau pelapisan ialah metode yang paling sering dipakai dalam memperlambat laju pengeroposan karena lebih efektif, mudah diaplikasikan. Baja AISI 1020 banyak di gunakan sebagai lambung kapal karena bersifat baja karbon rendah karena itu baja AISI 1020 mudah di lakukan pengelasan dan di bentuk namun karena sifat inilah baja AISI 1020 memiki kekurangan terhadap korosi di karenakan pengelasan pada baja akan mengalami distorsi

2.2 Korosi

2.2.1 Sejarah korosi

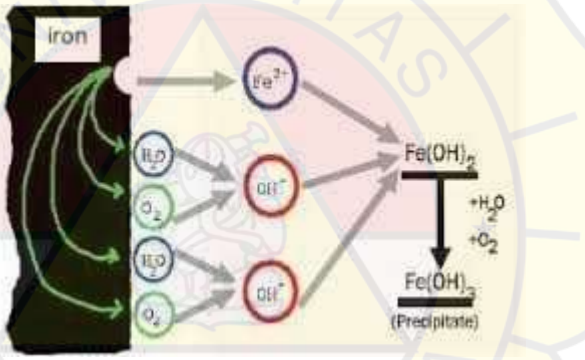
Pada tahun 1763 sebuah laporan masuk dalam kantor Markas Besar Angkatan Laut di London. Isinya padat namun rinci, meskipun dari segi ilmiah cukup sederhana untuk masa itu, laporan tersebut merupakan salah satu contoh paling awal tentang suatu pemecahan atas permasalahan rekayasa praktis yang ditimbulkan oleh korosi. Meskipun demikian, bersamaan dengan berbagai studi serupa yang dilakukan sejak saat itu, initisari dari kesimpulan yang diambil seringkali justru dianggap remeh oleh para perekayasa di seluruh dunia.

Dua tahun sebelum munculnya laporan bahwa lambung kapal fregat bermeriam 32 pucuk, HMS Alarm, seluruh permukaannya telah dilapisi dengan salutan tembaga tipis. Tujuan pelapisan itu ada dua.Pertama, dimkasudkan untuk mengurangi kerusakan cukup hebat yang diakibatkan cacing kayu tredo. Dan kedua, sifat beracun tembaga diharapkan dapat menghambat perkembangan hewan hewan yang selalu menempel di lambung kapal dan diperkirakan akan memperlambat laju kapal. Sesudah dua tahun ditugaskan di Hindia Barat, HMS Alarm didaratkan untuk diteliti hasil - hasil eksperimennya.

Segera dijumpai bahwa banyak tempat, lapisan tembaga telah lepas dari lambung kapal karena paku paku besi yang digunakan untuk menempelkan ke kayu lapuk sekali.Pemeriksaam yang lebih teliti mengungkapkan bahwa sebagian paku yang kurang berkarat ternyata terisolasi dari tembaga oleh kertas cokelat yang kebetulan terjepit dibawah kepala paku. Ketika dikirim ke galangan, lempengan - lempengan tembaga memang terbungkus kertas dan pembungkus itu baru dilepas ketika lempengan hendak dipakukan ke lambung.Oleh sebab itu kesimpulan yang jelas yang juga tercantum didalam laporan tahun 1763 itu adalah bahwa besi tidak boleh kontak langsung dengan tembaga di lingkungan air laut bila kita ingin mencegah korosi besi yang hebat. Jenis korosi akibat kontak antara dua logam yang tidak sama ini dikenal dengan korosi galvanic.

2.2.2 Pengertian korosi

Al Hakim (2011) menjelaskan bahwa dalam garis besar alur pengeroposan itu dimulai dari proses awal dalam metal yang teroksidasi pada cairan dan meluluhkan elektron untuk membentuk ion metal yang bermuatan positif. Cairan tersebut sebagai katoda dengan *reaction* yang umum terjadi ialah peruntuhan H_2 dan reduksi O_2, akibat H^+ dan H_2O yang tereduksi. *Raction* tersebut terjadi dalam permukaan metal yang menyebabkan pengelupasan akibat pelarutan metal kedalam cairan secara berturut turut sebagai contoh mekanisme terjadinya pengeroposan bisa diamati pada gambar 2.1 berikut:



Gambar 2. 1 mekanisme terjadinya korosi

pelepasan H_2 dan reduksi O_2, akibat H^+ dan H_2O yang tereduksi. *Reaction* tersebut timbul dalam permukaan metal yang akan menyebabkan pengelupasan akibat pelarutan metal kedalam larutan secara berturut turut.

Mekanisme pengeroposan yang timbul pada *metal steel* (Fe) dijabarkan:

$$\mathrm{Fe\ (s) + H_2O(l) + \tfrac{1}{2}\ O\ (g) \rightarrow Fe(OH)\ (s)} \qquad (2.1)$$

$$\mathrm{Fe\ (s) + H_2O(l) + \tfrac{1}{2}\ O\ (g) \rightarrow Fe(OH)\ (s)}$$

Fero hidroksida [$Fe(OH)_2$] yang muncul ialah hasil *temporary* yang bisa teroksidasi secara alami pada *water* serta *air* disebut ferri hidroksida [$Fe(OH)_3$], kemudian alur selanjutnya yakni :

$$Fe(OH)\,(s) + O\,(g) + 2H\,O(l) \rightarrow 4Fe(OH)\,(s) \qquad (2.2)$$

Ferri hidroksida yang terjadi dapat beralih ke Fe_2O_3 dengan demikian bila terdapat warna merah kecoklatan disebut dengan karat (Vogel, 1979). Uraian selanjutnya:

$$2Fe(OH) \rightarrow Fe\,O + 3H \qquad (2.3)$$

2.3 Bentuk korosi

Halwan Jaya dkk (2010) menjelaskan bahwa pengeroposan memiliki beragam aneka rupa. Setiap bentuk pengeroposan ada ciri khas dan mekanisme yang bervariasi. Rupa rupa pengeroposan adalah sebagai berikut:

1. Korosi Merata (*Uniform Corrosion*)

Pengeroposan merata merupakan karat yang pada umumnya sering terjadi. Gejala pertanda korosi tersebut yakni adanya reaction kimia atau elektrokimia pada daerah logam. Tipisnya Metal akibatnya kerusakan pada metal tersebut. Sebagai contoh, *steel bar* atau *zinc* dimasukan pada asam sulfat encer, terlarut secara serentak pada seluruh daerah. Contoh lain dari *uniform corrosion* ialah pada *plate steel*, permukaannya *clean* dan logamnya homogen, bila didiamkan di suhu ruang biasa beberapa bulan akan terbentuk *uniform corrosion* pada

seluruh area. Sebagai contoh *uniform corrosion* bisa diamati dalam gambar 2.2 berikut:

Gambar 2. 2 uniform corrosion (sumber: jaya,dkk, 2010)

Pengeroposan merata ialah situasi dimana logam mengalami perubahan yang cukup besar terhadap komponen, akan tetapi pengeroposan ini sering diabaikan sebab umur dari peralatan metal bisa diestimasikan secara akurat pada tes lain yang sederhana.

2. Korosi Galvanik (*Galvanic Corrosion*)

Adanya gesekan antara dua ragam logam bertemu secara langsung dalam media korosif mengakibatkan terbentuknya korosi galvanik. Metal yang memiliki potensial pengeroposan lebih tinggi dapat terkorosi lebih cepat dalam hal ini bila metal dipertemukan dengan logam lainnya namun bila tidak adanya logam lain yang dihadapkan pada logam maka tidak berpotensi korosi yang cepat melainkan timbul lambat. Pada kasus ini terbentuk sebuah sel galvanik, dengan logam yang berpotensial korosi lebih tinggi sebagai anoda dan logam yang berpotensial pengeroposan lebih rendah sebagai katoda. Contoh *Galvanic Corrosion* bisa diamati pada gambar 2.3 berikut:

Gambar 2.3 Galvanic Corrosion (sumber : utomo,2009)

3. Korosi Celah (*Crevice Crrosion*)

Pembeda konsentrasi zat asam pada sel pengeroposan yang membuat penyempitan di celah sel yang berdampak celah tersebut mengalami kebocoran peristiwa ini disebut korosi celah. Korosi ini ditandai dengan warna coklat disekitar area celah. *Type* korosi tersebut terjadi dampak dari terkunci elektrolit di lingkungan korosif yang celah-celahnya terbentuk diantara peralatan konstruksi. Sebagai contoh korosi celah bisa dilihat di gambar 2.4 berikut:

Gambar 2. 4 korosi celah

4. Korosi Sumuran (*Pitting Corrosion*)

Pitting Corrosion memiliki ciri khas dimana bentuknya menyerupai sumur lalu arah penyebaran pengeroposan tidak tersebar dalam area metal namun memasuki kearah dalam metal sehingga dampak dari pengkaratan tersebut dapat dilihat adanya kebocor kontruksi. Namun adanya karat tersebut menghambat operasi dari kontruksi. Pengeroposan sumuran sering terjadi pada *stainless-steel*, terutama pada lingkungan yang tidak bergerak (*stasioner*) dan non-oksidator (tidak mengandung oksigen). Sebagai contoh *Pitting Corrosion* bisa diamati pada gambar 2.5 berikut:

Gambar 2.5 korosi sumuran (sumber : jaya,dkk 2010)

2.3.1 Mekanisme terjadinya korosi

Korosi adalah serangan destruktif pada logam melalui reaksi kimia atau elektrokimia dengan lingkungan. Strukturnya metalik atau non-logam, korosi dapat mengakibatkan biaya yang sangat tinggi, kapal terbuat dari baja, terdapat kelemahan teknis akibat laju korosi kapal,berkurangnya umur kelelahan, kekuatan tarik, Degradasi sifat mekanik material lainnya(Nova & Misbah, 2012). Reaksi elektrokimia antara atom dan asam menghasilkan kation selama

proses korosi (kation). Ini akan menghasilkan aliran elektron dari satu lokasi ke lokasi lain. Permukaan logam adalah yang lainnya.(halimatuddahliana, 2003).

Korosi juga merupakan kerusakan Logam melalui reaksi elektrokimia dengan lingkungan. Korosi umumnya melibatkan hilangnya logam pada bagian-bagian pada tempatnya Paparan. Korosi dapat terjadi dengan berbagai cara Berbagai bentuk korosi seragam pada semua permukaan logam Korosi terkonsentrasi pada bagian tertentu saja. Pada korosi logam aliran arus keluar ke bagian lain permukaan logam. Korosi pelat lambung mengakibatkan berkurangnya kekuatan panel Hull, memperlambat kapal dan mengurangi jaminan keamanan Keselamatan penumpang dan barang. Lambung harus dilindungi dari serangan korosif rutin untuk mencegah kehilangan pelat tambahan yang substansial akibat korosi air laut. Untuk mencegah korosi lambung ada Proses pengecatan untuk pelapisan, proses proteksi katodik. Proses proteksi katodik meliputi proses anoda.

2.3.2 Laju korosi

Aliran tegangan yang mengalir mempengaruhi kecepatan reaksi laju pengeroposan namun reaksi tersebut dari reaksi elektrokimia. Hukum Ohm dapat diterapkan untuk bagian elektrik dari sel pengeroposan. Lintasan pengeroposan bisa berbanding lurus dengan sejumlah arus yang mengalir pada sel pengeroposan elektrokimia. Jika tegangan bisa ditakar, dalam pernilaian yang tepat dari penurunan metal akibat karat dapat diestimasikan. Suatu penakaran pada ampere atau milliampere secara matematis dihitung dalam kilogram (pound) per tahun. Suatu Amp/tahun ialah satu ampere yang berjalan selama kurun waktu satu tahun. metal yang berbeda memiliki laju

pengeroposan yang berbeda. Kerusakan komponen dari pengeroposan ditandai oleh tingkat kekuatan karat berdasarkan laju pengeroposan yang digambarkan dalam Tabel 2.1 berikut ini:

Tabel 2. 1 tingkat ketahanan korosi berdasarkan laju korosi (fontana ,1978)

Relative corosion	Mpy	Mm/py	μm/yr	nm/yr	pm/s
Outstanding	< 1	< 0,02	< 25	< 2	< 1
Excellent	1 – 5	0,02 – 0,1	25 – 100	2 – 10	1 – 5
Good	5 – 20	0,1 – 0,5	100 – 500	10 – 50	20 – 50
Fair	20 – 50	0,5 – 1	500 – 1000	20 – 150	20 – 50
Poor	50 – 200	1 – 5	1000 – 5000	150 – 500	50 – 200
unacceptable	200+	5+	5000+	500+	200+

Laju pengeroposan ialah suatu takaran yang menyimpulkan cepat atau lamanya suatu komponen bereaksi dengan lingkungannya. Menurut Fontana (1978) dalam bukunya "Corrosion Engineering", lintasan pengeroposan bisa diartikan beragam, misalnya persentase penurunan massa, miligram per sentimeter persegi per hari dan gram per inci persegi per jam. Selain itu, juga menggunakan mils per year (mpy) yang menyimpulkan lintasan penetralisasi serangan pengeroposan terhadap metal.

Pengaruh pengeroposan dari lingkungan yang diartikan memiliki keterkaitan temperature pH, oksigen, kecepatan fluida, dan zat-zat oksidator dalam mengindetifikasi terjadinya karat. Akan tetapi Laju karat ada hubungannya dengan konsentrasi reaktan, jumlah sebelumnya partikel (massa) metal, dan faktor mekanik (tegangan). Dalam mencari nilai lintasan pengeroposan, dapat digunakan dalam metode: metode penurunan bobot atau weight gain loss (WGL) dan metode elektrokimia (Fontana, 1978).

Kaidah penurunan bobot nama lainnya ialah penurunan massa (*mass loss*). Memperoleh pengeroposan pada kaidah ini dengan uji immers pada item. Uji immers ialah uji simulasi kekuatan pengeroposan pada media korosif dengan cara yang mudah. Komponen pada tes dimasukan dalam media korosif untuk dalam estimasi tertentu yang menerapkan atau mensimulasikan semua parameter yang terlibat dalam kondisi *real*. Diperoleh hasil dari kaidah penurunan berat dari item tes yang bisa dikonversikan pada area pengeroposan dan fenomena kerusakan komponen uji atau berupa karat.

Kaidah penurunan bobot *(mass loss*) ini dilandaskan pada selisih massa awal sebelum pengetesan karat dengan massa akhir setelah pengetesan karat, bila diketahui pengecilan. Masa dari suatu komponen yang berkarat dari laju pengeroposan bisa dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Mpy = 534W / DAT \quad (2.4)$$

Dimana

W = Berat yang hilang (gram)

D = density benda uji korosi (g/cm3)

A = luas permukaan (mm2)

T = waktu,hour (jam)

2.3.3 Faktor yang mempengaruhi korosi

1. Suhu

Suhu merupakan indikator penentu dimana bila terjadinya karat dipengaruhi oleh tekanan suatu suhu itu sendiri. Reaksi korosi akan timbul cepat bila dipengaruhi kenaikan suhu. Bila terjadi tekanan *tempertaure* tinggi maka energi kinetik dalam item item yang bereaksi akan menambah sehingga melebihi besarnya tekanan energi aktivasi serta dampaknya dalam aliran kecepatan reaksi (pengeroposan) juga akan makin cepat, begitu juga sebaliknya (Fogler, 1992).

2. Kecepatan Alir Fluida

Permukaan karat muncul banyak jika kecepatan arus fluida meningkat. Hal tersebut disebabkan adanya interaksi antara zat dalam metal sehingga ion - ion metal akan makin banyak yang terpisah sehingga metal akan mengalami kerapuhan (Kirk Othmer, 1965).

3. Konsentrasi Bahan Korosif

Adanya keterkaitan dalam pH atau keasaman serta kebasaan suatu cairan. Reaksi anoda ditandai peristiwa dimana cairan asam bertemu dengan benda logam yang mana mengakibatkan adanya permukaan mengalami kerak karat. Sedangkan cairan yang karakternya basa bisa menngakibatkan karat pada *reaction* katodanya karena *reaction* katoda selalu serentak dengan *reaction* anoda (Dieter, G.E, 1987).

4. Oksigen

Unsur yang tersimpan dalam udara yang mana unsur ini memiliki pengaruh terhadap reaksi dalam uji tes yang dilakukan pada logam yang lembab. Reaksi cepat akan timbul bila di air (lingkungan terbuka), karat dapat muncul sebab reaksi dari adanya oksigen (Amstead, B.H, 1995).

5. Waktu Kontak

Definisi penentu dapat terlihat dari waktu terjadinya. Akan tetapi hal tersebut pada dasarnya dipengaruhi acuan bila mana logam bercampur dengan lingkungan basa maka akan meningkatkan korosifitasnya. Peran inhibitor diupayakan dapat memicu kekokohan metal terhadap karat lebih besar. Namun bila peningkatan tersebut dilakukan pada cairan akan menimbulkan aliran interaksi menjadi rendah, dengan begitu waktu kerja inhibitor terjaga metal menjadi awet. Kahlian inhibitor untuk melindungi metal dari karat akan lenyap atau habis pada waktu tertentu, sebab semakin lama waktunya maka inhibitor akan semakin habis terserang oleh larutan.

2.3.4 Pengaruh ion klorida terhadap baja

Pengeroposan pada *carbon steel* antara lain didasari pada konsentrasi ion agresif seperti ion klorida (Cl-). Konsentrasi ion klorida yang meningkat keatas maka akan semakin meningkatkan kecenderungan terjadinya pengeroposan.

Ion klorida bertugas sebagai ion triger atau ion agresif sebab keahlian untuk memusnahkan lapisan pasif pada daerah *carbon steel* serta meningkatkan alur pengeroposan. Mengontrol perkembangan organisme air sering kali menggunkan unsur ion klorida, dalam hal ini unsur tersebut bukan unsur ilmiah

yang temukan dalam *water*. Saat larut di dalam air ion klorida akan berbeda menjadi asam hipoklorit (HClO) dan asam klorida (HCl), yang bisa mengecilkan value pH.

Sifat jelek Ion klorida yang merusak elemen baja karbon disebabkan unsur tersebut mudah terserap dalam area baja dan berinterferensi membentuk lapisan pasif. Pitting merupakan jenis serangan utama yang terjadi akibat ion klorida.Area kecil dimana ion Cl- terserap di permukaan logam merupakan daerah anodik menuju lapisan oksida pasif katodik yang luas. Ketika proses mulai, respon hidrolisis ion logam dari reaksi anodik menimbulkan penurunan pH, yang menghambat perbaikan lapisan film dan mempercepat serangan. Baja karbon akan terkorosi di dalam air yang mengandung klorida terutama dalam bentuk korosi uniform dibandingkan dalam bentuk localized attack.

Pengaruh ion klorida terhadap laju korosi tergantung kation larutan konsentrasi garam. Adanya perbedaan laju korosi pada larutan garam seperti Lithium chloride (LiCl), Sodium chloride (NaCl), dan Potassium chloride (KCl) dikarenakan perbedaan kelarutan oksigen pada masing-masing larutan garam. Jadi, pengaruh konsentrasi satu komponen dapat di pengaruhi oleh variabel lingkungan lainnya pada korosi aqueous. Selain itu, adanya ion tambahan seperti ion Cl- kemungkinan meningkatkan timbulnya localized attack contohnya pitting, crevice corrosion, and Stress Corrosion Cracking (SCC).

2.3.5 Pengaruh ph terhadap korosi baja

Value pH dalam air (elektrolit) dapat berubah dari pH *real* di area metal bergantung respon yang ada diarea. Reduksi oksigen akan memperoleh ion OH- yang bisa merubah nilai pH, namun di bawah deposit produk karat nilai pH dapat didorong. Ketika pH air (elektrolit) moderate (pH = 5), karat uniform merupakan serangan dominan yang berbeda *reaction* dalam penurunan pH. Pada pH 4 atau < 4 maka lapisan oksida proteksi terlarut dan terekspose diarea metal. Bila kadar oksigen terlarut berkurang maka timbulnya karat berkurang pada daerah logam di pH rendah. Respon yang muncul ialah evolusi hidrogen dan reduksi oksigen menjadi reaksi katodik. Pada peningkatan pH di atas 4, besi oksida terpresipitasi dari larutan ke bentuk deposit. Karat uniform secara tiba - tiba menurun, namun di bawah deposit mulai terbentuk Fe_2O_3 di area metal. Reaksi anodiknya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} &\text{Fe} + 3\text{H}\ \text{O} \rightarrow \text{Fe(OH)}\ + 3\ + 3 \\ &\text{Fe} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{FeO(OH)} + 3\text{££} + 3 \\ &\text{Fe} + 3/2\text{H}\ \text{O} \rightarrow \text{Fe}\ \text{O}\ + 3 + 3 \end{aligned} \qquad (2.5)$$

Permukaan logam ditahan oleh difusi oksigen dalam deposit. Saat peningkatan pH, deposit oksida besi berbeda dari sedikit yang mana sifatnya adherent di pH 6 menjadi kaku dan kokoh pada pH > 8. Mekanisme korosi baja pada HCl yakni laju karat tinggi dalam semua konsentrasi asam di pH < 3. Ion klorida memiliki pengaruh untuk mempercepat laju karat. Laju karat mengalami perubahan sebab adanya konsentrasi ion hidrogen (penurunan pH). Mekanisme tahapan karat berdasarkan variabel pH untuk baja yang laju karat

meningkat pada pH yang sangat rendah, laju karat tidak terikat dalam pH pada range pH netral, laju karat menurun dengan peningkatan pH, dan akhirnya laju karat mengalami perubahan kembali pada pH yang sama tinggi. Reaksi anodik baja karbon yaitu :

$$\mathrm{Fe} \rightarrow Fe^{2+} + 2 \qquad (2.6)$$

2.3.6 Pengaruh oksigen terlarut pada baja

Adanya pengaruh oksigen pada cairan yang telah netral dan distabilkan oleh alkali keterkaitan dalam proses korosi. Pengujian tersebut akan mengakibatkan meningkatnya agitasi ataupun stirring dalam lintas transport pelarutan oksigen pada laju korosi. Temperatur awalnya meningkatkan laju korosi mencapai dua kali lipat dengan kenaikan temperatur setiap 30C, namun pada temperatur >80°C , solubility pelarutan oksigen dapat menurunkan laju korosi.

Perbedaan transport oksigen terlarut menghasilkan perbedaan sel differensial aerasi, yang akan memperoleh pengeroposan terlokalisasi pada area besi atau baja dalam temperatur kamar, bila pH yang lebih rendah terdapat di area anoda (di bawah deposit karat oksida) sedangkan di sekitarannya merupakan area katoda (ber-pH tinggi) yang didapatkan dari reaksi reduksi oksigen terlarut. Apabila dibandingkan dengan logam nonferrous, seperti copper dan zinc, maka perilaku korosi pada baja karbon sedikit sensitif terhadap kualitas air. Hal ini sesuai dengan fakta bahwa produk dari reaksi anodic.

2.3.7 Karakteristik baja

Baja murni tersusun dari logam berwarna putih - perak, tangguh, dan kuat. Baja dapat mencair pada temperatur 1535°C. Secara umum penggunaan baja murni jarang digunakan pada aktifitas akan tetapi baja yang terkandung unsur grafit dan elemen paduan yang sering digunakan dibandingkan baja murni. Unsur paduan tersebut berperan dalam meningkatkan mechanical properties dari baja. Besi menyerupai dua deret garam yang penting, yaitu :

Garam besi (II) oksida yang dituangkan dari besi (II) oksida (FeO) dalam kondisi cairan aqueous, garam besi tersebut terkandung kation Fe^{2+} (ion besi II) bisa gampang dioksidasikan menjadi ion Fe^{3+} (ion besi III) pada lingkup netral, basa, atau bahkan di kondisi atmosfer yang terkandung oksigen tinggi.

Garam besi (III) oksida yang diturunkan dari besi (III) oksida (Fe2O3) Garam ini bersifat lebih stabil dibandingkan garam besi (II). Dalam kondisi aqueous, kation dari Fe^{3+} berwarna kuning muda, jika cairan terdapat unsur klorida, maka warna kuning yang diperoleh pada permukaannya semakin keras. Baja dapat dicairkan menjadi ion Fe^{2+} dan Fe^{3+} dengan menambahkan asam klorida likuid atau pekat dan asam sulfat likuid. Pengaruh antara baja dengan asam klorida didapati garam-garam besi (II) dan gas hidrogen, reaksinya yaitu:

$$Fe + 2H^{+} \rightarrow Fe^{2+} + H_2(gas)$$

$$Fe + 2HCl \rightarrow Fe^{2+} + 2Cl^{-} + H_2(gas) \qquad (2.7)$$

Lalu *reaction* dari asam sulfat panas dan *steel* memperoleh ion-ion besi (III) dan belerang dioksida. *Reaction* sebagai berikut :

$$2Fe + 3H_2SO_4 + 6^{H^+} \rightarrow 2^{Fe^{3+}} + 3SO_2(gas) + 6H_2O \qquad (2.8)$$

Selanjutnya larutan putih besi (II) hidroksida ($Fe(OH)_2$) apabila dipertemukan pada atmosfer akan terpengaruh oleh oksigen yang akhirnya memperoleh besi (III) hidroksida berwarna coklat - kemerahan.

2.4 Hipotesis penelitian

Hipotesis pada penelitian yakni korosi merupakan reaksi kimia yang mengakibatkan perubahan komposisi dari struktur baja. Korosi juga dapat ditimbulkan karena proses, kimia, maupun adanya panas yang berlebih.

1. Diduga variasi temperatur heat treatment yang di lakukan dapat menimbulkan Reaksi korosi yang lebih cepat.
2. Diduga dengan proses heat treatment dengan pendinginan menggunakan udara dapat memperlambat lintasan karat dalam material baja karbon rendah ASTM A36 serta AISI A1020.
3. Diduga dengan proses perendaman dengan asam sulfat menggunakan variasi waktu perendaman dapat mempengaruhi struktur dari baja.