

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dunia industri barang hasil produksi dibuat dan dirancang supaya memiliki ketahanan yang baik terhadap lingkungan terutama produk yang berbahan logam. Logam merupakan salah satu jenis bahan yang banyak dimanfaatkan dalam peralatan penunjang bagi kehidupan manusia. Suatu logam dapat mengalami kerusakan akibat adanya korosi. Korosi merupakan reaksi elektro kimia antara logam dan lingkungan yang menyebabkan pengkaratan dan menurunkan mutu logam (Trethewey dan chamberlein,1991).

Baja merupakan salah satu material logam yang banyak diaplikasikan dalam dunia industri. Ketahanan korosi pada baja dipengaruhi oleh unsur paduan yang terkandung di dalamnya seperti *nikel* (Ni), *krom* (Cr), dan *mangan* (Mn). Ketiga unsur tersebut akan berdampak pada sifat ketahanan korosi. Baja nikel laterit adalah baja yang diolah dari bijih nikel laterit kadar rendah. Baja ini dapat digolongkan ke dalam baja paduan rendah dengan kandungan nikel dan kromium lebih sedikit dibandingkan stainless steel (Herbirowo dan Adjiantoro, 2016).

Stainless steel merupakan logam yang tahan korosif karena fenomena pasivasi. Sifat tahan korosi pada stainless steel tidak serta merta membuat stainless steel tidak dapat terserang korosi, karena padakenyataanya stainless steel dapat mengalami korosi seragam (*uniform corrosion*), korosi celah (*crevice corrosion*), dan korosi tegangan (*stress corrosion cracking*) (Hilmi dan Sutajho, 2015). *Stainless Steel* jenis 201 ini biasanya digunakan di tangga kapal dan bagian dalam kapal tanker.

Baja *stainless steel* tipe 201 adalah *stainless* kromium-nikel-magan austenit yang dikembangkan untuk menghemat nikel. Nikel digantikan dengan penambahan mangan dan nitrogen. Hal tersebut tidak dapat dikeraskan dengan pemanasan, tetapi mungkin melalui pendinginan dengan kekuatan perenggangan yang tinggi.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah seberapa besar laju korosi yang dapat terjadi pada *stainless steel* 201 yang menggunakan air laut.

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini penulis membatasi masalah pada:

1. Material yang digunakan adalah *stainless steel 201*.
2. Media pengorosan pada penelitian ini adalah menggunakan air laut dengan variasi:
 - a. Air laut 40% dan *Aquadest* 60%
 - b. Air laut 60% dan *Aquadest* 40%
 - c. Air laut 80% dan *Aquadest* 20%
3. Variasi waktu perendaman 3, 4 dan 5 minggu.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan nilai laju korosi (mpy) pada *stainless steel 201*.
2. Mendapatkan nilai kekasaran permukaan pada *stainless steel 201* dan hubungannya dengan nilai laju korosi.
3. Bagaimana pengaruh waktu perendaman terhadap laju korosi dan kekasaran permukaan *stainless steel 201*.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Dapat dijadikan sebagai referensi mata kuliah pengendalian korosi di Prodi Teknik Mesin Universitas HKBP Nommensen Medan.
2. Dapat dijadikan sebagai acuan untuk dikembangkan dalam penelitian tentang korosi selanjutnya.

1.6 Metode Penelitian

Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah

1. Menggunakan metode kehilangan massa untuk menguji laju korosi bahan.
2. Metode uji kekasaran permukaan untuk mendapatkan nilai kekasaran pada *stainless steel*.
3. Metode grafik untuk mendapatkan hubungan antara laju korosi dan kekasaran pada permukaan pada *stainless steel* yang direndam menggunakan air laut.

1.7 Sistem Penulisan

Sistematika penulisan ini di bagi menjadi beberapa bab dengan garis besar tiap mulai dari:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas secara umum tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode penelitian dan sistematik penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisikan teori-teori mengenai baja, korosi dan jenisnya, air laut, uji kekasaran dan studi literatur yang berkaitan dengan pokok permasalahan dan metode yang digunakan untuk menganalisa penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Berisi metode penelitian yang digunakan dalam penelitian, waktu dan tempat penelitian, alat dan spesimen penelitian dan prosedur penelitian.

BAB IV ANALISIS DATA

Membahas tentang analisis data dari hasil penelitian sehingga didapatkan suatu kesimpulan dari hasil penelitian.

BAB V PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan yang akan didapat dari analisis data hasil pengujian tersebut

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baja

2.1.1 Pengertian Baja

Baja merupakan logam paduan antara besi dan karbon, dimana besi sebagai unsur dasarnya dan karbon sebagai unsur paduannya. Kadnungan karbon pada baja berkisar antara 0,2 % - 2,1% sesuai dengan grade-nya. Karbon didalam baja berfungsi sebagai penguat dengan mencegah dislokasi bergeser pada sisi kristal atom besi. Unsur paduan lain selain karbo adalah bisa ditambahkan unsur Mn (*Mangan*), Cr (*Krom*), V (*Vanadium*), dan W (*Tungstat*). Dengan

memvariasikan kandungan karbon dan unsur paduan lainnya, banyak jenis baja yang bisa didapatkan. Penambahan kandungan karbon pada baja dapat meningkatkan kekerasan (*hardness*) dan kekuatan tariknya (*tensile strength*), namun disisi lain bisa membuatnya menjadi getas (*brittle*) dan menurunkan laju keuletannya (*ductility*).

Besi merupakan unsur yang berlimpah di alam, dan inti atomnya stabil. Besi adalah unsur dasar meteorit jenis siderite dan sengan sedikit terdapat pada 2 jenis meteorit lainnya. Besi merupakan unsur keempat yang berlimpah ditemukan di kerak bumi. Bijih besi yang umum adalah hematit, yang sering terlihat sebagai pasir hitam sepanjang pantai dan muara aliran.

1. Sifat sifat baja

Baja paduan mempunyai sifat yang lebih unggul dibandingkan dengan baja karbon biasa, diantaranya :

- a. Keuletan yang tinggi tanpa pengurangan kekuatan tarik
- b. Tahan terhadap korosi dan keausan yang tergantung jenis paduannya.
- c. Tahan terhadap perubahan suhu, yang berarti sifat fisisnya tidak banyak berubah
- d. Memiliki butiran yang halus dan homogen.

2.1.2 Baja Karbon

Baja karbon dapat dibedakan menjadi 3 jenis yaitu baja karbon rendah, menengah, dan baja karbon tinggi.

2.1.2.1 Baja karbon rendah

Pada baja karbon rendah mengandung karbon sekitar 0,05 – 0,3%. Karakteristik baja ini adalah mudah diolah dengan mesin dan gampang ditempa. Bisa juga dijadikan untuk pembuatan bodi mobil, pipa, rantai dan paku dan lain lain.

2.1.2.2 Baja karbon menengah.

Baja karbon menengah Baja karbon menengah merupakan baja yang mengandung 0,20 – 0,50% C. Baja karbon menengah memiliki kekerasan dan kuat tarik yang lebih tinggi dibanding baja karbon ringan. Baja jenis ini biasa digunakan untuk keperluan alat industri kendaraan, roda gigi dan lainnya.

2.1.2.3 Baja karbon tinggi

Baja paduan tinggi merupakan baja yang terdiri dari unsur Cr, Mn, S, Si, P dan lainlain dengan berat elemen paduannya lebih dari 10% (Amanto dan Daryanto, 1999. Berdasarkan jumlah karbon yang dikandung dalam baja karbon ini banyak digunakan dalam pembuatan alat alat perkakas seperti palu, gergaji atau pahat potong. Baja tahan karat merupakan baja paduan tinggi dengan kandungan unsur kromium minimal 10%, sehingga mempunyai sifat tahan korosi. Selain unsur kromium terdapat unsur tambahan lain yaitu Ni, Mo, Mn, Al, Cu, Ti, C.

Pengaruh unsur tambahan dalam baja tahan karat antara lain:

a. Nikel (Ni)

Nikel ini juga berpengaruh penting dalam pembuatan baja tahan karat dan dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan serta ketahanan terhadap korosi.

b. Molibdenum (Mo)

Unsur ini berfungsi untuk menguatkan dan menaikkan, meningkatkan kekuatan baja tanpa kehilangan uletan dapat juga berfungsi sebagai penahan karbida, sehingga mencegah untuk membentuknya grafit pada pemanasan yang lama. Karena itu penambahan Mo untuk baja bisa menaikkan kekuatan dan ketahanan pada suhu tinggi.

c. Mangan (Mn)

Pada dasarnya semua besi itu mengandung mangan karena diperlukan saat proses pembuatan baja, dimana kandungan mangan kurang lebih 0,6%. Mangan juga dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan tarik.

d. Aluminium (Al)

Aluminium dapat meningkatkan ketahanan saat terekspos oleh oksigen di udara, reaksi ini menghasilkan aluminium oksidasi.

e. Tembaga (Cu)

Tembaga dapat meningkatkan ketahanan korosi dalam larutan asam tertentu, dan bisa menurunkan kekerasan, dan meningkatkan *machinability*.

f. Titanium (Ti)

Titanium digunakan sebagai penstabil unsur dalam baja tahan karat.

g. Karbon

Karbon merupakan komponen paling utama yang meningkatkan kekerasan dan ketahanan dalam pembentukan fasa martensit. Unsur karbon dapat berpengaruh pada kekuatan tarik, menurunkan keuletan dan sifat mampu (*machinability*).

h. Kromium (Cr)

Kromium merupakan salah satu unsur pembentukan karbida dan bisa meningkatkan ketahanan, kekerasan, ketangguhan, korosi dengan membentuk lapisan oksidasi pada logam.

Berdasarkan struktur kristalnya, baja tahan karat dibagi menjadi lima yaitu:

1. Baja tahan karat austenitik (*austenitic stainless steel*)

Austenitic stainless steel merupakan baja yang mengandung 18% Cr dan 8% Ni dengan kadar karbon rendah. Baja jenis ini diaplikasikan dalam pembuatan peralatan makanan. Baja austenitik bersifat non-magnetik, ulet, mudah dibentuk dan dilas serta tahan korosi. Tetapi, jika bereaksi dengan klorida akan menimbulkan korosi retak tegang (*SCC*). Jenis baja austenitik misalnya *AISI* 201, 202, 304, 302, dan 316 (Dewangan et al., 2015).

2. Baja tahan karat feritik (*ferritic stainless steel*)

Ferritic stainless steel merupakan baja dengan kandungan 11 – 27% kromium dan sedikit nikel atau tidak ada sama sekali. Tidak dapat dikeraskan dengan perlakuan panas, namun dapat dikeraskan dengan perlakuan dingin. Bersifat magnetik, ulet, tahan terhadap korosi dan oksidasi. Jenis baja tahan karat feritik misalnya *AISI* 430 dan 409 (Cobb, 1999).

3. Baja tahan karat martensitik (*martensitic stainless steel*)

Martensitic stainless steel merupakan baja dengan kadar kromium 10,5 – 18% dan karbon sekitar 1,2% tanpa tambahan nikel. Dikeraskan melalui pendinginan cepat (*quenching*). Bersifat magnetik dan rapuh, sehingga diperlukan proses tempering untuk mendapatkan keuletannya. Jenis baja martensitik misalnya *AISI* 410 dan 440 (Davis, 1994).

4. Baja Tahan Karat Dupleks (*Duplex Stainless Steel*)

Duplex Stainless Steel merupakan baja dengan bentuk struktur campuran antara *austenitik* dan *feritik*, mempunyai kekuatan tarik dan luluh lebih tinggi dibandingkan dengan jenis

austenitik maupun feritik. Baja ini biasa digunakan dalam peralatan atau mesin yang memiliki tegangan dinamis. Tipe dari baja ini antara lain *AISI* 2205 dan 2304 (Yunaidi, 2016).

5. Baja Tahan Karat Pengerasan Pengendapan (*Precipitation Hardenable Stainless Steel*)

Precipitation Hardenable Stainless Steel merupakan baja dengan kandungan 11 – 17,5%Cr, 4 – 8%Ni, dan 0 – 2%Mo. Bersifat magnetik dan dapat dikeraskan dengan perlakuan panas. Jenis baja ini misalnya S17400 dan S13800 (Davis, 1994)

2.2 Korosi

2.2.1 Pengertian Korosi

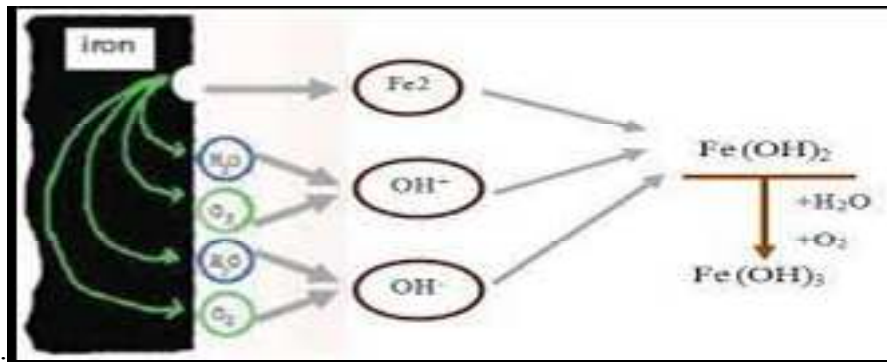
Korosi merupakan rusaknya peristiwa logam karena reaksi dengan lingkungannya dan menurut (Gunsltum ,2005) korosi adalah elektrokimia dan hanya menyerang logam. Korosi adalah fenomena elektrokimia dan hanya menyerang logam, ada pula definisi lain yang mengatakan bahwa karat merupakan rusaknya logam karena adanya zat penyebab karat. Pada dasarnya peristiwa korosi adalah reaksi elektrokimia. Secara alami pada permukaan logam dilapisi oleh suatu lapisan film oksida (FEO, OH). Pasivitas dari lapisan film ini akan merusak karena adanya pengaruh dari lingkungan, misalnya adanya penurunan pH atau alkalinitas dari lingkungan ataupun serangan dari ion klorida. Pada proses karat terjadi reaksi antara ion-ion dan juga antar elektron karat atau perkaratan sangat lazim terjadi pada besi. Besi merupakan logam yang mudah berkarat karat besi merupakan zat yang dihasilkan pada peristiwa korosi, yaitu berupa zat padat berwarna cokelat kemeran yang bersifat rapuh serta berpori. Bila dibiarkan, lama kelamaan besi akan habis menjadi korosi. Dampak dari peristiwa karat bersifat sangat merugikan, korosi merupakan dari oksidasi besi.

Kata korosi berasal dari bahasa latin "*Corrosion*" yang artinya perusakan logam atau berkarat. Jadi jelas karat sudah dikenal sejak lama dan sangat merugikan, karat adalah merupakan salah satu masalah yang sering terjadi diatas kapal selama pengoperasiannya dimana akibat karat tersebut dapat merusak bagian-bagian tertentu terutama bagian yang mengalami kontak langsung dengan udara bebas dan air laut.

Korosi dapat terjadi di dalam medium kering (*dry corrosion*) dengan media elektrolitnya tanah dan juga medium basah (*wet corrosion*) dengan media elektrolitnya air. Sebagai contoh korosi yang berlangsung di dalam medium kering adalah penyerangan logam besi oleh gas oksigen (O₂) atau oleh gas belerang dioksida (SO₂).

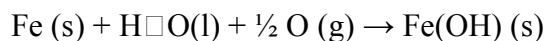
2.2.2 Mekanisme Korosi

Secara umum mekanisme korosi yang terjadi di dalam suatu larutan berawal dari logam yang teroksidasi didalam larutan, dan melepaskan elektron untuk membentuk ion logam yang bermuatan positif. Larutan akan bertindak sebagai katode dengan reaksi yang umum terjadi adalah pelepasan H₂ dan reduksi O₂, akibat ion H⁺ dan H₂O yang tereduksi. Reaksi ini terjadi di permukaan logam yang akan menyebabkan pengelupasan akibat akibat pelarutan logam kedalam larutan secara berulang ulang (Al Hakim 2011).

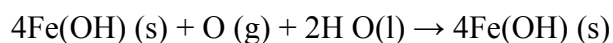


Gambar 2 1. Mekanisme korosi

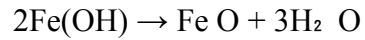
Mekanisme korosi yang terjadi pada logam besi (Fe) dituliskan sebagai berikut



Fero hidroksida [Fe(OH)₂] yang terjadi merupakan hasil sementara yang dapat teroksidasi secara alami oleh air dan udara *ferry hidroksida* [Fe(OH)₃], sehingga mekanisme reaksi selanjutnya adalah :



Ferri hidroksida yang terbentuk akan berubah menjadi Fe₂O₃ yang berwarna merah kecoklatan yang biasa kita sebut karat (Vogel, 1979). Reaksinya adalah:



2.2.3 Bentuk Korosi

Korosi memiliki berbagai macam bentuk. Setiap bentuk korosi memiliki karakteristik dan mekanisme yang berbeda-beda (Jaya Halwan Jaya dkk,2010).

1. Korosi Seragam (*Uniform corrosion*)

Korosi serangan atau *uniform attack* atau korosi merata adalah jenis korosi dimana pada korosi tipe ini laju korosi yang terjadi diseluruh permukaan logam atau paduan yang terbuka pada lingkungan berlangsung dengan laju hampir sama, rata-rata seluruh permukaan logam yang muncul terjadi proses korosi terjadi karena seluruh permukaan logam kontak dengan air dengan jenis yang sama. Korosi ini biasa terjadi pada baja karbon yang berada dalam lingkungan atmosfer korosif, sedangkan pada tembaga terjadi laju korosi yang rendah karena adanya lapisan pelindung pada permukaannya sehingga tembaga memiliki ketahanan korosi yang lebih tinggi. Efeknya adalah terjadi penipisan pada permukaan dan akhirnya menyebabkan kegagalan karena ketidakmampuan untuk menahan beban. Korosi ini dapat dicegah atau dikendalikan dengan pemilihan material termasuk (*coating*), penambahan (*corrosion*) inhibitor pada fluida atau menggunakan *cathodic protection*.



Gambar 2.2 Korosi Seragam (Sumber: M. Sholikan)

2. Korosi Galvanik (*Galvanic corrosion*)

Korosi Galvanik merupakan korosi yang disebabkan adanya beda potensial antara dua logam yang berada pada fluida atau media konduktif dan korosif. Akibatnya, logam dengan ketahanan terhadap korosi yang rendah akan mengalami laju korosi lebih tinggi dibandingkan

dengan logam yang memiliki ketahanan terhadap korosi tinggi. Pencegahan korosi ini adalah dengan menggunakan satu jenis material yang sama atau menggunakan kombinasi beberapa material yang memiliki sifat galvanis yang mirip, menggunakan insulasi pada sambungan antara logam, serta mengurangi karakteristik korosi dari fluida dengan menggunakan (*corrosion inhibito*).



Gambar 2.3 Korosi Galvanik (Sumber utomo,2009)

3.Korosi Celah (*Crevice corrosion*)

Korosi Celah merupakan korosi yang terjadi di sela-sela gasket, sambungan bertindih, sekrup-sekrup atau kelingan yang terbentuk oleh kotoran-kotoran endapan atau timbul dari produk-produk karat seperti kaki konstruksi dan maupun tabung gas. Adanya korosi bisa ditandai dengan warna coklat pada sekitar celah benda tersebut.



Gambar 2.4 Korosi celah (Sumber:Jaya,dkk,2010)

4.Korosi Sumuran (*Pitting corrosion*)

Korosi Sumuran merupakan fenomena korosi dimana proses korosi terjadi pada suatu area pada permukaan logam yang akhirnya menyebabkan terjadinya lubang pada permukaan tersebut.

Korosi ini biasanya disebabkan oleh *chloride* atau ion yang mengandung *chlorine*. Korosi ini dapat dicegah dengan pemilihan material yang sesuai dan memiliki ketahanan tinggi terhadap korosi.



Gambar 2.5 Korosi sumuran (sumber : Jaya,dkk,2010)

5. Korosi Tegang (*Erosion corrosion*)

Korosi Tegang merupakan korosi yang terjadi sebagai akibat dari tingginya pergerakan relatif fluida korosif terhadap permukaan logam. Proses ini umumnya berlangsung dengan adanya dekomposisi kimia atau elektrokimia pada permukaan logam. Kavitasasi adalah contoh (*erosion corrosion*) pada peralatan yang berputar di lingkungan fluida yang bergerak, seperti *impeller* pompa dan sudusudu turbin. (*Erosion / abrasion corrosion*) juga terjadi di saluran gas-gas hasil pembakaran.



Gambar 2.6 Korosi Tegang

6. Korosi retak (*Stress corrosion*)

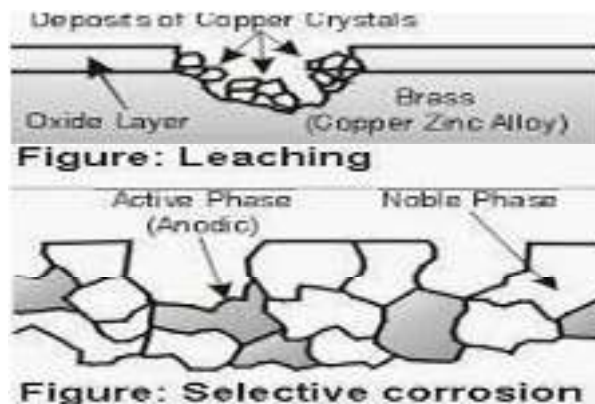
Korosi retak merupakan korosi yang terjadi akibat kombinasi antara beban/stress pada logam dan media yang korosif. Korosi ini dapat terjadi apabila beban yang diterima oleh logam melebihi suatu minimum *stress* level.



Gambar 2.7. Korosi retak (Sumber google)

7. *Selective leaching corrosion*

Korosi ini berhubungan dengan melepasnya satu elemen dari campuran logam. Contoh yang paling mudah adalah desinification yang melepaskan zinc dari paduan tembaga. Paduan modern mengandung sejumlah unsur paduan berbeda yang menunjukkan potensial korosi yang berbeda. Beda potensial antara elemen paduan menjadi kekuatan pendorong untuk serangan preferensial yang lebih "aktif" pada elemen dalam paduan tersebut.



Gambar 2.8 (*Selective leaching corrosion*) pada pipa (Sumber : Jaya, dkk, 2010)

2.3 Laju Korosi

Laju korosi merupakan kecepatan merambatnya proses korosi terhadap waktu pada suatu material. Secara eksperimen, laju korosi dapat diukur menggunakan beberapa metode yaitu,

metode pengurangan massa, metode elektrokimia, dan metode perubahan tahanan listrik . Metode pengurangan berat merupakan metode pengukuran laju korosi paling sederhana. Massa sampel sebelum dan setelah dilakukan uji ditimbang untuk mengetahui selisih massanya (Kumar, 2014). Menurut ASTM International (2005) pengukuran laju korosi dengan metode pengurangan berat dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$CR = \frac{K \cdot W}{\Delta T \rho} \dots\dots\dots 2.1$$

dengan CR = Laju korosi (mm/tahun)

K = Konstanta

W = Selisih massa (gram)

A = Luas permukaan (cm²)

T = Waktu perendaman (jam)

ρ = Massa jenis baja (gram/cm³)

$$1 \text{ mpy} = 0,0254 \text{ mm/y} = 25,4 \text{ } \mu\text{m/y} = 2,9 \text{ nm/hr} = 0,805 \text{ pm/sec}$$

Metode elektrokimia, laju korosi diukur dengan cara menentukan besarnya arus korosi yang mengalir (*icorr*) dari sistem elektroda (Yusuf, 2008). Tabel 2.1 menunjukkan perbandingan nilai laju korosi dalam (*mpy*) dengan unit satuan yang lain. Laju korosi dalam mm/tahun menampilkan nilai bentuk pecahan, μm/tahun memberikan hasil dalam bilangan bulat besar, dan nm/jam serta pm/jam menunjukkan nilai laju korosi dengan bilangan bulat kecil. Nilai laju korosi tersebut menunjukkan ketahanan suatu logam terhadap proses korosi.

Perbandingan satuan laju korosi mils per year (*mpy*) dengan satuan laju korosi yang lain (Jones, 1996).

Laju korosi relatif mil/tahun mm/tahun μm/tahun mm/jam mm/detik

Tabel 2.1 Tingkat Ketahanan Korosi Berdasarkan Laju Korosi.

Amat sangat baik	< 1	< 0,025	< 25	< 2,89	< 0,8
------------------	-----	---------	------	--------	-------

Sangat baik	1 – 5	0,025 – 0,1	25 – 100	2,89 – 10	0,8– 4
Baik	5 -20	0,1 – 0,5	100 – 500	10 – 50	4 – 16
Sedang	20 – 50	0,5 – 1	500 – 1000	50 – 150	16 – 40
Buruk	50 – 200	1 – 5	10000	– 150	– 40 – 161
			5000	500	
Sangat buruk	200+	5+	5000+	500+	161+

Suatu baja dapat dikatakan memiliki ketahanan korosi baik jika laju korosinya < 1 mils per year (*mpy*) (Jones, 1996).

Faktor penyebab korosi / yang mempercepat korosi

Beberapa faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi proses korosi antara lain adalah:

1. Suhu

Suhu merupakan faktor penting dalam proses terjadinya korosi, dimana kenaikan suhu akan menyebabkan bertambahnya kecepatan reaksi korosi. Hal ini terjadi karena makin tinggi suhu maka energi kinetik dari partikel - partikel yang bereaksi akan meningkat sehingga melampaui besarnya harga energi aktivasi dan akibatnya laju kecepatan reaksi korosi juga akan makin cepat, begitu juga sebaliknya (Fogler, 1992).

2. Kecepatan Alir Fluida

Laju korosi cenderung bertambah jika laju atau kecepatan aliran fluida bertambah besar. Hal ini karena kontak antara zat pereaksi dan logam akan semakin besar sehingga ion - ion logam akan makin banyak yang lepas sehingga logam akan mengalami kerapuhan (Kirk Othmer, 1965).

3. Konsentrasi Bahan Korosif

Hal ini berhubungan dengan pH atau keasaman dan kebasaan suatu larutan. Larutan yang bersifat asam sangat korosif terhadap logam dimana logam yang berada didalam media larutan asam akan lebih cepat terkorosi karena merupakan reaksi anoda. Sedangkan larutan yang bersifat basa dapat menyebabkan korosi pada reaksi katodanya karena reaksi katoda selalu serentak dengan reaksi anoda.

4. Oksigen

Adanya oksigen yang terdapat di dalam udara dapat bersentuhan dengan permukaan logam yang lembab. Sehingga kemungkinan menjadi korosi lebih besar. Di dalam air (lingkungan terbuka), adanya oksigen menyebabkan korosi (Amstead, B.H, 1995).

5. Waktu Kontak

Dalam proses terjadinya korosi, laju reaksi sangat berkaitan erat dengan waktu. Pada dasarnya semakin lama waktu logam berinteraksi dengan lingkungan korosif maka semakin tinggi tingkat korosifitasnya. Aksi inhibitor diharapkan dapat membuat ketahanan logam terhadap korosi lebih besar. Dengan adanya penambahan inhibitor kedalam larutan, maka akan menyebabkan laju reaksi menjadi lebih rendah, sehingga waktu kerja inhibitor untuk melindungi logam menjadi lebih lama. Kemampuan inhibitor untuk melindungi logam dari korosi akan hilang atau habis pada waktu tertentu, hal itu dikarenakan semakin lama waktunya maka inhibitor akan semakin habis terserang oleh larutan.

2.3.1 Pengaruh Ion Klorida Terhadap Korosi Baja

Korosi pada baja karbon antara lain dipengaruhi oleh konsentrasi ion agresif seperti ion klorida (Cl^-). Konsentrasi ion klorida yang makin tinggi akan semakin meningkatkan kecenderungan terjadinya korosi. Ion klorida kebanyakan bertindak sebagai ion triger atau ion agresif karena kemampuannya yaitu menghancurkan lapisan pasif pada permukaan baja karbon dan mempercepat laju korosi. Ion klorida bukan merupakan unsur ilmiah yang terdapat dalam air, namun biasanya ditambahkan untuk mengontrol perkembangan organisme air. Ketika terlarut di dalam air, maka ion klorida akan berubah menjadi asam hipoklorit (HClO) dan asam klorida (HCl), yang mana akan menurunkan nilai pH.

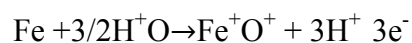
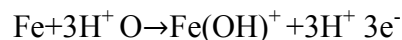
Ion klorida dikenal memiliki efek perusak terhadap baja karbon. Kebanyakan ion tersebut memiliki kemampuan untuk terserap di permukaan logam dan berinterferensi membentuk lapisan

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, reaksi hidrolisis ion logam dari reaksi anodik menyebabkan penurunan pH, yang mana 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 dipengaruhi 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).

2.3.2 Pengaruh pH Terhadap Korosi Baja

Nilai pH pada air (*elektrolit*) dapat berbeda dengan pH aktual di permukaan tergantung dari reaksi yang terjadi permukaan. Reduksi oksigen akan menghasilkan ion OH⁻ yang dapat meningkatkan nilai pH, namun dibawah deposit produk korosi nilai pH dapat ditekan, ketika pH, air (*elektrolit*) moderate (pH=5). Korosi *uniform* merupakan serangan dominan yang akan semakin meningkat dengan penurunan pH. Pada Ph 4 atau <4 maka lapisan oksidasi proteksi terlarut dan terekspose dipermukaan metal. Pada peningkatan pH, besi oksidasi terpresipitasi dari larutan ke bentuk deposit. Korosi serangan secara tiba tiba menurun namun dibawah deposit mulai terbentuk Fe₂O₂ dipermukaan metal

Reaksi anodiknya adalah



Laju korosi meningkat karean adanya konsentrasi ion hidrogen (penurunan pH), korosi berdasarkan variabel pH untuk baja yang laju korosi meningkat pada Ph sangat rendah, laju

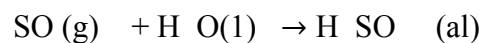
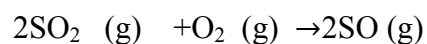
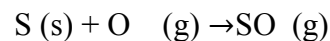
korosi tidak tergantung pH netral ,laju menurun dengan peningkatan Ph dan ujungnya laju korosi meningkat kembali pada ph yang tinggi nya sama.

2.3.3 Pengaruh Oksigen Terlarut Terhadap Korosi Baja

Proses korosi pada besi baja temperatur kamar membutuhkan oksigen terlarut netral dan alakali akan stabil tanpa kehadiran oksigen. Adanya proses agitasi ataupun stirring dapat meningkatkan transpot pelarutan oksigen dan meningkatkan laju korosi peingkatan awalnya meningkatkan laju korosi mencapai 2 kali lipat dengan kenaikan temperatur setiap 30C,namun pada temperatur >80C , *solubility* pelarutan oksigen dapat menurunkan laju korosi. Oksigen terlalu sering mempunyai variabel untuk tujuan berbeda pada permukaan yang lebih besar.pH yang lebih rendah terdapat didaerah anoda (dibawah deposit karat oksidasi)sedangkan disekelilingnyamerupakan daerah katoda (ber Ph tinggi) yang dihasilkan dari reaksi reaksi oksigen terlarut.Jika dibandingkan dengan logam non *ferrous*,seperti *copper* dan *zink*,maka perilaku korosi pada baja karbon sedikit sensitif terhadap kualitas air.

2.3.4 Pengaruh Ion Sulfur Terhadap Korosi Baja

Ion sulfur secara alami terbentuk oleh letusan gunung berapi,dimana unsur ini sangat berpengaruh terhadap baja ketika unsur ini membentuk senyawa kimia berupa asam kuat. Asam kuat ini sangat berpengaruh terhadap baja dimanaasam kuat dapat membuat baja menjdi korosi. Adapun fenomena dimana sulfur dapat menjadi asam kuat yaitu ketika terjadi hujan asam yang disebabkan erupsi gunung berapi. Meningkatnya kadar unsur didalam atmosfer dan bertemu dengan uap air akan membentuk senyawa asam kuat seperti rumus kimia dibawah ini.



2.4 Uji Kekasaran permukaan

Setiap permukaan dari benda yang telah mengalami proses pemesinan akan mengalami kekasaran permukaan,yang dimaksud dengan kekasaran permukaan adalah penyimpangan rata

rata aritmetik dari garis rata rata permukaan .Defenisi ini digunakan untuk menentukan harga rata ratadari kekasaran permukaan. Nilai kekasaran permukaan memiliki nilai kewalitas (N) yang berbeda, nilai kwalitas kekasaran permukkan telah diklasifikasikan oleh ISO dimana yang paling kecil adalah N1 yang memiliki nilai kekasaran permukaan (Ra) 0,025 μ m dan yang paling tinggi N12 yang nilai kekasarannya 50 μ m.

2.4.1. Permukaan






Permukaan adalah suatu titik yang membatasi antara sebuah benda padat dengan lingkungan sekitar nya. Dilihat dari skala kecil pada dasarnya konfigurasi permukaan yang dalam hal ini termasuk golongan mikro geometri. Sebagai contoh golongan mikrogeometri adalah poros, lubang,sisi,dan sebagainya. Karakteristik suatu permukaan memegang peranan penting dalam perancangan komponen mesin/peralatan. Hal ini karena karakteristik dari sebuah komponen mesin sangat erat kaitannya dengan gesekan, keausan, pelumasan dan sebagainya. Dalam pembuatan sebuah komponen karakteristik permukaan yang dikehendaki harus dapat dipenuhi seperti halnya pada toleransi ukuran, bentuk, dan posisi, karakteristik permukaan harus dapat diterjemahkan kedalam gambar teknik supaya kemauan perancang dapat dipenuhi.

2.4.2 Permukaan dan Profil

Karena ketidaksempurnaan alat ukur dan cara pengukuran maupun cara evaluasi hasil pengukuran maka suatu permukaan sesungguhnya (*real surface*) tidaklah dapat dibuat tiruan. Tiruan permukaan hasil pengukuran hanya bisa mendekati bentuk/konfigurasi permukaan sesungguhnya atau dapat disebut permukaan terukur (*measure surface*). Karena dalam pembuatan sebuah komponendapat terjadi penyimpangan, maka permukaan geometri ideal (*geometrically ideal surface*) yaitu permukaan yang dianggap mempunyai bentuk yang sempurna tidak dapat dibuat. Suatu permukaan yang di syaratkan pada gambar teknik disebut sebagai permukaan nominal (*nominal surface*). Karena kesulitan dalam mengukur dan menyatakan besaran yang diukur dari suatu permukaan seacara tiga dimensi maka dilakukan pembatasan. Permukaan hanya dipandang sebagi penampang yang dipotong di tinjau relatif terhadap permukaan dengan geometri, secara tegak lurus (*normal*), serong (*oblique*),atau sinngung(*tangensial*).

Ketidak teraturan konfigurasi suatu permukaan bila ditinjau dari profolnya dapat diuraikan menjadi beberapa tingkat, seperti yang ada pada tabel

Tabel 2.2 Ketidakteraturan suatu profil

Tingkat	Profil Lengkung Permukaan pada hasil pengukuran	Bentuk	Ciri-ciri kemampuan pemrosesannya
1		Kestabilan bentuk (form error)	Kesalahan bidang-bidang perbandingan mesin perkakas dan benda kerja. Kesalahan posisi pemotongan benda kerja.
2		Gelombang (<i>waviness</i>)	Kesalahan bentuk perkakas, kesalahan penyusunan perkakas, getaran dalam proses pemrosesan.
3		alur (<i>grooves</i>)	Jejak/bekas pemotongan bentuk sudut pahat, getak makan?
4		serpihan (<i>flakes</i>)	Proses pembentukan geram, deformasi akibat proses pemrosesan, perubahan modulus pada proses anodisasi.
			Kombinasi ketidakteraturan dan tingkat 1 sampai dengan 4.

Permukaan merupakan suatu titik yang memisahkan antara satu benda dengan sekelilingnya. Bentuk dari suatu permukaan benda memegang peranan penting dalam melakukan perancangan sebuah benda karena permukaan suatu benda berkaitan dengan gesekan keausan pelumasan dan lain sebagainya. Kekasaran permukaan produk tidak harus memiliki nilai yang halus tetapi terkadang sebuah produk memerlukan nilai kekasaran permukaan yang besar sesuai fungsinya. Hal yang mempengaruhi nilai kekasaran permukaan sebuah produk tidak sesuai dengan yang diharapkan, dikarenakan oleh beberapa faktor seperti, pemilihan mata pahat yang kurang tepat atau pahat yang digunakan sudah aus sehingga berpengaruh pada kemampuan pahat tersebut untuk memotong, kesalahan proses atau tahapan yang dilakukan dalam proses pemesinan untuk membuat sebuah produk juga sangat berpengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan sebuah benda.

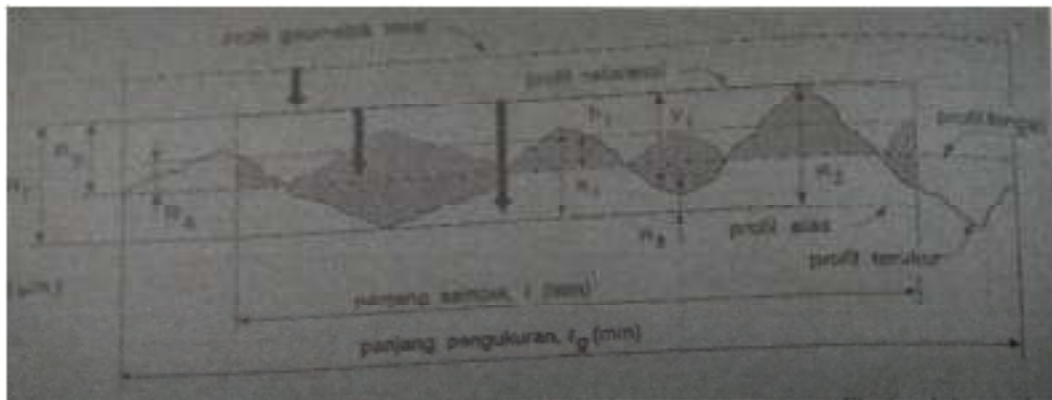
Tingkat pertama merupakan ketidak teraturan makrogeometri. Tingkat kedua yang di sebut dengan gelombang (*waviness*) merupakan ketidak teraturan yang periodik dengan panjang gelombang yang jelas lebih besar dari kedalamannya amplitudonya). Tingkat ketiga atau alur (*grooves*) serta tingkat ke empat yang disebut (*flakes*). Kedua duanya lebih dikenal dengan kekasaran (*roughness*).

2.4.3 Parameter Kekasaran Permukaan

Untuk memproduksi profil suatu permukaan, sensor/peraba(*stylus*) alat ukur harus digerakkan mengikuti lintasan yang berupa garis lurus dengan jarak yang telah ditentukan terlebih dahulu, sering juga disebut dengan panjang pengukuran (*travessing length*). Sesaat setelah jarum jam bergerak dan sesaat sebelum jarum jam berhenti secara elektronik alat ukur ini melakukan perhitungan berdasarkan data yang dideteksi oleh jarum jam perahu. Bagian panjang pengukuran yang dibaca oleh sensor alat ukur kekasaran permukaan disebut panjang sampel. Pada ditunjukkan bentuk profil sesungguhnya dengan beberapa keterangan dibawah ini:

1. Profil *geometric* adalah garis permukaan sempurna yang dapat berupa garis lurus, lengkung atau busur.
2. Profil terukur adalah garis permukaan yang terukur.
3. Profil referensi puncak/acuan merupakan garis yang digunakan sebagai acuan untuk menganalisa ketidak teraturan bentuk permukaan.

Profil alas adalah garis yang berada dibawah yang menyinggung kedalam.

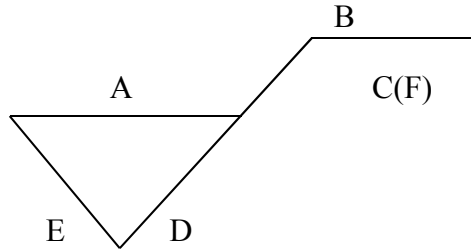


Gambar 2.12

Bentuk profil kekasaran permukaan.

2.4.4 Penulisan Kekasaran Permukaan Pada Gambar Teknik

Pada gambar teknik kekasaran permukaan biasanya dilambngkan dengan simbol yang berupa segitiga sama sisi dengan salah satu ujungnya menempel pada permukaan .Pada segitiga ini juga terdapat beberapa angka dan symbol yang memiliki beberapa arti yang terlihat pada gambar



Gambar 2.13 Lambang kekasaran permukaan

Keterangan

- A. Nilai kekasaran permukaan (Ra)
- B. Cara pengerjaan produksi
- C. Arah pengerjaan
- D. Kelebihan ukuran yang dikehendaki
- E. Nilai kekasaran lain jika diperlukan

Angka yang ada pada simbol kekasaran permukaan merupakan nilai dari kekasaran permukaan aritmatik (Ra). Nilai Ra telah dikelompokkan menjadi 12 kelas kekasaran sebagaimana terlihat pada tabel 2.3 dibawah ini

Tabel 2.3 Angka kekasaran permukaan

No	Kelas kekasaran	Mesin Raughness (Ra; μm)	Keterangan
1	N12	50.0	-Sangat kasar
2	N11	25.0	
3	N10	12.5	
4	N9	6.3	-Kasar
5	N8	3.2	-Normal
6	N7	1.6	
7	N6	0.8	

8	N5	0.4	-Halus
9	N4	0,2	
10	N3	0.1	-Sangan kasar
11	N2	0.05	
12	N1	0.025	

2.4.5 Alat Ukur Kekasaran Permukaan

Alat ukur kekasaran permukaan yang digunakan adalah *surface roughness tester*, alat ini digunakan untuk mengamati ataupun mengukur kekasaran permukaan dengan standar ISO. Cara kerja dari alat ukur kekasaran permukaan ini adalah dengan meletakkan alat sensor yang dipasangkan pada alat tersebut, selanjutnya sejajarkan alat ukur permukaan tersebut dengan bahan spesimen yang akan di uji, dan saat pengerjaanya alat ukur ini tidak boleh bergerak karena akan mengganggu sensor dalam membaca kekasaran dari permukaan material tersebut.



Gambar 2.14 *Surface roughness tester*

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bahan

1. Baja Stainlees Steel 201

Stainless Steel tipe 201 dipotong dengan ukuran panjang 60 mm lebar 35mm dan tebal 3 mm.

Tabel 3.1 Hasil uji komposisi Stainless Stell 201

Sample: K0260-K0201 **Material:**
Method: Fe 1405 **Materialcode:**
Report No: **Host No:**
Analysis Time: June 10, 2023 **User:** Bagus Ariana S. **Unit:** (%)

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Al	Ca
Q	0,182	0,360	7,676	-0,081	0,009	14,09	0,914	0,335	0,048	>0,006
A	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
M	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3	0,182	0,360	7,676	-0,081	0,009	14,09	0,914	0,335	0,048	>0,006
2	0,182	0,360	7,676	-0,081	0,009	14,09	0,914	0,335	0,048	>0,006
1	0,182	0,360	7,676	-0,081	0,009	14,09	0,914	0,335	0,048	>0,006

	Mg	Fe	Al	Mo	N	Cu	Ni
Q	0,914	0,914	0,914	0,914	0,914	0,914	0,914
A	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3	0,914	0,914	0,914	0,914	0,914	0,914	0,914
2	0,914	0,914	0,914	0,914	0,914	0,914	0,914
1	0,914	0,914	0,914	0,914	0,914	0,914	0,914

	Mg	Sn	Ti	V	W	Zr	N
Q	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

	Co	Pu
Q	0,000	0,00
A	0,000	0,00
M	0,00	0,00
L	0,000	0,00
3	0,000	0,00
2	0,000	0,00
1	0,000	0,00

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Al	Ca
0,182	0,360	7,676	-0,08	0,009	14,09	0,914	0,335	0,048	>0,006

2. Air Laut

Air laut adalah larutan yang memiliki kandungan berbagai garam-garaman.

Unsur kimia yang tergabung dalam larutan air laut itu ialah *Khlor* (Cl) 55%, *Natrium* (Na) 31%, kemudian *Magnesium* (Mg), *Kalsium* (Ca), *Belerang* (S), dan *Kalium* (K). Selain itu, dalam jumlah kecil terdapat juga *Bromium* (Br), *Karbon* (C), *Strontium* (Sr), *Barium* (Ba), *Silikon* (Si), dan *Fluorium* (F). Kandungan air laut juga terdiri dari berbagai gas seperti Oksigen (O₂) dan gas asam arang (CO₂)

yang merupakan kebutuhan vital bagi kehidupan vegetasi dan hewan laut.

Bentuk kandungan garam-garaman air laut dikenal dengan sebutan kadar garam atau salinitas. Kadar garam air laut yang normal ialah 3,5%. Air laut di daerah tropis pada umumnya memiliki kandungan garam rendah karena curah hujan yang tinggi.

Beberapa bagian laut mempunyai kandungan kadar garam tinggi, karena curah hujan yang sangat rendah dan suhu yang tinggi, misalnya laut yang berdampungan dengan gurun, seperti Laut Merah 4%, Laut Tengah 3,8%, Teluk

Persia 4% dan Laut Mati sebuah danau yang berkadar garam 26%. Sebaliknya

kadar garam air laut rendah, jika laut itu banyak mendapat tambahan air tawar dari muara sungai dan cairan es, seperti Laut Baltik 1,9%.

3.2 Lokasi Penelitian

Penimbangan spesimen uji berat dilakukan di laboratorium metalurgi Universitas HKBP Nommensen Medan.

3.3 Alat

1. Alat Keselamatan kerja



Gambar 3.1 Alat Pelindung Diri

Alat keselamatan kerja berguna untuk mengurangi resiko kecelakaan pada saat penelitian. Contohnya: Masker pelindung wajah atau pernafasan, sarung tangan karet, dan sarung tangan kain, sepatu safety, kacamata safety,eco safety telinga.

2. Gergaji Besi



Gambar 3.2 Gergaji besi

Alat ini berfungsi sebagai alat pemotong untuk membentuk spesimen baja karbon sedang yang akan digunakan pada penelitian

3. Kikir



Gambar 3.3 Kikir

Digunakan untuk membuat permukaan benda-benda menjadi lebih halus dengan cara menggosokkan salah satu permukaan.

4. Gerinda



Gambar 3.4 Gerinda

Gerinda digunakan untuk menghaluskan permukaan spesimen.

5. Amplas



Gambar 3.5 Amplas

Amplas sering disebut kertas pasir adalah sejenis kertas yang digunakan untuk membuat permukaan benda-benda menjadi lebih halus dengan cara menggosokkan salah satu permukaan amplas yang telah ditambahkan bahan abrasif kepada permukaan benda tersebut.

6. Mesin Polish(*Poles*)



Gambar 3.6 Mesin poles

Dalam penelitian ini mesin polish digunakan untuk menghaluskan permukaan spesimen dan juga untuk mengurangi ukuran benda kerja yang masih berlebih hingga nantinya didapat ukuran yang tepat.

7. Timbangan



Gambar 3.7 Timbangan

Alat pengukur berat spesimen yang digunakan adalah timbangan digital atau *Nautical Balance*. Penimbangan spesimen dilakukan sebelum dan sesudah proses pengkorosian dilakukan, sehingga diketahui berat awal dan berat akhir spesimen

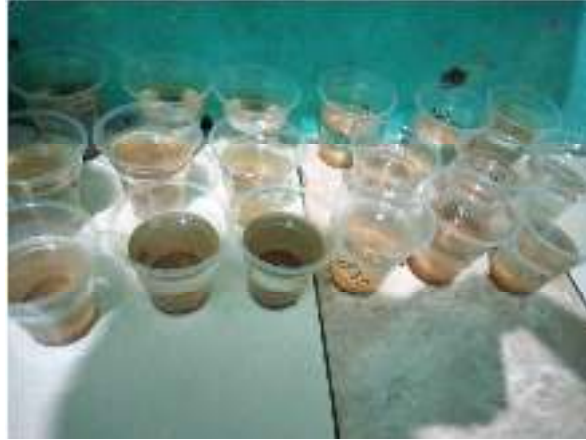
8. Kawat baja



Gambar 3.8 Kawat baja

Digunakan untuk menggantung spesimen, karena tembaga merupakan bahan yang tahan terhadap larutan yang bersifat asam.

9. Wadah



Gambar 3.9 Wadah

Wadah diperlukan pada proses pengkorosian yaitu untuk menampung larutan korosif.

3.4 Langkah Kerja Proses Penelitian.

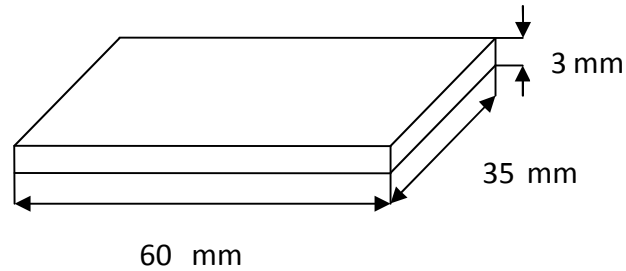
Melakukan proses pengkorosian, kita haruslah menyusun rencana. Adapun proses penelitian dilakukan sebagai berikut:

1. Mempersiapkan Bahan spesimen.

Adapun bentuk dan ukuran spesimen yang direncanakan adalah sebagai berikut. - Panjang = 60 mm

- Lebar = 35 mm

- Tebal = 3 mm



2. Pembersihan secara mekanik.

Proses ini bertujuan untuk menghaluskan permukaan dan menghilangkan goresan- goresan serta geram-geram yang masih melekat pada spesimen. Untuk menghilangkan goresan-goresan dan geram-geram dilakukan dengan *mesin polish* sedangkan untuk menghaluskan dilakukan dengan amplas.

3. Degreasing.

Proses *degreasing* merupakan proses yang dilakukan untuk menghilangkan kotoran, minyak, lemak, cat dan kotoran padat lainnya yang menempel pada permukaan spesimen. Proses pembersihan dilakukan dengan menggunakan larutan HCL dengan konsentrasi rendah seperti 10 ml HCL + 90 ml Aquades.

4. Rinsing.

Proses *rinsing* merupakan pencucian dengan air bersih yang mengalir dan alkohol. Pencucian dengan air bersih yang mengalirkan alkohol bertujuan untuk membersihkan permukaan benda kerja dari oksida atau kotoran lainnya.

5. Penimbangan awal spesimen.

6 Proses pengkorosian.

Setelah spesimen bersih dari kotoran kotoran yang menempel, maka spesimen siap untuk dikorosikan, cara yang perlu dilakukan pada saat mau pengkorosian yaitu;

A. Masukkan Air laut kedalam wadah sesuai variabel yang ditetapkan.

- B. Masukkan spesimen masing-masing kedalam larutan.
- C. Setelah mencukupi variabel waktu yang ditentukan angkat spesimen.
- D. Bersihkan dan keringkan spesimen.

7. Pickling, degreasing, rinsing.

8. Penimbangan akhir spesimen.

Setelah proses pengkorosian selesai dilakukan, maka dilakukan proses penimbangan pada spesimen yaitu untuk mengetahui laju korosi yang terjadi.

9. Melakukan Uji kekasaran permukaan

Setelah spesimen dibersihkan maka dilakukan uji kekasaran permukaan untuk mendapatkan nilai keksaran spesimen.

10. Analisis data

3.5 Diagram Alir

