

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

##### 2.1.1 Proses Korosi Baja

Proses terjadinya korosi membutuhkan syarat yaitu, Adanya potensial listrik antara anode dan katode. Hal ini terjadi jika terdapat 2 logam yang berbeda atau dua tempat yang berbeda konsentrasi elektrolit sehingga terjadi perbedaan potensial listrik, ada elektrolit (cairan/uap air/garam), terjadi hubungan antara katode dan anode (Sihono dkk, 2014). Terjadinya reaksi korosi merupakan laju kimia, naiknya temperatur menjadikan reaksi oksidasi terhadap logam bisa disebut juga dengan meningkatnya kemampuan lingkungan untuk mengoksidasi logam.terjadinya kenaikan suhu maka akan terjadi juga kenaikan pada konstanta laju reaksi. Pada saat suhu kamar konstanta laju reaksi naik 2-50 kali disetiap temperature naik 100°C (Trethewey, 1991).

Banyak unsur logam Zn, f, Ni dan Cu tekena korosi apabila kelembapan udara diatas 60%. Apabila kelembapan udara diatas 89%, laju korosi akan lebih meningkat apabila korosi yang terjadi pada logam menjadi higroskopik (menyerap air). Titik embun dapat terjadi ketika terjadinya perubahan temperatur berpengaruh pada kelembapan relatif. Terjadinya penurunan temperatur lebih rendah dari titik embun, maka terjadinya titik jenuh dengan uap air bintik air akan mulai mengendap kepermukaan logam (Trethewey, 1991).

Tingkat asam berpengaruh dengan proses korosi karena pH menunjukkan konsentrasi ion  $H^+$  dalam air dan menghasilkan pelepasan elektron oleh logam pada reaksi anodik. Asam merupakan satu dari sekian banyak indikator yang mengakibatkan proses korosi pada logam, dengan adanya polutan  $SO_2$ ,  $SO_3$ ,  $NO_2$  dan  $HNO_3$ , butir-butir air hujan membentuk asam sulfat dan asam nitrat yang

menyebabkan pH air berkurang dari 5,60. Lebih dari 90% ernisi sulfur dan nitrogen berasal dari aktivitas manusia. Unsur-unsur yang terkandung dalam air, seperti oksigen terlarut, sodium klorida (NaCl), kalsium sulfat (CaSO<sub>4</sub>), dan kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) akan mempengaruhi proses korosi pada material (Fontana, 1987).

### 2.1.2 Penelitian korosi pada baja

Korosi merupakan masalah umum yang membawa kerugian bagi alat transportasi, konstruksi dan industri. Pengamatan proses terjadinya korosi atmosferik jangka panjang setelah pemakaian 13 tahun di lima daerah di spanyol dengan berbagai jenis atmosfer yang berbeda yaitu pedesaan, perkotaan dan industri dengan metode difraksi sinar-x (XRD) dan pemindaian mikroskopik electron/ dispersif energy X-ray spectroscopy (SEM/EDS). Korosi jangka panjang terlihat lebih parah dibandingkan dengan atmosfer perkotaan maupun pedesaan. Dalam semua kasus hasil dari penelitian ini terlihat bahwa terjadi penurunan korosi dan lebih stabil setelah exposure pada 4-6 tahun pertama didapatkan hasil pmdatan lapisan karat yang terbentuk di atmosfer pedesaan dan perkotaan, pembentukan fase hematit dan ferri hidrit (tidak umum ditemukan) di industri dan atmosfer laut dan identifikasi struktur morfologikhas *lepidokrosit* (pasir kristal dan bunga datar) *goethite* (struktur bola kapas dan kristal berbentuk cerutu) (Funte dkk, 2011).

Pengamatan korosi atmosfer menggunakan metode difraksi sinar X (XRD) , SEM dan EDS. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jumlah ion klorida dan SO<sub>2</sub> serta waktu basah (*time of wtness*) dari berbagai jenis atmosfer di kolombia (Castano, 2010), dipasang plat baja karbon selama 14 bulan di enam lokasi berbeda di kolombia, hasil dari pengamatan bahwa korosi atmosfer paling agresif sangat tergantung dari kandungan klorida di udara, selanjutnya kandungan yang lebih agresif ada kecenderungan yang lebih besar untuk pembentukan korosi protektif yaitu daerah yang dekat dengan laut dan lokasi industri. *Lepidocroite* dan *goethite* ditemukan sebagai penyusun utama korosi yang terjadi pada baja karbon, sebuah

struktur yang tidak ditampilkan dalam literature penelitian ini juga ditemukan yaitu korosi berbentuk tali sepanjang seratus micrometer pada plat lepidocrocte (Castano, 2010).

Efek dari *inhibitor* NaOH dan NaNO<sub>3</sub> pada korosi baja ringan dalam lingkungan garam NaCl dengan suhu larutan 27<sup>o</sup> C. Penelitian ini menunjukkan hasil *inhibitor* NaOH dan NaOH<sub>3</sub> dapat menghambat laju korosi logam baja lunak dalam larutan NaCl pada konsentrasi larutan NaCl 1% (Rizal dkk, 2004).

Komposisi kimia pada baja dapat mempengaruhi timbulnya lapisan korosi. Lapisan *oxy-hidroksida* terbentuk dari komposisi kimia yang berasal dari baja yang dapat menghambat terjadinya korosi. Penambahan unsur krom dan molibdenum menyebabkan lapisan yang lebih tahan dari korosi (Möller, 2006).

Bahan yang terbuat dari logam lebih mudah terkena korosi apabila kelembapan suhu lebih dari 60% setelah butiran air menempel dipermukaan maka akan terjadinya korosi (Widharto, 2001)

### **2.1.3 Penelitian Korosi pada part mobil**

Pembentukan kendaraan (mobil) dengan proses press tentunya banyak terjadi bengkokan-bengkokan dengan jari-jari tertentu sesuai deasain dari persusahaan masing-masing. Dari bengkokan tersebut menyebabkan terjadinya pengaruh struktur mikro dan tegangan sisa dimana berpengaruh pada sifat mekanis dan laju korosi (Bramantya, 2016).

Plat logam badan mobil yang dilapisi dengan *sealant* dapat mempengaruhi laju korosi atmosferik dilingkungan asam sulfat. Digunakan instrumental berupa *fog chamber* dengan meium pengkorosian asam sulfat. Hasil dari penelitian ini didapatkan ketebalan pelapisan *sealnt* 7 mils dapat memperlambat laju korosi yang terjadi dengan kecepatan terendah dengan nilai 1,4878 mm/y dengan medium pH 3,00 dan laju korosi mencapai puncaknya pada waktu ekspos 20 jam sampai 45 jam

pertama. Semakin tebal lapisan *sealants* yang digunakan, semakin kecil laju korosi pada pelat logam badan mobil sesuai dengan persamaan secara umum  $w=9.8189(s)^{-1.0898}$  untuk medium korosi pH 2,75,  $w=21.77(s)^{-2.2964}$  untuk medium korosi pH 3,00, dan  $w=29.159(s)^{-3.6574}$  untuk medium korosi pH 3,25. Laju korosi dilingkungan asam mempunyai kecenderungan 30 kali lebih cepat dari laju korosi dilingkungan garam (Dyah dkk, 2006).

#### **2.1.4 Korosi pada bumper**

Penyebab terjadinya karat bisa disebabkan dari berbagai hal seperti bekas tabrakan atau baret menyebabkan air dan kotoran gampang sekali masuk pada bagian yang tergores karena hilangnya atau rusaknya pelapis anti karat pada bagian tersebut sehingga mudahnya terjadi korosi bekas pengelasan, bekas aksesoris yang bilamana pelepasan yang tidak tepat (Joni, 2018). Ada beberapa penyebab dari cuaca maupun lingkungan seperti Air hujan yang tidak langsung dibilas dengan air biasa, karena air hujan mengandung zat asam yang mudah mengakibatkan terjadinya korosi pada bumper mobil, Kotoran (Tanah atau Lumpur) sering kali terjadi saat mobil melintas pada jalan yang tergenang air menyebabkan cipratan pada bagian mobil dan menyebabkan terjadinya kerak dan lama-kelamaan berubah menjadi karat, bekas tabrakan atau baret menyebabkan air dan kotoran gampang sekali masuk pada bagian yang tergores karena hilangnya atau rusaknya pelapis anti karat pada bagian tersebut sehingga mudahnya terjadi korosi. (Rahayu, 2017).

### 2.1.5 Proteksi Korosi Baja

Untuk menanggulangi kerugian yang disebabkan oleh korosi, maka perlunya dilakukan proteksi terhadap korosi. Bahan yang untuk penelitian adalah anoda korban Al untuk bahan pelindung terhadap korosi yang berukuran 4 cm x 6 cm x 0,04 cm. bahan kimia yang digunakan adalah etanol, besi baja ASTM A36 4 cm x 6 cm x 0,17 dan air laut Bengkilas. Semua spesimen dilubangi dan dibersihkan etanol. Kemudian dimasukan kedalam oven dengan suhu 80°C, selanjutnya spesimen diletakan kedalam desikato, lalu timbang berat awal ( $W_0$ ). Melakukan pengujian korosi dengan metode perendaman anoda dan katoda dihubungkan dengan kawat baja 1 -3 cm. direndam selama 15, 20 dan 25 hari didalam air laut. Dilakukan perhitungan laju korosi, didapatkan hasil laju korosi tanpa pelindung katodik terendah dengan nilai 7,066 mpy dengan perendaman 15 hari sedangkan laju korosi tertinggi pada 25 hari dengan nilai 9,761 mpy. Dengan metode anoda korban Al didapatkan hasil dengan penurunan dengan nilai 1,448 mpy dengan jarak 1cm. Perbandingan dari hasil diatas dapat disimpulkan proteksi katodik metode anoda korban lebih efektif dalam mengendalikan lajukorosi (Ayu dkk, 2018).

Salah satu upaya pengendalian korosi dapat dilakukan dengan cara pelapisan logam, penelitian ini bertujuan menganalisa laju korosi pada baja karbon rendah yang dialpisi seng dengan metode *hot dip galvanizing*. Spesimen dirangkai menjadi satu dilakukannya proses *pickling* suhu seng dibagi menjadi 3 pencelupan dengan suhu 450°C, 500°C, 550°C, spseimen dicelupkan ke bak *galvanizing* selama (1, 1,5 dan 2 menit) kemudian dilakukan proses *quenching*, selanjutnya tahap pengujian korosi dengan menggunakan asam sulfat/Air dengan konsentrasi 80%/20% dan larutan NaCl spesimen dicelupkan selama 24 hari. Perbandingan pengujian dapat disimpulkan larutan dengan NaCl mempunyai daya lebih tinggi dengan nilai  $28,25 \cdot 10^{-7}$  gr/mnt sedangkan pada larutan asam sulfat  $6,299 \cdot 10^{-7}$ , hal ini terjadi karena adanya ion Cl yang terdapat dealam medium berfungsi mempercepat proses pembentukan ion oksida (Arif dkk, 2016).

## **2.2. Dasar Teori**

### **2.2.1 Pengertian Korosi**

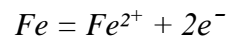
Korosi dapat diartikan sebagai kerusakan atau penurunan kualitas suatu bahan penyebabnya berkontak atau bereaksi antara bahan dan lingkungan sekitar. Korosi pada logam atau bisa disebut juga kerusakan terhadap logam karena oksidasi. Rusaknya logam terjadi karena terkena gas amoniak, oksigen, air, klorida, basa, larutan garam, arus listrik, dan garam. Secara umum korosi terjadi disebabkan oleh udara di sekitar dan air (Fontana, 1986). Bagi industri korosi menjadi masah utama bagi ekonomi perusahaan karena menyangkut dengan umur, penyusutan dan efisiensi pemakaian. Korosi dapat menyebabkan banyak kerugian. Kerusakan pada pipa gas, pipa minyak, kapal, dan alat-alat lain yang berbahan logam. Beberapa milyaran dolar dikeluarkan untuk perawatan jembatan,alata perkantoran, kendaraan bermotor, mesin-mesin industri, serta alat elektronik lainnya agar konstruksinya dapat bertahan lama.

Korosi merupakan suatu fenomena kerusakan suatu material yang terjadi, akibat material berkontak langsung dengan lingkungan yang korosif. Sel komponen elektrokima yang dapat mengakibatkan korosi yaitu anoda, katoda sirkuit eksternal (penghubung antara anoda dan katoda), sirkuit internal (elektrolit). Katoda (+) dan anoda (-) adalah logam yang sejenis atau berlainan yang mempunyai perbedaan potensial. Korosi terjadi apabila komponen diatas lengkap apabila salah satu komponen tidak ada maka korosi tidak akan terbentuk. Lingkungan yang korosif dapat menyebabkan terjadinya korosi, berupa kadar pH yang rendah, terlalu banyak ununsur klorida dilingkungan sekitar, sulfat dan beberapa faktor lingkungan lainnya. Satuan mpy dan mm/y adalah satuan yang menentukan suatu kerusakan dari suatu proses korosi terhadap suatu material.

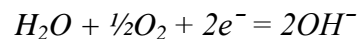
### 2.2.2 Mekanisme Korosi

Reaksi korosi pada baja sebagai berikut (Tretwey, 1991):

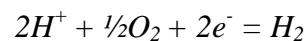
Pada anoda terjadi pelarutan besi (Fe) menjadi ion  $Fe^{2+}$  :



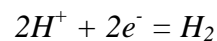
sedangkan pada katoda terjadi reaksi :



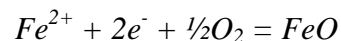
untuk lingkungan (larutan) netral maka reaksi yang terjadi sebagai berikut :



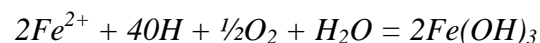
untuk lingkungan (larutan) asam maka reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Proses reaksi diatas terjadi bertahap dan juga terjadinya proses reaksi lanjutan. Pada proses korosi, terbentuknya ion ferro dianoda menyebabkan terbentuknya ferrosida lapisan sangat tipis yang menempel pada permukaan logam yang dapat mencegah besi terlarut lebih lanjut karena teroksidasi :



begitu juga dengan katoda oksigen harus sampai kepermukaan logam supaya reaksi (1) dan (2) terjadi. Lapisan yang dapat menghalangi penyerapan oksigen adalah terbentuknya ion hidroksil yang dapat terserap pada permukaan dan membentuk lapisan. Terjadinya polarisasi dan proses korosi melambat karena terjadinya dikeadaan ini. Pada proses korosi yang cepat, karena lapisan penghambat tidak terbentuk dengan sempurna, ion Fe bereaksi dengan ion hidroksil :



Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa proses korosi dilingkungan basah dapat terjadi apabila empat syarat terpenuhi yaitu ;

1. Anoda merupakan tempat terjadinya reaksi anoda.
2. Katoda merupakan tempat terjadinya reaksi katodik.
3. Transfer elektron/ arus harus melalui medianya.
4. Lingkungan yang bersifat elektrolit.

### 2.2.3 Jenis- Jenis Korosi

Ada beberapa jenis korosi (Utomo, 2013).

#### 1. Korosi Menyeluruh

Korosi ini disebut korosi menyeluruh, apabila seluruh permukaan berkontak langsung dengan lingkungan akan mengalami korosi. Akibat dari korosi ini seluruh konstruksi akan mengalami kerusakan seperti contoh Gambar 2.1.

Mekanisme korosi menyeluruh: permukaan logam yang langsung terpapar oleh lingkungan dengan distribusi yang sama dari reaktan katodik. Dilingkungan asam ( $\text{pH} < 7$ ), menyebabkan reduksi ion hidrogen sedangkan dilingkungan basa ( $\text{pH} > 7$ ) ataupun netral ( $\text{pH} = 7$ ), menyebabkan reduksi oksigen, tidak adanya reaksi untuk katodik maupun anodik korosi ini berlangsung secara bersamaan yang menyebabkan tidak ada lokasi preferensial. Terletaknya anoda dan katoda secara acak dan bergantian dengan waktu. Menjadikan hasil korosi yang sama pada keadaan dimensinya.



Gambar 2.1 Korosi Menyeluruh (mechanicalengineering, 2014)



## 2. Korosi Galvanis

Galvanis *atau bimetalik corrosion* dapat terjadi ketika dua jenis logam yang berbeda berkontak langsung pada lingkungan yang korosif contoh pada Gambar 2.2

Mekanisme korosi galvanis: proses korosi ini dapat terjadi karena proses elektro kimiawi yaitu dua macam logam yang berbeda potensial berhubungan secara langsung didalam elektrolit yang sama. Mengalirnya elektron logam yang anodik menuju ke logam yang katodik, berakibat logam yang anodik berubah ionnya menjadi positif karena kehilangan elektron. Terbentuknya garam metal karena ion positif logam bereaksi dengan ion negative yang berada didalam elektrolit. Karena terjadinya hal tersebut, terbentuknya sumur-sumur karat atau disebut karat permukaan terjadi karena pada permukaan anoda kehilangan metal.



Gambar 2.2 Korosi galvanis (Mechanicalengineering, 2014)

## 3. *Selective Leaching Corrosion*

*Selective leaching* merupakan suatu paduan komponen dari satu atau lebih paduan larutan padat. Bisa disebut juga dengan pemisahan, pelarutan selektif atau serangan selektif. Contoh dealloying umum adalah dekarburisasi, decobaltification, denickelification, dezincification, dan korosi graphitic.

Mekanisme *selective leaching* : pada elektrolit yang sama logam yang berbeda dan juga paduannya mempunyai paduan yang berbeda (potensial korosi). Dizaman modern ini perpaduan metal mengandung beberapa unsur paduan yang berbeda

yang menandakan potensial korosi yang berbeda. Kekuatan pendorong untuk serangan preferensial yang lebih aktif pada elemen paduan yang disebabkan beda potensial antara elemen paduan seperti Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Korosi Selektif (Mechanicalengineering, 2014)

#### 4. Korosi Celah

Korosi celah dapat terjadi antara dua permukaan bergabung atau terjadi karena serangan lokal. Celah dapat terbentuk ketika bahan logam dipadukan dengan bahan non logam. Di luar kesenjangan atau tanpa celah, kedua logam yang tahan terhadap korosi. Kerusakan ini terjadi disebabkan disekitar permukaan yang bergabung atau dibatasi oleh satu logam.

Mekanisme korosi celah: terjadinya konsentrasi kimia yang berbeda, adanya adanya oksigen, yang menjadikan konsentrasi sel elektrokimia (dalam kasus oksigen berbedanya sel aerasi). Terjadinya kandungan klorida lebih rendah disbanding dengan kandungan oksigen dan pH lebih tinggi terlihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Korosi Celah (Mechanicalengineering, 2014)

#### 5. Korosi Sumuran

Korosi sumuran adalah korosi yang terjadi secara lokal yang terbatas dengan area kecil atau titik kecil, dan terbentuknya rongga. Salah satu bentuk yang paling merusak yaitu korosi sumuran.

Mekanisme korosi sumuran: Untuk logam yang terbebas dari cacat, lingkungan yang agresif seperti adanya unsur klorida yang menyebabkan terbentuknya korosi sumuran. Rusaknya dudukan oksida yang disebabkan oleh klorida menyebabkan timbulnya bintik seperti sumur kecil. Faktor lingkungan juga dapat menyebabkan perbedaan aerasi (menetesnya air diatas permukaan logam) dan juga sumuran dapat terjadi dilokasi anodic (pusat menetesnya air) seperti Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Korosi Sumuran (Mechanicalengineering, 2014)

## 6. Intergranular korosi

Intergranular korosi kadang-kadang juga disebut "intercrystalline korosi" atau "korosi interdendritik". Dengan adanya tegangan tarik, retak dapat terjadi sepanjang batas butir dan jenis korosi ini sering disebut "intergranular retak korosi tegangan (IGSCC)" atau hanya "intergranular stress corrosion cracking".

Mekanisme korosi intergranular: jenis serangan ini diawali dari beda potensial dalam komposisi, seperti sampel inti "coring" biasa ditemui dalam paduan casting. Pengendapan pada batas butir, terutama kromium karbida dalam baja tahan karat, merupakan mekanisme yang diakui dan diterima dalam korosi intergranular seperti Gambar 2.6 logam yang terkena korosi intergranular.



Gambar 2.6 Korosi Intregranular (Mechanicalengineering, 2014)

## 7. Korosi Retak Tegangan

Korosi Retak Tegangan atau disebut SCC terjadi saat logam terjadi tegangan tarik dan adanya bahan perusak (korosi) yang menyebabkan retak. Patahan cepat tidak termasuk dengan pengurangan bagian yang terkorosi. Paduan yang diberikan atau tegangan siksa dapat dihancurkan dengan *intercrystalline* atau *transkristalin* koorsi .terjadinya penggetasan hydrogen akan menyebabkan retak korosi tegangan seperti pada Gambar 2.7.

Mekanisme korosi retak tegangan terjadi karena adanya 3 faktor komponen yang bersangkutan, yaitu :

1. Material yang digunakan rentan terkena korosi.
2. Lingkungan yang elektrolit.
3. Mempunyai tegangan sisa.



Gambar 2.7 Korosi Retak Tegangan (Mechanicalengineering, 2014)

#### 8. Korosi Erosi

Korosi erosi terjadi ketika erosi dan korosi bergerak secara bersamaan dimana cairan yang korosif seperti mengandung garam yang bergerak atau cairan yang korosif bergerak kearah logam, yang menjadikan percepatan terdegradasinya logam.

Mekanisme korosi erosi : hilangnya cairan korosif akibat efek mekanik atau kecepatan fluida yang mengenai logam. Tahap pertama terjadinya penghapusan film pelindung yang berada pada logam yang menyebabkan logam telanjang tanpa lapisan film pelindung akibat dari arus yang mengalir hingga menjadikannya berlubang contohnya seperti Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Korosi Erosi (Mechanicalengineering, 2014)

#### 9. Korosi Atmosfer

Proses elektrokimia yang terjadi antara dua bagian benda padat dan lingkungan khususnya logam yang langsung berhubungan langsung dengan udara terbuka maka korosi ini terjadi, beberapa faktor yang dapat membetuk korosi atmosfer yaitu:

1. Zat pencemar lingkungan dan udara
2. Kelembapan kritis
3. Suhu
4. Curah hujan
5. Arah dan kecepatan angin
6. Paparan sinar matahari

#### 10. Korosi Arus Liar

Korosi arus liar terjadi masuknya arus secara tidak sengaja disuatu konstruksi logam, yang terjadi kemudian arus kembali menuju sumbernya. Saat logam ditinggal arus saat kembali kesumbernya maka akan terjadi serangan korosi pada beberapa titik yang dapat merusak konstruksi logam contohnya seperti Gambar 2.9. Ada dua jenis arus yang terjadi, yaitu:

### 1. Sel Arus Liar yang terjadi secara Eksidental (tidak disengaja)

Seperti dengan kereta api dengan listrik yang memiliki arus liar, yang melaju disamping atau berdekatan dengan pipa air minum di dalam tanah yang terbuat dari baja galvanis atau atau baja berlapis beton sebelah dalam dan berbalut (wrapped) sebelah luar. Keretakan terjadi pada daerah keluarnya arus liar yang berasal dari rel kereta listrik tersebut. Katoda adalah tempat masuknya arus liar, sedangkan tempat keluar dari arus liar adalah anoda yang dapat menyebabkan karat. Pipa PDAM dapat berlubang karena korosi.

### 2. Sel Arus Paksa Disengaja

Seperti sel perlindungan katodik pipa dibawah tanah, pipa menjadi katoda tidak berkarat disebabkan berasalnya arus ombak dari arus listrik searah melalui tanah menuju elektroda arus mengalir dari elektroda menuju pipa. Setelah itu arus kembali kesumber



Gambar 2.9 Korosi Arus Liar (Mechanicalengineering, 2014)

#### 2.2.4 Penyebab Korosi

Ada beberapa factor penyebab terjadinya korosi yaitu (Ardi, 2013):

##### 1. Air kelembapan udara

Salah satu penyebab terjadinya korosi adalah air. Penyebab mempercepatnya proses terjadinya korosi adalah udara yang mengandung banyak uap air. Banyak maupun sedikit air ataupun uap akan mempengaruhi tingkat korosi pada logam. Reaksi terjadi bukan hanya antar oksigen dan logam saja, tetapi menjadi reaksi elektrokimia dengan uap air. Karena fungsi air sebagai :

1. Pelarut.
2. Pereaksi.
3. Katalisator.
4. Sebagai penghantar arus yang lemah.

##### 2. Elektrolit

Media yang baik untuk terjadinya transfer muatan adalah elektrolit (asam atau garam). Berakibat oksigen yang berada di udara lebih mudah mengikat elektron. Penyebabnya karena air hujan mengandung asam dan air laut mengandung garam yang menjadikannya penyebab korosi.

##### 3. Oksigen

Oksigen adalah unsur mutlak terjadinya korosi, bisa dibilang proses terjadinya korosi pasti terdapat unsur oksigen didalamnya.



#### 4. Permukaan logam

Permukaan logam yang tidak rata memudahkan terjadinya katub-katub muatan yang akhirnya akan berperan sebagai anoda dan katoda. Permukaan logam yang licin dan bersih akan menyebabkan korosi jarang terjadi.

##### 2.2.5 Laju Korosi

Laju korosi dapat dihitung dengan pertambahan berat, waktu, luas dan juga dengan tebal oksidasi yang terbentuk persatuan waktu (Suhartanti, 2005). Penunjukan korosi sering dibuat dengan grafik penambahan dan pengurangan berat sebagai fungsi waktu. Agar mengetahui tingkatan laju korosi logam diberbagai musim dan kondisi .

Korosivitas dapat diprediksi dengan metode matematik berhubungan dengan laju korosi dengan iklim lingkungan dan polutan (Agung, 2004). Rumus yang digunakan untuk mengukur tingkat rata-rata laju korosi dapat dihitung dengan permsamaan dan nilai ketetapan laju korosi dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut (Graedel, 2001) :

$$CR = \frac{(K \times W)}{(A_s \times T \times D)} \quad (2.1)$$

Diketahui :

- CR = *Corroton rate* (mpy)
- K = Konstanta faktor
- T = Waktu terkorosi (thn)
- W = Berat yang hilang (gr)
- D = *Density* g/cm<sup>3</sup>
- A<sub>s</sub> = Luas permukaan benda

Tabel 2.1 Nilai ketetapan laju korosi (K)

Laju korosi yang digunakan	Nilai ketetapan laju korosi (K)
Mil per tahun	$3,45 \times 10^6$
Inchi per tahun	$3,45 \times 10^3$
Inchi per bulan	$2,87 \times 10^2$
Milimeter per tahun	$8,76 \times 10^4$
Mikrometer per tahun	$8,76 \times 10^7$
Gram per meter persegi per jam ( $\text{g/m}^2\text{h}$ )	$1,00 \times 10^4 \times D^A$

### 2.2.6 Spesifikasi Bumper

Toyota mengeluarkan mobil pada generasi pertama sampai dengan generasi ketiga yang sebagian besar berbahan baja karbon, salah satunya pada bagian bumper depan mau belakang yang terbuat dari baja karbon dan farina warna hanya ada chrome dari bentuk design bumper corolla itu sendiri terlihat sama dari generasi pertama sampai generasi ketiga terlihat pada Gambar 2.10 dan Gambar 2.11 tidak ada perubahan yang signifikan (Seva. 2018).



Gambar 2.10 Corolla KE 10 &amp; KE 20 (Seva, 2018)



Gambar 2.11 Toyota Corolla KE30 (Seva, 2018)

Semakin berkembangnya regulasi tentang keselamatan pejalan kaki di AS dan Eropa serta dibenua lainnya menerapkan regulasi yang sama, bumper logam harus diganti dengan bumper plastik agar mengurangi luka saat pejalan kaki menjadi korban kecelakaan (Zai dkk, 2016).

### 2.2.7 Fungsi Bumper

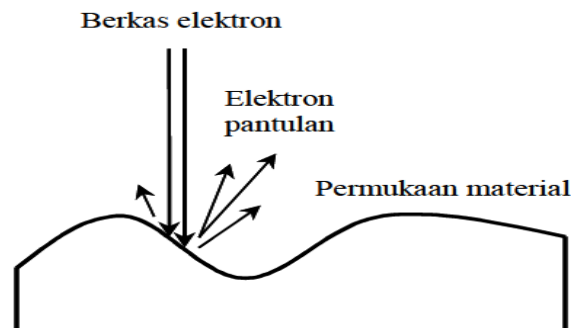
Bumper adalah struktur yang melekat atau terintegrasi dengan ujung depan dan belakang kendaraan bermotor, untuk menyerap benturan ringan, idealnya meminimalkan biaya perbaikan. Bumper logam kaku muncul pada mobil 1904 yang memiliki fungsi terutama ornamen. Sejumlah perkembangan, peningkatan bahan dan teknologi, serta fokus yang lebih besar pada fungsi untuk melindungi komponen kendaraan dan meningkatkan keselamatan telah mengubah bumper selama bertahun-tahun. Bumper idealnya meminimalkan ketidakcocokan ketinggian antara kendaraan dan melindungi pejalan kaki dari cedera. Langkah-langkah pengaturan telah diberlakukan untuk mengurangi biaya perbaikan kendaraan dan, mengurangi dampak cedera untuk pejalan kaki. (Zai dkk, 2016).

Bumper menawarkan perlindungan pada komponen kendaraan lain dengan menghilangkan energi kinetik yang dihasilkan oleh suatu benturan. Energi ini adalah fungsi dari massa kendaraan dan kecepatan kuadrat. Energi kinetik sama dengan  $\frac{1}{2}$  produk dari massa dan kuadrat kecepatan. Dalam bentuk rumus:  $E_k = \frac{1}{2} mv^2$ . Bumper

yang melindungi komponen kendaraan dari kerusakan 5 mil per jam harus empat kali lebih kuat dari bumper yang melindungi 2,5 mil per jam, dengan pembuangan energi tabrakan terkonsentrasi di bagian depan dan belakang kendaraan yang ekstrem. Peningkatan perlindungan bumper yang kecil dapat menyebabkan kenaikan berat badan dan hilangnya efisiensi bahan bakar (Khasinat dkk, 2014).

### 2.2.8 Scanning Electron Microscopy (SEM) + EDX

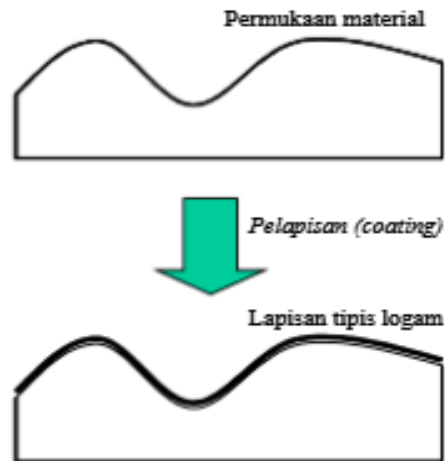
*Scanning Electron Microscope* (SEM) adalah salah satu jenis mikroskop yang proses kerjanya menggunakan berkas elektron sebagai media pengamatan profil permukaan benda. Prinsip kerja dari SEM adalah berkas electron berenergi tinggi ditembakkan menuju permukaan benda (sampel) seperti pada Gambar 2.12. Berkas elektron yang mengenai permukaan benda (sampel) akan dipantulkan kembali atau menghasilkan elektron sekunder ke semua arah. Namun ada satu arah yang mendapatkan pantulan elektron dengan intensitas tertinggi. Arah inilah yang memberikan informasi tentang profil permukaan benda (Abdullah ., 2008) .



Gambar 2.12 Berkas elektron mengenai permukaan benda(sampel)  
(Abdullah., 2008)

Syarat SEM mendapatkan hasil yang optimal adalah permukaan benda harus bisa memantulkan elektron atau bisa melepaskan elektron sekunder saat ditembak dengan berkas elektron. Logam adalah material yang memiliki sifat tersebut. Material jenis lain yang bukan bahan logam harus mendapatkan perlakuan khusus (dilapisi

logam) agar dapat di amati dengan jelas, seperti Gambar 2.13. Lapisan tipis logam dibuat pada permukaan benda agar dapat memantulkan berkas elektron.

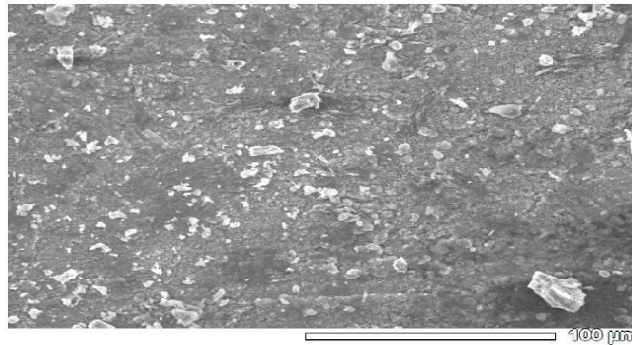


Gambar 2.13 Pelapisan (coating) pada sampel agar mendapatkan hasil yang jelas pada bahan nonlogom (isolator) (Abdullah , 2008)

Prinsip kerja dari alat *Scanning Electron Microscope* (SEM) adalah :

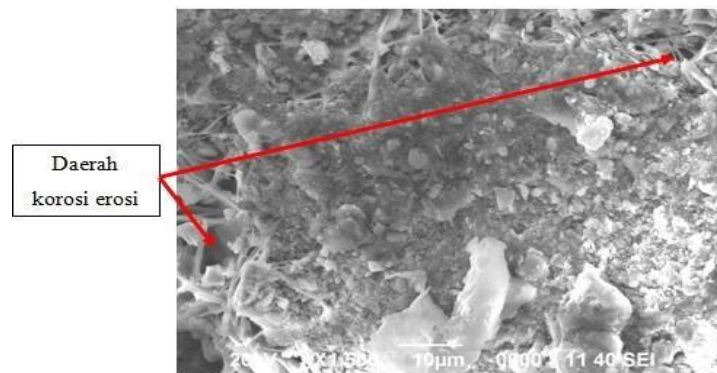
- A. Elektron gun menghasilkan electron beam dari filamen. Umumnya electron gun yang digunakan adalah tungsten hairpin gun dengan filamen berupa lilitan tungsten yang berfungsi sebagai katoda. Tegangan yang diberikan kepada lilitan mengakibatkan terjadinya pemanasan. Anoda kemudian akan membentuk gaya untuk menarik elektron melaju ke anoda.
- B. Lensa magnetik memfokuskan elektron menuju suatu titik pada permukaan sampel.
- C. Sinar elektron yang terfokus memindai (scan) keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai.
- D. Ketika elektron mengenai sampel, maka akan terjadi penyebaran elektron, baik *secondary elektron* (SE) atau *back scattered electron* (BSE) dari permukaan sampel akan dideteksi oleh detektor dan dimunculkan dalam bentuk gambar pada monitor CRT.

Pengujian SEM EDX untuk mengetahui morfologi baja karbon yang terkorosi dan uji EDX untuk mengetahui unsur yang terkandung dalam karbon setelah terkorosi (Handoko dkk, 2012). Hasil pengujian SEM EDX pada Gambar 2.14 menggunakan bahan baja karbon ST 40 yang terkorosi dengan air laut.



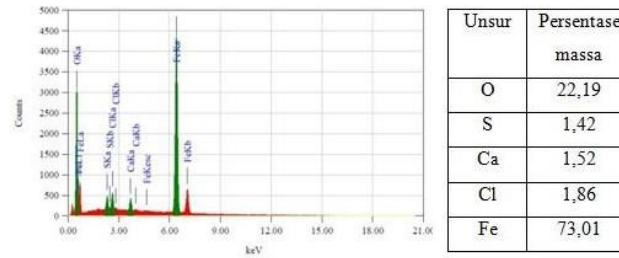
Gambar 2.14 hasil SEM baja karbon ST 40 perbesaran 1500 (Handoko dkk, 2012).

Hasil SEM pada Gambar 2.15 adalah baja karbon ST 40 terkorosi yang diakibatkan oleh aliran air laut. Dapat dilihat dari gambar 2.15 beberapa warna gelap terjadi karena adanya korosi sumuran di area batas butir. (Handoko dkk, 2012).



Gambar 2.15 daerah penembakan EDS baja karbon ST 40 (Handoko dkk, 2012).

Penembakan sinar EDX dilakukan dibagian terkorosi, daerah ini tidak ditemukannya adanya karbon. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.16 yang berpengaruh pada nilai kekerasan material karena unsur karbon berfungsi sebagai penguat dengan mencegah terjadinya dislokasi (Handoko dkk, 2012).



Gambar 2.16 Grafik hasil EDX baja karbon (Handoko dkk, 2012).