

**PENGARUH PERUBAHAN TEMPERATUR TERHADAP
LAJU KOROSI PADA KNALPOT MOTOR**

SKRIPSI

Diajukan kepada Tim Penguji Skripsi Jurusan Teknik Otomotif sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan.



Oleh :

ADE AFRIADI. AR

NIM: 1302770/2013

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF
JURUSAN TEKNIK OTOMOTIF
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

2021

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

**PENGARUH PERUBAHAN TEMPERATUR TERHADAP
LAJU KOROSI PADA KNALPOT MOTOR**

Nama : Ade Afriadi AR
NIM/BP : 1302770/2013
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan : Teknik Otomotif
Fakultas : Teknik

Padang, 26 Februari 2021

Disetujui Oleh:

Pembimbing



Dr. Remon Iapisa, S.T, M.T, M.Sc Tech
NIP. 19770918 200812 1 001

Mengetahui :

Ketua Jurusan Teknik Otomotif FT UNP



Prof. Dr. Wakhinuddin S, M.Pd
NIP. 19600314 198503 1 003

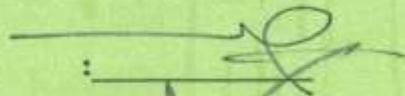
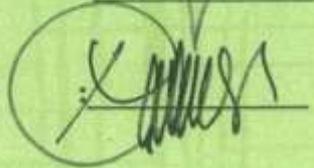
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

**Dinyatakan Lulus Setelah Dipertahankan di Depan Tim Penguji Skripsi
Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang Pada
Tanggal 19 Februari 2021**

Judul : Pengaruh Perubahan Temperatur Terhadap Laju Korosi
Pada Knalpot Motor
Nama : Ade Afriadi AR
NIM/BP : 1302770/2013
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan : Teknik Otomotif
Fakultas : Teknik

Padang, 26 Februari 2021

Tim Penguji :

Nama		Tanda Tangan
1. Ketua	: Dr. Remon Lapisa, S.T, M.T, M.Sc	
2. Sekerretaris	: Donny Fernandez, S.Pd, M.Sc	
3. Anggota	: Nuzul Hidayat, S. Pd, M.T	

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ade Afriadi A R
Nim : 1302770/2013
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan : Teknik Otomotif
Fakultas : FT UNP

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “ **Pengaruh Perubahan Temperatur Terhadap Laju Korosi Pada Knalpot Motor**” adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di institusi UNP maupun di masyarakat dan negara.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah

Padang, Februari 2021

Saya Menyatakan



Ade Afriadi A R

NIM : 1302770

ABSTRAK

Ade Afriadi A R : Pengaruh Perubahan Temperatur Terhadap Laju Korosi Pada Knalpot Motor

Penelitian ini dilatar belakangi oleh banyaknya kalangan anak muda pengguna sepeda motor yang melakukan perombakan terhadap knalpot sepeda motor yang mereka gunakan. Salah satu bentuk perombakan yang dilakukan adalah seperti melakukan pengelasan pada bagian dari pipa knalpot. Pipa knalpot ini rentan terserang oleh korosi, karena sering menerima panas yang lebih tinggi dari proses pembakaran dalam ruang bakar saat motor dioperasikan. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh perubahan temperatur terhadap laju korosi pada knalpot sepeda motor.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian eksperimen. Ada tiga spesimen uji yang diteliti pada penelitian eksperimen ini. Salah satu spesimen uji dilas. Masing-masing spesimen diberi perlakuan panas dengan dibakar langsung menggunakan solder gas, salah satu dari spesimen uji (spesimen A) yang tidak dilas hanya dicelupkan kedalam air biasa. Dua spesimen uji lainnya (spesimen B dan spesimen C) dicelupkan kedalam wadah yang berisi air biasa dan air garam, setelah diberi perlakuan (*treatment*). Dilakukan evaluasi untuk melihat seberapa besar pengaruhnya.

Hasil penelitian membuktikan bahwa perubahan temperatur dan bekas lasan, serta kadar garam berpengaruh terhadap laju korosi. Setelah dilakukan penelitian didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut : laju korosi spesimen C didapatkan hasil sebesar 0,623445516mm/tahun. Spesimen B dihitung laju korosinya didapatkan laju korosinya sebesar 0,457193376mm/tahun. Spesimen A dihitung laju korosinya didapatkan laju korosinya sebesar 0,103907586mm/tahun.

Kata kunci : Temperatur, Laju Korosi, Knalpot Motor.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji syukur alhamdulillah penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyusun sebuah skripsi yang berjudul **“Pengaruh Perubahan Temperatur Terhadap Laju Korosi pada Knalpot Motor”**.

Penyusunan dan penulisan skripsi ini dalam rangka memenuhi persyaratan guna memperoleh gelar sarjana pendidikan pada program studi S1 Pendidikan Teknik Otomotif Jurusan Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Shalawat beserta salam penulis sampaikan kepada junjungan umat Islam sedunia Nabi Muhammad SAW, para sahabat dan orang-orang yang memperjuangkan risalah beliau hingga akhir zaman.

Selanjutnya dalam pelaksanaan penyelesaian skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Fahmi Rizal, M. Pd. M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
2. Bapak Prof.Dr. Wakhinuddin S, M.Pd sebagai Ketua Jurusan Teknik Otomotif FT UNP.
3. Bapak Wagino, S.Pd, M.Pd.T selaku Sekretaris jurusan Teknik Otomotif, dan selaku Penasehat Akademik.

4. Bapak Remon Lapisa ST,MT,M.Sc Tech, Selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan banyak bimbingan, saran dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Seluruh Dosen, Teknisi dan Staf Administrasi Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
6. Orang Tua yang tidak pernah bosan memberikan do'a dan dorongan semangat baik moril maupun materil.
7. Rekan- Rekan mahasiswa, Jurusan Teknik Otomotif Terutama angkatan 2013 yang telah memberi motivasi serta semangat kepada penulis.
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah ikut memberikan saran, petunjuk, masukan, dukungan baik moral maupun moril dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak memiliki kekurangan dan jauh dari kesempurnaan, Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan penelitian ini kedepannya.

Padang, Februari 2021

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI	i
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Batasan Masalah.....	3
D. Rumusan Masalah	3
E. Tujuan Penelitian.....	3
F. Manfaat Penelitian	4
BAB II KAJIAN TEORI	
A. Landasan Teori.....	5
1. Defenisi Korosi	5
2. Faktor Yang Mempengaruhi Korosi	6
3. Jenis – Jenis Korosi.....	7
4. Metoda Pengawasan Laju Korosi	14
5. Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Laju Korosi	15
6. Dampak dari Korosi	25
7. Upaya Pencegahan Korosi	27
B. Penelitian Yang Relevan	33
C. Kerangka Berfikir.....	34
D. Pertanyaan Penelitian	35

BAB III METODELOGI PENELITIAN	
A. Desain Penelitian.....	36
B. Defenisi Operasional.....	36
C. Tempat dan Waktu Penelitian.....	37
D. Jenis dan Sumber Data.....	37
E. Instrumen Penelitian.....	37
F. Alat dan Bahan.....	38
G. Prosedur Penelitian.....	39
H. Teknik Pengumpulan Data.....	40
I. Teknik Analisa Data.....	41
BAB IV DATA PENELITIANANA DAN PEMBAHASAN	
A. Data Penelitian.....	43
B. Pembahasan.....	48
BAB V PENUTUP	
A. Kesimpulan.....	53
B. Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA.....	55
LAMPIRAN.....	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Korosi Seragam pada Pipa Ballast	7
2. Korosi Galvanis	8
3. Korosi Celah pada Baut.....	11
4. Korosi Sumuran.....	13
5. Korosi Erosi.....	14
6. Pengaruh Kadar Asam Lingkungan Terhadap Korosi	19
7. Pengaruh Temperatur Terhadap Laju Korosi	22
8. Knalpot kendaraan bermotor yang mudah korosi akibat suhu tinggi .	22
9. Bangkai kapal didasar laut korosi akibat kandungan garam	23
10.Kerangka berfikir	35
11.Grafik laju korosi	45

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Pengujian laju korosi.....	41
2. Dimensi Spesimen.....	43
3. Data pengurangan berat dan laju korosi spesimen A.....	44
4. Data pengurangan berat dan laju korosi specimen B.....	44
5. Data pengurangan berat dan laju korosi specimen C.....	45

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Surat Izin Penelitian	57
2. Tabulasi Data Penelitian	58
3. Hubungan Laju Korosi dengan Ketahanan Korosi	59
4. Dokumentasi Penelitian	60

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Penggunaan logam dalam menunjang kehidupan manusia saat ini memegang peranan sangat penting, baik dalam kehidupan sehari-hari maupun dalam dunia industri. Seperti pembuatan jembatan, rumah, gedung, rangka mobil atau motor, velg dan knalpot. Peralatan dan mesin, serta rangkaian instalasi dalam industri hampir 90% berasal dari logam, maka dari itu penggunaan logam sebagai penunjang berbagai aktifitas dalam dunia industri maupun aktifitas sehari-hari semakin beragam.

Keberagaman aktifitas tersebut membuat sarana dan prasarana yang berbahan logam ini dapat berada pada berbagai lokasi dan kondisi. Contohnya pada daerah dengan kondisi lingkungan yang ekstrim, yaitu pada daerah yang banyak kandungan unsur yang bersifat korosif. Sifat korosif tersebut dapat dipengaruhi oleh kadar asam, kandungan garam, perbedaan temperatur dan lain sebagainya.

Letak geografis suatu tempat juga berpengaruh sebagai penentu cepat lambatnya terjadi korosi pada suatu logam. Daerah pinggir pantai memiliki kadar garam yang tinggi, tingginya kandungan garam dapat mempercepat laju korosi. Perbedaan ketinggian suatu daerah berpengaruh terhadap kelembaban. Hal ini menyebabkan laju korosi semakin cepat berlangsung.

Korosi/karat pada logam merupakan salah satu masalah bagi logam. Korosi adalah penurunan mutu pada logam. Logam tidak hanya diperuntukan untuk sarana bangunan saja, akan tetapi juga banyak digunakan pada sarana

transportasi, baik darat, laut, maupun udara. Salah satu kendaraan yang banyak digunakan masyarakat yaitu sepeda motor. Sepeda motor juga merupakan salah satu kendaraan yang banyak menggunakan bahan logam didalamnya. Hal ini untuk ketahanan dari sepeda motor tersebut terutama dalam menahan beban dari pengguna kendaraan tersebut dan juga beban tambahan lainnya. Salah satu komponen pada sepeda motor yang banyak menggunakan bahan logam yaitu knalpot.

Knalpot merupakan komponen yang ada disemua jenis kendaraan darat, laut, maupun udara yang berfungsi untuk membuang hasil pembakaran dari ruang bakar. Knalpot juga harus memiliki ketahanan yang tinggi terhadap suhu, maka dari itu knalpot terbuat bahan logam untuk mendukung fungsi tersebut. Karena adanya perbedaan temperatur antara bagian dalam dengan bagian luar dari knalpot saat kendaraan sedang beroperasi maka dapat menjadi pemicu timbulnya korosi pada bagian knalpot.

Apabila korosi pada knalpot ini dibiarkan berlangsung lama maka akan menimbulkan kebocoran pada knalpot tersebut. Kebocoran pada knalpot akan berpengaruh terhadap pencemaran udara yang ditimbulkan oleh emisi gas buang yang keluar dari knalpot. Selain polusi udara, kebocoran dari knalpot juga bisa mengakibatkan polusi suara atau yang dikenal dengan bising. Selain dua hal ini banyak lagi kerugian yang dapat ditimbulkan dari kebocoran pada knalpot tersebut. Kerugian yang ditimbulkan oleh korosi sangat besar jika dibiarkan begitu saja. Berdasarkan penjabaran diatas penulis tertarik untuk

melakukan penelitian yang berjudul “Pengaruh Perubahan Temperatur terhadap Laju Korosi pada Knalpot Motor”.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan diatas, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut.

1. Perubahan temperatur dapat mengakibatkan korosi pada knalpot.
2. Korosi mengakibatkan umur knalpot jadi lebih singkat.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah yang telah dijabarkan diatas, maka penulis membatasi masalah pada pembahasan tentang Pengaruh Perubahan Temperatur Terhadap Laju Korosi.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, identifikasi masalah, dan batasan masalah, yang telah dibahas diatas, maka penulis merumuskan masalah pada penelitian ini yaitu seberapa besar pengaruh perubahan temperatur terhadap laju korosi pada knalpot sepeda motor.

E. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perubahan temperatur terhadap laju korosi.

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah

1. Bagi penulis, sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang pada program studi Pendidikan Teknik Otomotif.
2. Bagi pembaca, sebagai bahan untuk memperoleh informasi tentang perubahan temperatur terhadap laju korosi.
3. Sebagai bahan pertimbangan dan referensi untuk peneliti lain dalam melakukan penelitian tentang korosi.

BAB II KAJIAN TEORI

A. Landasan Teori

1. Defenisi Korosi

Sumantri (1999: 1) “Korosi didefenisikan sebagai degradasi atau penurunan mutu logam akibat logam tersebut bereaksi dengan lingkungannya. Terminologi ini mengacu kepada proses atau kerusakan yang diakibatkan oleh suatu proses tertentu”. Oleh sebagian besar orang, korosi diartikan sebagai karat, yakni sesuatu yang hampir dianggap musuh umum masyarakat. Karat (*rust*), tentu saja adalah sebutan yang belakangan ini hanya dikhususkan bagi korosi pada besi, sedangkan korosi adalah gejala destruktif yang mempengaruhi hampir semua logam.

Muctaridi, dan Sandri (2007: 65) “korosi adalah kerusakan permukaan bahan material, umumnya logam, karena pengaruh lingkungan. Contoh korosi yang terkenal adalah pengkaratan logam. Secara kimia, korosi merupakan reaksi elektrokimia antara logam dan lingkungannya. Korosi dapat kita jumpai pada berbagai jenis logam.”

Korosi atau pengkaratan merupakan suatu peristiwa kerusakan atau penurunan kualitas suatu bahan logam yang disebabkan oleh terjadinya reaksi terhadap lingkungan (Nugraheni dkk, 2014). Beberapa pakar berpendapat definisi hanya berlaku pada logam saja, tetapi para insinyur korosi juga ada yang mendefinisikan istilah korosi berlaku juga untuk material non logam, seperti keramik, plastik, karet. Sebagai contoh rusaknya cat karet karena sinar matahari atau terkena bahan kimia,

mencairnya lapisan tungku pembuatan baja, serangan logam yang padat oleh logam yang cair (Hakim, 2012).

Berdasarkan dari pendapat para pakar diatas dapat disimpulkan bahwa korosi itu merupakan musuh bagi suatu material yang sifatnya merugikan, namun tidak bisa dihilangkan. Meskipun tidak bisa dihilangkan, korosi dapat dicegah dengan berbagai cara agar umur pakai suatu material jadi lebih lama.

2. Faktor yang Mempengaruhi Korosi

Faktor yang mempengaruhi korosi dibedakan menjadi dua, yaitu berasal dari bahan itu sendiri dan dari lingkungannya. Faktor dari bahan meliputi kemurnian bahan, struktur bahan, bentuk kristal, unsur lain yang ada dalam bahan, dan cara pembuatan bahan. Faktor dari lingkungan meliputi udara, suhu, kelembaban (air), dan keasaman zat-zat kimia. Bahan-bahan korosif terdiri atas asam, basa, dan garam, baik dalam bentuk senyawa anorganik maupun organik.

Korosi dapat terjadi di dalam medium kering dan juga medium basah. Sebagai contoh korosi yang berlangsung didalam medium kering adalah penyerangan logam besi oleh gas oksigen (O_2) atau oleh gas belerang dioksida (SO_2). Di dalam medium basah, korosi dapat terjadi secara seragam maupun secara terlokalisasi. Contoh korosi seragam di dalam medium basah adalah apabila besi terendam di dalam larutan asam klorida (HCl). Korosi di dalam medium basah yang terjadi secara terlokalisasi ada yang memberikan rupa makroskopis, misalnya peristiwa

korosi galvanik sistem besi - seng, korosi erosi, korosi retakan, korosi lubang, korosi pengelupasan, serta korosi pelumeran, sedangkan rupa mikroskopis dihasilkan misalnya oleh korosi` tegangan, korosi patahan, dan korosi antar butir.

3. Jenis-jenis Korosi

Berdasarkan dari jenisnya korosi dapat dikelompokkan menjadi beberapa kelompok sebagai berikut:

a. Korosi Seragam (*Uniform Attack*)

Adalah korosi yang terjadi pada permukaan logam akibat reaksi kimia karena pH air yang rendah dan udara yang lembab, sehingga makin lama logam makin menipis. Dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 1 Korosi Seragam pada pipa ballast (Utomo, 2009)

Biasanya ini terjadi pada pelat baja atau profil, logam homogen. Korosi jenis ini bisa dicegah dengan cara diberi lapisan pelindung yang mengandung inhibitor seperti gemuk.

- 1) Untuk lambung kapal diberi proteksi katodik
- 2) Pemeliharaan material yang tepat

- 3) Untuk jangka pemakaian yang lebih panjang diberi logam berpaduan tembaga 0,4%.

b. Korosi Galvanis

Korosi galvanis adalah jenis korosi yang terjadi ketika dua macam logam yang berbeda berkontak secara langsung dalam media korosif (Utomo, 2009). Logam yang memiliki potensial korosi lebih tinggi akan terkorosi lebih hebat dari pada kalau ia sendirian dan tidak dihubungkan langsung dengan logam yang memiliki potensial korosi yang lebih rendah. Logam yang memiliki potensial korosi yang lebih rendah akan kurang terkorosi dari pada kalau ia sendirian dan tidak dihubungkan langsung dengan logam yang memiliki potensial korosi yang lebih tinggi. Pada kasus ini terbentuk sebuah sel galvanik, dengan logam yang berpotensi korosi lebih tinggi sebagai anoda dan logam yang berpotensi korosi lebih rendah sebagai katoda. Korosi ini dapat dicegah dengan cara :

- 1) Beri isolator yang cukup tebal hingga tidak ada aliran elektrolit,
- 2) Pasang proteksi katodik, dapat di lihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2 Korosi galvanis (Utomo, 2009)

c. Korosi Atmosferik

Korosi secara kimiawi korosi adalah reaksi pelarutan (*dissolution*) logam menjadi ion pada permukaan logam yang berinteraksi dengan lingkungan yang dapat bersifat asam atau basa melalui reaksi elektrokimia. Logam tersebut memiliki ion positif dan negatif, yang apabila berhubungan dengan udara maka akan membentuk senyawa baru. Hal ini dikarenakan udara mengandung bermacam-macam unsur, salah satunya hidrogen maka akan terjadi reaksi dengan logam sebagai oksidator.

Korosi atmosfer, termasuk korosi yang terjadi pada temperatur udara antara -18°C sampai 70°C pada lingkungan tertutup atau terbuka. Penurunan mutu logam akibat atmosfer biasanya juga dipengaruhi oleh cuaca. Korosi atmosfer memiliki tingkat korosifitas yang berbeda untuk setiap lingkungan (www.key-to-metals.com). Mekanisme Korosi Menurut Trethewey (1991), mekanisme reaksi korosi pada besi dalam baja adalah sebagai berikut:

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



sedangkan pada katoda terjadi reaksi :



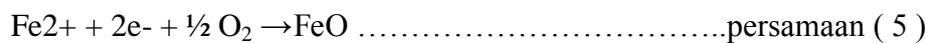
untuk lingkungan (larutan) netral maka reaksi yang terjadi sebagai berikut:



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



Reaksi di atas terjadi secara bertahap dan sebenarnya terjadi juga berbagai reaksi lanjutan dalam larutan. Pada peristiwa korosi, ion ferro yang terbentuk di anoda akan teroksidasi membentuk ferrokksida (*gamma iron oxide*) berbentuk lapisan sangat tipis menempel pada permukaan logam dan mencegah terlarutnya besi lebih lanjut :



Demikian juga pada katoda oksigen harus mencapai permukaan logam agar reaksi (1) dan (2) terjadi. Ion Hidroksil yang terbentuk juga dapat terserap pada permukaan membentuk lapisan yang menghalangi penyerapan oksigen. Pada keadaan ini terjadi polarisasi katoda dan proses korosi berjalan lambat (Sumarji, 2012). Pada peristiwa korosi yang cepat, lapisan penghambat (pelindung) tersebut tidak sempat terbentuk, ion Fe bereaksi dengan Ion Hidroksil :



d. Korosi Celah

Korosi celah ialah sel korosi yang diakibatkan oleh perbedaan konsentrasi zat asam. Karat ini terjadi, karena celah sempit terisi dengan elektrolit (air yang pHnya rendah) maka terjadilah suatu sel korosi dengan katodanya permukaan sebelah luar celah yang basa dengan air yang lebih banyak mengandung zat asam dari pada bagian sebelah dalam

celah yang sedikit mengandung zat asam sehingga bersifat *anodic*. Korosi celah termasuk jenis korosi lokal. Jenis korosi ini terjadi pada celah-celah konstruksi, seperti kaki-kaki konstruksi, drum maupun tabung gas. Korosi jenis ini juga dapat dilihat pada celah antara *tube* dari *heat exchanger* dengan *tubesheet*nya. Adanya korosi bisa ditandai dengan warna coklat di sekitar celah. Tipe korosi ini terjadi akibat terjebaknya elektrolit sebagai lingkungan korosif di celah-celah yang terbentuk diantara peralatan konstruksi. Salah satu contoh korosi celah dapat di lihat pada gambar berikut ini :



Gambar 3 *Crevice corrosion* (korosi celah) pada baut.
(Sumber : Studi Efektifitas Literatur Universitas Indonesia. (Online)).

Karat celah sebenarnya adalah sel korosi yang diakibatkan oleh perbedaan konsentrasi zat asam. Akan halnya karat celah, proses pengkaratannya dapat dijelaskan sebagai berikut:

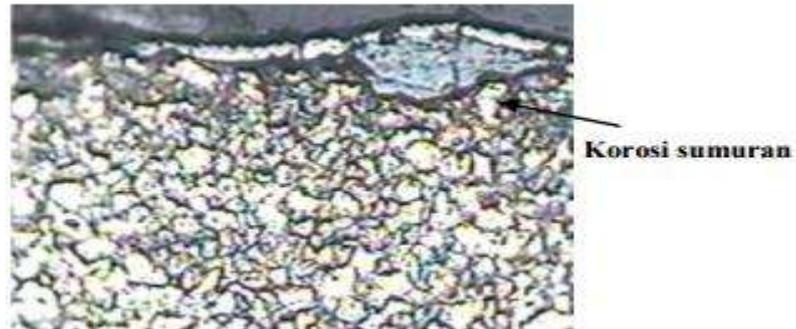
Karena celah sempit terisi dengan elektrolit (air yang pH-nya rendah) maka terjadilah suatu sel korosi dengan katoda-nya permukaan sebelah luar celah yang basah dengan air yang banyak mengandung zat

asam daripada bagian dalam celah yang sedikit mengandung zat asam sehingga bersifat anodik. Akibatnya terjadi kehilangan metal pada bagian yang di dalam celah. Proses pengkaratan ini berlangsung cukup lama karena cairan elektrolit di dalam celah cenderung lama mengeringnya walaupun bagian luar celah telah lama mengering. (Sumber : Studi Efektifitas Literatur Universitas Indonesia. (Online)).

Jenis korosi ini tidak tampak dari luar pipa dan sangat merusak pada pipa. Jenis korosi ini sering didapati pada sambungan yang kurang kedap, salah satu penyebab jenis korosi ini adalah adanya lubang yang bocor yang berada pada gasket, lap joint, dan endapan yang berada pada pipa.

e. Korosi Sumuran

Korosi sumuran juga termasuk korosi lokal. Jenis korosi ini mempunyai bentuk khas yaitu seperti sumur, sehingga disebut korosi sumuran. Arah perkembangan korosi tidak menyebar ke seluruh permukaan logam melainkan menusuk ke arah ketebalan logam dan mengakibatkan konstruksi mengalami kebocoran. Walaupun tidak sampai habis terkorosi, konstruksi tidak dapat beroperasi optimal, bahkan mungkin tidak dapat dipergunakan lagi karena kebocoran yang timbul. Korosi sumuran sering terjadi pada *stainless-steel*, terutama pada lingkungan yang tidak bergerak (stasioner) dan non-oksidator (tidak mengandung oksigen). Berikut ini dapat kita lihat contoh dari korosi sumuran pada gambar di bawah:



Gambar 4. Foto lintang struktur mikro produk korosi sumuran (Jurnal ROTOR)

f. Korosi Erosi

Korosi erosi adalah proses korosi yang bersamaan dengan erosi/abrasi. Korosi jenis ini biasanya menyerang peralatan yang lingkungannya adalah fluida yang bergerak, seperti aliran dalam pipa ataupun hantaman dan gerusan ombak ke kaki-kaki *jetty*. Keganasan fluida korosif yang bergerak diperhebat oleh adanya dua fase atau lebih dalam fluida tersebut, misalnya adanya fase *liquid* dan gas secara bersamaan, adanya fase *liquid* dan *solid* secara bersamaan ataupun adanya fase *liquid*, gas dan *solid* secara bersamaan. Kavitasi adalah contoh *erosion corrosion* pada peralatan yang berputar di lingkungan fluida yang bergerak, seperti impeller pompa dan sudu-sudu turbin. *Erosion/abrassion corrosion* juga terjadi di saluran gas-gas hasil pembakaran.



Gambar 5. *Errosion Corrosion* (Utomo, 2009)

4. Metoda Pengawasan Laju Korosi

Dalam melakukan pengawasan terhadap laju korosi maka diperlukan suatu metoda yang digunakan untuk menghitung laju korosi yang terjadi di dalam pipa. Metoda inspeksi dan pengawasan terhadap laju korosi yang sering digunakan, yaitu :

- a. Metoda Kehilangan Berat (*Coupon Test*)
- b. Metoda Polarisasi (*Corrater*)
- c. Metoda Tahanan Listrik (*Corrasometer*)

Dalam metoda kehilangan berat suatu lempengan logam yang dibuat dari bahan yang sama dengan material logam pipa yang akan dipantau laju korosinya. Untuk selanjutnya material logam ini (*Coupon*) diletakan dalam pipa yang akan dipantau laju korosinya selama 30 hari. Setelah 30 hari barulah material (*Coupon*) dikeluarkan dari dalam pipa untuk ditimbang untuk mendapatkan data kehilangan berat guna mendapatkan data yang diperlukan untuk menghitung laju korosi. (*ASTM G4-Guide For Conducting Corrosion Coupon Test In Field Applications*).

Metoda polarisasi (*Corrater*) adalah salah satu metoda pengawasan yang menggunakan media penghantar korosinya berupa cairan. Metoda polarisasi merupakan metoda yang menggunakan tahanan listrik, dimana tahanan listrik terhubung dengan dua atau lebih elektroda serta elektroda tersebut selalu dalam keadaan tercelup pada fluida karena hal tersebut maka nilai hasil pengukuran tahanan listrik sangat tinggi. Hal ini disebabkan oleh hantaran listrik dari alat *corrater* menuju elektroda berhubungan langsung dengan fluida dalam pipa.

Metoda ketiga yang sering dipakai dalam pemantauan laju korosi adalah metoda tahanan listrik (*Corrasometer*). Metoda ini bekerja berdasarkan sinyal listrik, dimana sinyal ini menunjukkan berapa banyak berat logam yang hilang yang diakibatkan oleh peristiwa korosi. Sinyal listrik yang didapatkan dari *Corrosion Probe* selanjutnya diproses oleh alat *corrasometer* untuk mendapatkan nilai kumulatif dari kehilangan logam sehingga alat dapat mengetahui besarnya laju korosi pada pipa.

5. Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Laju Korosi

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi laju korosi suatu pipa, suatu pipa yang sama jenisnya berapa pada daerah yang berbeda belum tentu akan sama proses pengkorosiannya. Begitu pula dengan dua buah jenis pipa yang terbuat dari material yang berbeda ditempatkan pada lingkungan yang sama, belum tentu akan mengalami proses korosi yang sama. Kasus diatas dapat disimpulkan bahwa ada dua hal yang dasar menjadi factor utama dalam penentu laju korosi suatu pipa logam, yaitu

faktor metalurgi dan faktor lingkungan.

a. Faktor Metalurgi

Faktor metalurgi adalah pada material itu sendiri. Apakah suatu logam dapat tahan terhadap korosi, berapa kecepatan korosi yang dapat terjadi pada suatu kondisi, jenis korosi apa yang paling mudah terjadi, dan lingkungan apa yang dapat menyebabkan terkorosi, ditentukan dari faktor metalurgi tersebut.

Yang termasuk dalam faktor metalurgi antara lain :

1) Jenis Logam dan Paduannya

Pada lingkungan tertentu, suatu logam dapat tahan terhadap korosi. Sebagai contoh, aluminium dapat membentuk lapisan pasif pada lingkungan tanah dan air biasa, sedangkan Fe, Zn, dan beberapa logam lainnya dapat dengan mudah terkorosi.

2) Morfologi dan Homogenitas

Bila suatu paduan memiliki elemen paduan yang tidak homogen, maka paduan tersebut akan memiliki karakteristik ketahanan korosi yang berbeda-beda pada tiap daerahnya.

3) Perlakuan panas

Logam yang di *heat treatment* akan mengalami perubahan struktur kristal atau perubahan fasa. Sebagai contoh perlakuan panas pada temperatur 500°C-800°C terhadap baja tahan karat akan menyebabkan terbentuknya endapan krom karbida pada batas butir. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya korosi intergranular pada

baja tersebut. Selain itu, beberapa proses *heat treatment* menghasilkan tegangan sisa. Bila tegangan sisa tersebut tidak dihilangkan, maka dapat memicu terjadinya korosi retak tegang.

4) Sifat Mampu Fabrikasi Dan Pemesinan

Merupakan suatu kemampuan material untuk menghasilkan sifat yang baik setelah proses fabrikasi dan pemesinan. Bila suatu logam setelah fabrikasi memiliki tegangan sisa atau endapan inklusi maka memudahkan terjadinya retak.

5) Permukaan Logam

Permukaan logam yang lebih kasar akan menimbulkan beda potensial dan memiliki kecenderungan untuk menjadi anode yang terkorosi.

b. Faktor Lingkungan

1) Lingkungan Air

Air atau uap air dalam jumlah sedikit atau banyak akan mempengaruhi tingkat korosi pada logam. Reaksinya bukan hanya antara logam dengan oksigen saja, tetapi juga dengan uap air yang menjadi reaksi elektrokimia. Karena air berfungsi sebagai:

- a) Pereaksi. Misalnya pada besi akan berwarna coklat karena terjadinya besi hidroksida.
- b) Pelarut. Produk-produk korosi akan larut dalam air seperti besi klorida atau besi sulfat.

- c) Katalisator. Besi akan cepat bereaksi dengan O^2 dari udara sekitar bila ada uap air.
- d) Elektrolit lemah. Sebagai penghantar arus yang lemah atau kecil.

Mekanisme reaksi uap air di udara dengan logam sebagai berikut (Sumber: Supardi, 1997:72). Korosi pada lingkungan air bergantung pada pH, kadar oksigen dan temperatur. Misalnya pada stainless steel pada suhu 300-500°C bisa bertahan dari karat. Namun pada suhu yang lebih tinggi 600-650°C baja tahan karat akan terserang korosi dengan cepat. Demikian juga dengan penambahan kadar O^2 dalam air maka akan mempercepat laju korosi pada logam.

a) pH

Penelitian Whitman dan Russel ternyata pH dari suatu elektrolit sangat mempengaruhi pada proses terjadinya korosi pada besi. Pengaturan pH dilakukan dengan pembubuhan KOH pada air yang pH 6-14 dan pembubuhan asam pada 7-0. pH netral adalah 7, sedangkan $ph < 7$ bersifat asam dan korosif, sedangkan untuk $pH > 7$ bersifat basa juga korosif. Tetapi untuk besi, laju korosi rendah pada pH antara 7 sampai 13. Laju korosi akan meningkat pada $pH < 7$ dan pada $pH > 13$.

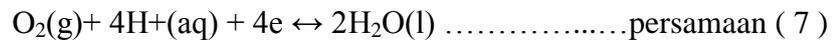


Gambar 6 .Korosi Pada Kondisi Asam Lebih Cepat Terjadi (atas).
Logam Besi yang Belum Terkorosi Pada Kondisi Netral (bawah).

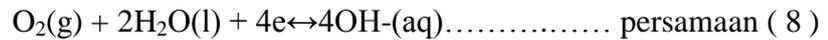
b) Kadar Oksigen

Adanya oksigen yang terlarut akan menyebabkan korosi pada metal seperti laju korosi pada *mild steel alloys* akan bertambah dengan meningkatnya kandungan oksigen. Kelarutan oksigen dalam air merupakan fungsi dari tekanan, temperatur dan kandungan klorida. Untuk tekanan 1 atm dan temperatur kamar, kelarutan oksigen adalah 10 ppm dan kelarutannya akan berkurang dengan bertambahnya temperatur dan konsentrasi garam. Kandungan oksigen dalam kandungan minyak-air yang dapat menghambat timbulnya korosi adalah 0,05 ppm atau kurang. Rumus kimia karat besi adalah $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{nH}_2\text{O}$, suatu zat padat yang berwarna coklat-merah. Korosi merupakan proses elektrokimia. Pada korosi besi, bagian tertentu dari besi itu berlaku sebagai anode, di mana besi mengalami oksidasi. $\text{Fe(s)} \leftrightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}$ Elektron yang

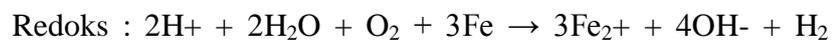
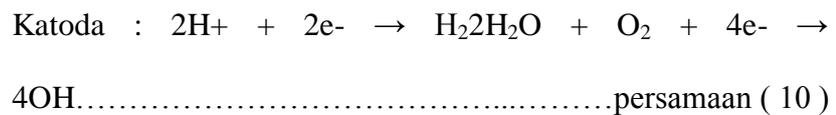
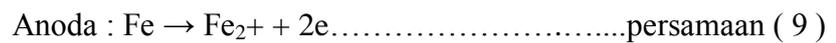
dibebaskan di anode mengalir ke bagian lain dari besi itu yang bertindak sebagai katode, di mana oksigen tereduksi.



atau



Contoh reaksi perkaratan besi :



$\text{Fe}(\text{OH})_2$ oleh O_2 di udara dioksidasi menjadi $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (Karat Besi).

Adapun macam-macam air seperti air suling merupakan air yang paling bersih dan bebas dari kation dan anion serta terisolir dari udara dan bebas mikroba. Adapun air hujan atau salju merupakan proses sulingan alam, namun demikian air ini masih mengandung CO_2 . Karbondioksida dilarutkan dalam air maka akan terbentuk asam karbonat (H_2CO_3) yang dapat menurunkan pH air dan meningkatkan korosifitas, biasanya bentuk korosinya berupa pitting yang secara umum reaksinya adalah:



FeCO_3 merupakan *corrosion product* yang dikenal sebagai *sweet corrosion*.

Untuk air permukaan komposisinya zat terlarut bergantung pada tanah yang ditempati atau tempat tergenangnya. Umumnya zat yang terlarut lebih rendah dari pada air laut. Biasanya air permukaan mengandung Ca_2+ , Mg_2+ , NH_4^+ , Cl^- , dan SO_4^{2-} . Agresifitasnya lebih rendah daripada air laut. Sedangkan untuk air tanah dangkal seperti sumur zat terlarutnya bergantung pada tanah sekitarnya.

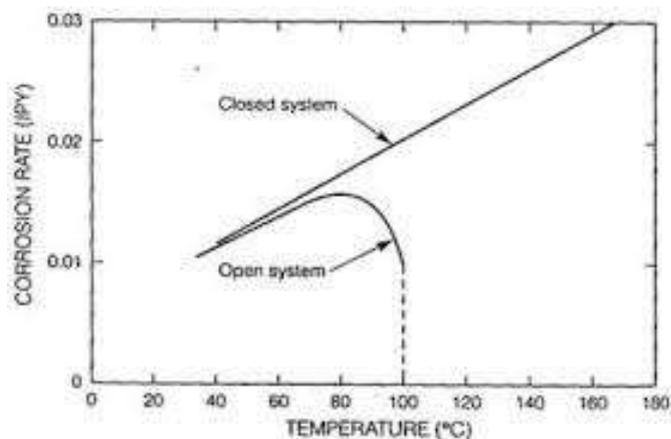
Korosi oleh air bersih pada logam yang tidak mulia akan terbentuk reaksi sebagai berikut: $\text{L} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{L}(\text{OH})_2 + \text{H}_2$.

Air bersih dan adanya O_2 , akan ada proses oksidasi dari udara sekitarnya. Hal ini biasanya terjadi pada air dekat permukaan.

Reaksinya: $2\text{L} + 3\text{H}_2\text{O} + 3/2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{L}(\text{OH})_3$. persamaan (13)

c) Temperatur

Pada lingkungan temperatur tinggi, laju korosi yang terjadi lebih tinggi dibandingkan dengan temperatur rendah, karena pada temperatur tinggi kinetika reaksi kimia akan meningkat. Gambar berikut menunjukkan pengaruh temperatur terhadap laju korosi pada Fe.



Gambar 7. Pengaruh temperatur terhadap laju korosi.

Semakin tinggi temperatur, maka laju korosi akan semakin meningkat, namun menurunkan kelarutan oksigen. Sehingga pada suatu sistem terbuka, di atas suhu 800°C , laju korosi akan mengalami penurunan karena oksigen akan keluar sedangkan pada suatu sistem tertutup, laju korosi akan terus meningkat karena adanya oksigen yang terlarut.



Gambar 8 Knalpot kendaraan bermotor yang mudah terkorosi akibat temperatur tinggi.

d) Kontak dengan Elektrolit

Keberadaan elektrolit, seperti garam dalam air laut dapat mempercepat laju korosi dengan menambah terjadinya reaksi tambahan. Konsentrasi elektrolit yang besar dapat

meningkatkan laju aliran elektron sehingga laju korosi meningkat.



Gambar 9 bangkai kapal di dasar laut yang telah terkorosi oleh kandungan garam yang tinggi.

2) Lingkungan Udara

Temperatur, kelembaban relatif, partikel-partikel abrasif dan ion-ion agresif yang terkandung dalam udara sekitar, sangat mempengaruhi laju korosi. Dalam udara yang murni, baja tahan karat akan sangat tahan terhadap korosi. Namun apabila udara mulai tercemari maka serangan korosi dapat mudah terjadi. Salah satu polusi udara yang menimbulkan korosi adalah NOX dari pabrik asam nitrat, Cl₂ dari pabrik soda, dan NaCl dari air laut.

3) Lingkungan Asam, Basa dan Garam

Pada lingkungan air laut, dengan konsentrasi garam NaCl atau jenis garam yang lain seperti KCl akan menyebabkan laju korosi logam cepat. Sama halnya dengan kecepatan alir dari air laut yang sebanding dengan peningkatan laju korosi, akibat adanya gesekan, tegangan dan temperatur yang mendukung terjadinya korosi. Pada larutan basa seperti NaOH (*Caustic soda*), baja karbon akan tahan

terhadap serangan korosi pada media ini dengan suhu larutan 75 oF (24 °C) dan konsentrasi 45% berat. Pada larutan asam seperti Asam kromat (CrO_3) dengan Asam kromat 10% pada suhu 60 °C tidak akan menyerang baja tahan karat.

Tingkat korosi akan naik sebanding dengan temperatur dan konsentrasi yang juga meningkat. Senyawa kromat mampu sebagai pemasif yang efektif terhadap laju korosi pada logam. Dalam kenyataannya dapat tereduksi menjadi Cr_2O_3 yang membentuk serpih yang berwarna hijau kecoklatan. Cr_2O_3 banyak digunakan sebagai abrasi pada pemolesan karena Cr_2O_3 keras, tajam sehingga mampu mengikis atau mengasah logam menjadi mengkilap. Penggunaan larutan garam Natrium Kromat / sodium kromat (Na_2CrO_4) dengan kadar tertentu mampu menghambat laju korosi. karena sodium kromat sebagai inhibitor kimia, yaitu suatu zat kimia yang dapat menghambat atau memperlambat suatu reaksi kimia.

Secara khusus, inhibitor korosi merupakan suatu zat kimia yang bila ditambahkan ke dalam suatu lingkungan tertentu, dapat menurunkan laju penyerangan lingkungan itu terhadap suatu logam. Selain itu fungsi dari inhibitor adalah mampu memperpanjang umur pakai logam, melindungi dan memperindah permukaan logam, lebih mengkilap dan terang dengan warna

tertentu yang dihasilkan sesuai inhibitornya. Adapun penggunaannya sebagai berikut :

- a. Na_2CrO_4 , dengan konsentrasi 50 ppm digunakan pada pipa baja.
- b. 2,3 gr/l Na_2CrO_4 untuk sambungan galvanik Cu-Zn-Fe
- c. 2,4 gr/l Na_2CrO_4 untuk sambungan galvanik Fe-Al
- d. 0,1% Na_2CrO_4 digunakan untuk penghambat laju korosi logam Fe, Cu, Zn dalam sistem air pendingin (*water cooling*) dan pada larutan garam (*brines*)
- e. 0,1% -1% Na_2CrO_4 digunakan untuk penghambat laju korosi (*inhibitor*) logam Fe, Pb, Cu, Zn dalam sistem mesin pendingin (*engine coolants*).

6. Dampak Dari Korosi

Karat adalah logam yang mengalami kerusakan berbentuk keropos. Sedangkan bagian logam yang rusak dan berwarna hitam kecoklatan pada besi/baja disebut karat. Secara teoritis karat adalah istilah yang diberikan terhadap satu jenis logam saja yaitu baja/besi, sedangkan secara umum istilah karat lebih tepat dikatakan korosi. Korosi didefinisikan sebagai degradasi material (khususnya logam dan paduannya) atau sifatnya akibat berinteraksi dengan lingkungannya.

Korosi merupakan proses atau reaksi elektrokimia yang bersifat alamiah dan berlangsung dengan sendirinya, oleh karena itu korosi tidak dapat dicegah atau dihentikan sama sekali. Korosi hanya bisa dikendalikan atau diperlambat lajunya sehingga memperlambat pengkaratan. Dilihat dari

aspek elektrokimianya, korosi merupakan proses terjadinya transfer elektron dari dari logam ke lingkungannya. Logam berlaku sebagai sel yang memberikan elektron dan lingkungannya sebagai penerima elektron. Reaksi yang terjadi pada logam yang mengalami korosi adalah reaksi oksidasi, dimana atom-atom logam larut ke lingkungannya menjadi ion-ion dengan melepaskan elektron pada logam tersebut. Katoda terjadi reaksi dimana ion-ion dari lingkungan mendekati ion logam dan menangkap elektron-elektron yang teringgal pada logam. Dampak yang ditimbulkan korosi sungguh luar biasa.

Efek yang disebabkan korosi dapat berupa kerugian langsung dan tidak langsung. Kerugian langsung dapat berupa kehilangan nyawa bahkan materi, seperti terjadinya kecelakaan yang memakan korban jiwa akibat dari jembatan yang roboh karena tiang penyangga dari jembatan mengalami korosi serius, kerusakan pada peralatan, permesinan atau struktur bangunan. Kerugian tidak langsung, seperti terhambatnya produktifitas/ kegiatan produksi, sebab adanya pergantian peralatan yang rusak akibat korosi, kehilangan produk akibat adanya kerusakan pada kontainer, tangki bahan bakar atau instalasi pipa air bersih atau minyak mentah, terakumulasinya produk korosi pada alat penukar kalor dan instalasi pemipanya akan menurunkan efisiensi perpindahan kalor dan lain sebagainya.

Berdasarkan kondisi lingkungannya, korosi dapat diklasifikasikan sebagai korosi basah yaitu korosi yang terjadi di lingkungan air, dan korosi

atmosferik yang terjadi di udara terbuka. Dan korosi temperatur tinggi yaitu korosi yang terjadi dilingkungan bertemperatur diatas 500°C .

7. Upaya Pencegahan Korosi

Upaya-upaya yang dapat dilakukan dalam pencegahan korosi yaitu :

- a. Korosi dapat dikendalikan dengan cara memperbaiki perencanaan.

Metoda paling murah dan efektif dalam pengendalian korosi adalah pada tahap perencanaan. Pada tahap ini faktor pabrikan, kekuatan material dan peruntukannya sudah dikaji secara mendalam agar struktur yang dibuat sesuai dengan spesifikasi peruntukannya.

- b. Mencegah adanya pembentukan celah.

Adanya celah pada suatu konstruksi dapat menyebabkan timbulnya pengendapan uap air dan kotoran pada celah tersebut. Celah tersebut menjadi lembab dan dapat mempercepat korosi akibat adanya perbedaan kandungan oksigen.

- c. Mencegah tersisnya larutan atau uap air.

Seperti halnya yang sudah dijelaskan diatas, maka kita harus merancang struktur sedemikian rupa supaya larutan tidak tersisa atau menempel pada permukaan benda logam. Uap air atau larutan yang tersisa ini juga bisa jadi pemicu korosi.

- d. Mencegah adanya pembentukan sudut yang tajam.

Sudut yang tajam akan mengakibatkan pelapisan untuk melindungi permukaan suatu logam jadi tipis dan tidak merata, karena proses pelapisan yang tidak merata juga berpotensi memicu terjadinya korosi.

- e. Memberikan lapisan pelindung organik (Cat). (Sumantri (1999 : 164)
“Cat merupakan bahan lapis lindung organik yang paling banyak digunakan untuk memproteksi korosi atau sebagai bahan anti korosi pada logam, karena penggunaannya yang mudah dan harganya murah serta mudah didapatkan. Cat mempunyai sifat proteksi yang cukup baik, serta memberikan warna dekoratif yang cukup baik.”
- f. Pengendalian korosi dengan melumuri oli atau gemuk.
Cara ini biasanya diterapkan pada perkakas dan mesin. Oli dan gemuk berfungsi sebagai penghalang kontak langsung logam dengan air dan udara.
- g. Pencegahan korosi dengan dibalut plastik atau karet.
Pencegahan korosi dengan cara dibalut ini dapat kita lihat pada kawat, keranjang sepeda, dan rak piring. Plastik atau karet yang digunakan sebagai bahan untuk membalut logam tersebut berfungsi sebagai penghalang korosi dengan cara menghindari kontak antara logam yang dibalut dengan lingkungan.
- h. Pencegahan korosi dengan pelapisan dengan timah (*Tin plating*)
Michael Purba (2006: 60) “ Besi dapat dilapisi dengan timah, proses pelapisan dilakukan secara elektrolisis yang disebut *electroplating*. Timah tergolong logam yang tahan karat. Besi yang telah dilapisi timah tidak mengalami korosi karena tidak ada kontak dengan udara dan air. Akan tetapi, lapisan timah hanya menjadi pelindung selama lapisan itu utuh (tanpa cacat), dan akan jadi musuh bagi besi jika

lapisan rusak / cacat.” Lapisan timah yang tidak utuh pada logam besi dapat mempercepat korosi besi, hal ini terjadi karena energi potensial reduksi besi lebih negatif dari pada timah.

Pencegahan korosi dengan metoda pelapisan dengan kromium (*chromium plating*)

Michael Purba (2006: 61) “ Besi atau baja juga dapat dilapisi dengan kromium untuk memberi lapisan perlindungan yang mengkilap, misalnya untuk bumper mobil. Kromium dapat memberi perlindungan terhadap korosi sekalipun lapisan kromium itu ada yang rusak.”

Prinsip sederhananya adalah menutup jalan masuk dan kontak antara permukaan besi dengan air dan udara. Caranya bisa bermacam-macam , misalnya dengan cara pengecatan, dan melapisi besi dengan bahan lain contohnya chrom, nikel (misalnya pada velg roda motor), penyepuhan/galvanisasi. Ada juga logam yang dibentuk dari campuran besi sedemikian rupa namun tetap kuat yang disebut dengan *stainless stell* atau baja tahan karat, biasanya digunakan untuk pisau, alat dapur atau alat-alat kedokteran/kesehatan. Cara lain adalah dengan proteksi katodik, yaitu melindungi benda besi dari karat dengan cara menjadikan benda tersebut sebagai katoda, secara sederhana bisa dijelaskan bahwa sebatang besi akan mudah terkena karat dibandingkan tembaga. Maka dengan menempelkan besi pada tembaga, maka karat yang muncul akan terserap menuju besi, bukan menuju tembaga. Cara ini biasanya digunakan untuk

jalur pipa yang panjang, menara tinggi, dan juga mulai dikembangkan dalam teknologi pencegahan karat dikendaraan mobil.

Dengan dasar pengetahuan tentang proses korosi, dapat menjelaskan mekanisme dari korosi, dapat dilakukan usaha-usaha untuk pencegahan terbentuknya korosi

a. Perubahan Media

Korosi merupakan interaksi antara logam dengan media sekitarnya, maka perubahan media sekitarnya akan dapat mengubah laju korosi. Ada tiga situasi yang dapat terjadi yaitu:

- 1) Media sekitar / lingkungan berupa gas
- 2) Media sekitar berupa larutan dengan ion-ion tertentu
- 3) Logam terbenam dalam tanah.

b. Seleksi Material

Metode umum yang sering digunakan dalam pencegahan korosi yaitu pemilihan logam atau paduan dalam suatu lingkungan korosif tertentu untuk mengurangi resiko terjadinya korosi.

c. Proteksi Katodik (*Cathodic Protection*)

Proteksi katodik adalah jenis perlindungan korosi dengan menghubungkan logam yang mempunyai potensial lebih tinggi ke struktur logam sehingga tercipta suatu sel elektrokimia dengan logam berpotensial rendah bersifat katodik dan terproteksi. Macam-macam *Impressed Current* adalah *Galvanic Sacrificial anode* dan *Galvanic Zinc Application*.

d. Proteksi Anodik (*Anodic Protection*)

Adanya arus anodik akan meningkatkan laju ketidak-larutan logam dan menurunkan laju pembentukan hidrogen. Hal ini bisa terjadi untuk logam-logam “*active-passive*” seperti Ni, Fe, Cr, Ti dan panduannya. Jika arus yang lewat logam dikontrol seksama (dengan potentiostat) maka logam akan bersifat pasif dan pembentukan logam-logam tak terlarut akan berkurang.

e. Inhibitor Korosi

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya korosi adalah dengan penggunaan inhibitor korosi. Secara umum suatu inhibitor adalah suatu zat kimia yang dapat menghambat atau memperlambat suatu reaksi kimia, sedangkan inhibitor korosi adalah suatu zat kimia yang bila ditambahkan kedalam suatu lingkungan, dapat menurunkan laju penyerangan korosi lingkungan itu terhadap suatu logam. Mekanisme penghambatannya terkadang lebih dari satu jenis.

Sejumlah inhibitor menghambat korosi melalui cara adopsi untuk membentuk suatu lapisan tipis yang tidak nampak dengan ketebalan beberapa molekul saja. Ada pula yang karena pengaruh lingkungan membentuk endapan yang nampak dan melindungi logam dari serangan yang mengkorosi logamnya dan menghasilkan produk yang membentuk lapisan pasif, dan ada pula yang menghilangkan konstituen yang agresif.

f. Perubahan Media / Lingkungan Kerja (*Environment Change*)

Korosi merupakan interaksi antara logam dengan media sekitarnya, maka perubahan media sekitarnya, maka perubahan media sekitarnya akan dapat mengubah laju korosi. Ada tiga situasi yang dapat terjadi yaitu :

- 1). Media sekitar / lingkungan berupa gas
- 2). Media sekitar berupa larutan dengan ion-ion tertentu.
- 3). Logam terbenam dalam tanah.

g. Penyepuhan atau pelapisan (*Coating*)

Prinsip dari pelapisan adalah untuk menutupi (memproteksi) logam induk dengan suatu bahan lain atau material pelindung dengan harapan bisa meningkatkan sifat permukaan. Sifat permukaan, seperti menambah keindahan penampilan, ketahanan terhadap air dan udara. Tahan terhadap goresan serta tahan dari keausan.

Jenis – jenis *coatings* :

Pelapisan logam dengan logam seperti proses galvanisasi atau khrom.

1. Perlindungan dengan menggunakan cat.
2. Perlindungan dengan menggunakan larutan kimia atau yang dikenal dengan istilah inhibitor.
3. Perlindungan dengan menggunakan plastik atau karet.

B. Penelitian yang Relevan

Untuk mendukung atau mempertegas teori-teori yang telah dikemukakan dalam kajian teori ini, penulis mengambil kesimpulan dari penelitian-penelitian yang penulis anggap relevan dengan penelitian ini.

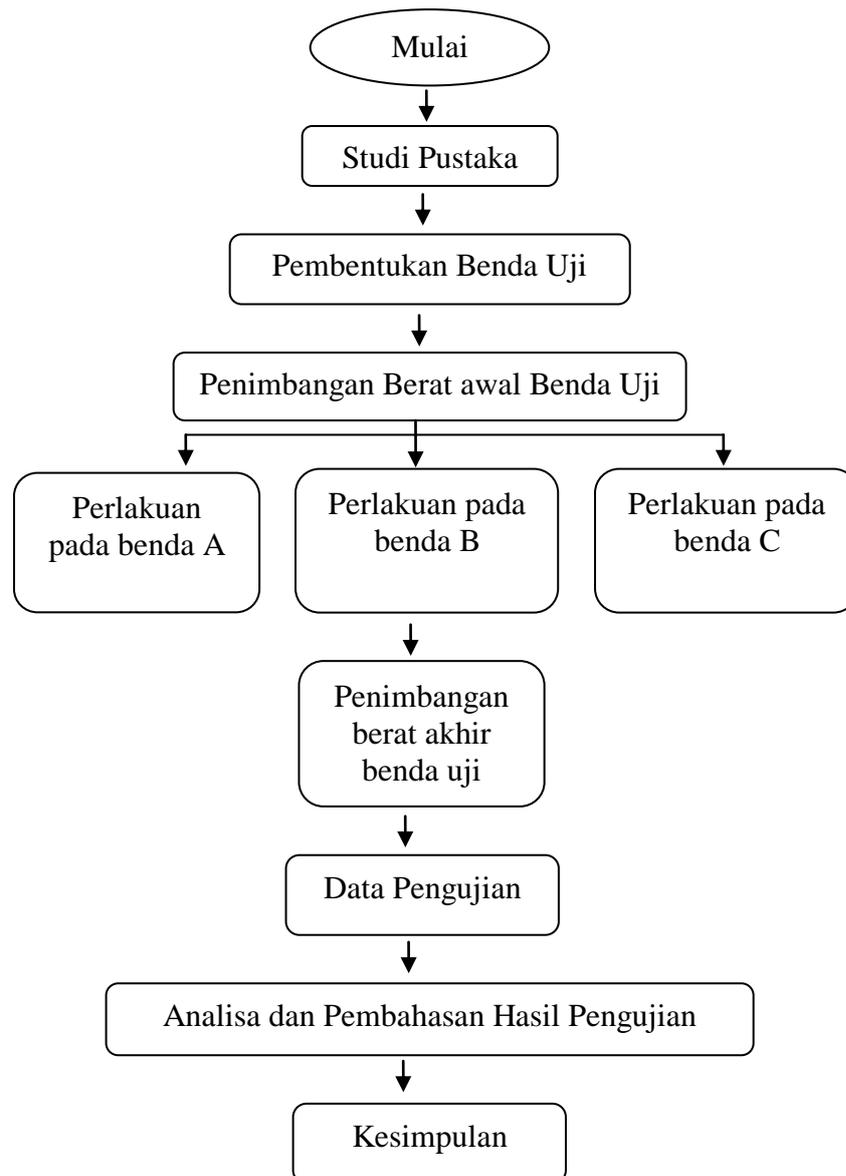
1. Phata Nabhani (2015) Pengaruh Sifat-Sifat Termodinamika Udara dan Larutan Zat Garam Terhadap Laju Perubahan Korosi Pada Baja Karbon Rendah. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universita Negeri Padang. Menyimpulkan bahwa sifat termodinamika udara dan konsentrasi larutan zat garam dapat mempengaruhi tingkat laju korosi. Artinya semakin tinggi sifat termodinamika udara dan larutan zat garam, maka semakin tinggi pula tingkat laju korosinya, demikian juga dengan hal sebaliknya.
2. Eddy Gunawan (2017) Pengaruh Temperatur Pada Proses Perlakuan Panas Baja Tahan Karat Martensik AISI 431 Terhadap Laju Korosi dan Struktur Mikro Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Maarif Hasyim Latif. Menyimpulkan setelah melakukan analisis dan pembahasan terhadap pengujian baja tahan karat martensitik AISI 431 adalah 1) jenis korosi yang terjadi pada baja tahan karat martensitik AISI 431 adalah korosi intergranular, 2) pemberian temperatur yang tinggi dapat menyebabkan laju korosi semakin meningkat pada baja tahan karat martensitik AISI 431 dan 3) laju korosi yang terbesar pada temperatur 950°C dengan holding time 30 menit dengan laju korosi 76 mpy.

Perbedaan penelitian yang penulis lakukan dari penelitian relevan yang penulis rujuk ialah sebagai berikut;

1. Jika penelitian penulis dibandingkan dengan penelitian relevan yang penulis rujuk pertama perbedaannya terletak pada sifat-sifat termodinamika udara dan larutan zat garam, namun persamaannya sama-sama melakukan eksperimen tentang korosi.
2. Perbedaannya dengan penelitian relevan yang penulis rujuk kedua perbedaannya terletak pada jenis logam yang peneliti gunakan dengan penelitian yang dirujuk. Kemudian peneliti hanya meneliti pengaruh perubahan temperatur terhadap laju korosi, sedangkan penelitian yang dirujuk menambah penelitiannya sampai meneliti struktur mikro.

C. Kerangka Berfikir

Kerangka berfikir pada dasarnya untuk menunjukkan secara teoritis pertautan antara variabel yang diteliti. Pada penelitian ini kerangka berfikir berfungsi untuk memberikan gambaran secara lebih jelas mengenai pengaruh perubahan temperatur terhadap laju korosi pada pipa knalpot motor.



Gambar 10. Kerangka berfikir

D. Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan kajian teori dan kerangka konseptual yang telah dijabarkan, maka dapat dikemukakan pertanyaan penelitian pada penelitian ini adalah seberapa besar pengaruh perubahan temperatur terhadap laju korosi pada knalpot motor?

BAB V PENUTUP

Pada bagian sebelumnya penulis sudah menjelaskan secara luas berkaitan tentang analisis terhadap data penelitian serta pembahasannya. Pada bab ini penulis akan menyampaikan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah penulis lakukan dan saran.

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran yang peneliti lakukan terhadap tiga buah potongan pipa knalpot sepeda motor, maka dapat disimpulkan bahwa perubahan temperatur dan kandungan kadar garam serta modifikasi atau perombakan knalpot dengan cara dilas (patri) dapat mempercepat laju korosi. Semakin sering logam menerima suhu tinggi dan mengalami perubahan suhu tersebut secara mendadak dapat memicu tumbuhnya korosi.

Kondisi seperti ini akan semakin buruk jika logam tersebut sudah mengalami pengelasan dan berada didaerah lingkungan yang korosif seperti pinggir pantai. Pernyataan diatas dapat dilihat pada data berikut ini: spesimen A memiliki berat awal 32 gram, setelah diberikan perlakuan selama dua jam/hari dalam jangka waktu 15hari mengalami pengurangan berat sebesar 0,1gram. Setelah itu spesimen A dihitung laju korosinya didapatkan laju korosinya sebesar 0,103907586mm/tahun. Spesimen B memiliki berat awal 32 gram, setelah diberikan perlakuan selama dua jam/hari dalam jangka waktu 15hari mengalami pengurangan berat sebesar 0,44gram. Setelah itu spesimen B dihitung laju korosinya didapatkan laju

korosinya sebesar 0,457193376mm/tahun. Spesimen yang ketiga (spesimen C) memiliki berat awal 32gram. Spesimen ini mengalami pengurangan berat sebesar 0,6gram setelah diberikan perlakuan selama dua jam/hari dalam jangka waktu 15 hari. Selanjutnya dilakukan perhitungan laju korosi spesimen C, dengan metode yang sama seperti spesimen sebelumnya didapatkan hasil sebesar 0,623445516mm/tahun.

B. Saran

Berdasarkan pengamatan penulis dari penelitian yang telah dilakukan ini, mungkin penelitian ini bisa dikatakan belum mencapai hasil yang sempurna. Agar penelitian selanjutnya mendapatkan hasil yang lebih baik, maka penulis ingin menyampaikan beberapa saran kepada peneliti selanjutnya yang ingin meneliti tentang masalah korosi. Berikut saran dari penulis :

1. Agar dilakukan penelitian lanjutan dengan tujuan pengembangan dari penelitian yang sudah ada .
2. Bagi instansi terkait agar lebih memperhatikan dan memberikan pembelajaran mengenai persoalan korosi dengan tujuan pengembangan ilmu pengetahuan.
3. Bagi mahasiswa dan rekayasawan agar bisa menyesuaikan jenis penggunaan material logam dan pengendalian korosi dengan lingkungan sekitar supaya dampak dari korosi bisa dikendalikan serta kerugian akibat korosi juga bisa dikurangi.

DAFTAR PUSTAKA

- Gunawan, Eddy. 2017. *Pengaruh Temperatur Pada Proses Perlakuan Panas Baja Tahan Karat Martensik AISI 431 Terhadap Laju Korosi dan Struktur Mikro*. Sidoarjo : Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Maarif Hasyim Latif. (Online). Diakses pada 10 Oktober 2020
- Jasron, Jahirwan Ut. 2014. *Analisa Laju Korosi Logam tak Sejenis pada Berbagai Jenis Logam*. Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana.
- Key to Metals Task Force & INI International*. 2006. *Corrosion of Carbon Steel*. <http://www.key.to> metals.com/ diakses pada 20 Maret 2018
- Muchtaridi dan Sandri Justiana. 2006. *Kimia 2 SMA Kelas XI*. Jakarta : Yudistira.
- Nabhani, Phata. 2015. *Pengaruh Sifat-Sifat Termodinamika Udara dan Larutan Zat Garam Terhadap Laju Perubahan Korosi Pada Baja Karbon Rendah*. Padang : Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik. Universitas Negeri Padang.
- Nugraheni. Novi Tri dkk., 2014. *Korosi suatu material*. Surabaya : Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga.
- Purba, Michael. 2006. *Kimia 3 untuk SMA Kelas XII*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Studi Efektifitas Literatur Universitas Indonesia. (Online). Diakses pada 2 April 2018.
- Sugioyono. 2012. *Metode Penelitian Kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Bandung : Alfabeta.
- Sumarji. 2012. *Jurnal ROTOR, Evaluasi korosi baja karbon rendah ASTM A36 pada lingkungan atmosferik dikabupaten Jember*. Diakses 20 Maret 2018.
- Sumantri. 1999. *Korosi*. Padang : Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
- Supardi. 1997. *Korosi*. Bandung : Penerbit Tarsito.
- Tim Penyusun. 2014. *Buku Panduan Penulisan Tugas Akhir/Skripsi Universitas Negeri Padang*. Padang : UNP.