

## PENCEGAHAN AKIBAT TERJADINYA KARAT PADA PIPA BOILER (Studi Kasus)

**Nengah Ludra Antara**

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali  
Bukit Jimbaran, P.O Box 1064 Tuban, Badung Bali  
Phone: +62-361-7019, Fax: +62-361-701128

**Abstrak:** Sebagian besar masyarakat belum mengetahui secara mendalam tentang apa dan bagaimana proses terjadinya karat serta seberapa jauh tingkat kerusakan yang diakibatkan oleh serangan karat secara *kuantitatif*, karat yang diartikan sebagai korosi, yakni sesuatu yang hampir dianggap sebagai musuh umum di kalangan industri perhotelan maupun industri lainnya.

Hal ini karat disebabkan oleh banyak faktor, yaitu: Kavitasi, Erosi, Benturan Partikel, Kelelahan, Endapan Tembaga, *Radiant Chamber*, dan Karat Lingkungan, dengan proses terbentuknya gelembung – gelembung uap cairan dipercepat oleh kandungan partikel padat dalam fluida, jumlah *cycle* yang tidak memadai menyebabkan kelelahan, begitu pula zat tembaga yang terlarut di air menjadi *deposit* yang berpengaruh pada kelanjutan proses pengkaratan pada pipa Boiler yang di kenal dengan Batu Ketel, dan pengaruh kondisi lingkungan yang berubah-ubah sangat mempengaruhi laju karatan, seperti pH air yaitu keasaman air pengisi Boiler yang kontak dengan *elektrolit* sangat mempengaruhi pada proses terjadinya karat pada logam (pipa).

Pencegahan dapat dilakukan melalui pengecatan, pembalutan dan penggunaan material anti karat, dan perlindungan *katodik*, *anodik* serta netralisasi *zat koroden*, menempatkan posisi tekanan head setinggi mungkin yang dapat dicapai untuk menghindari terbentuknya gelembung-gelembung uap dari cairan yang dipompakan-nya, dengan pelapisan timah, seng, aluminium, paduan tembaga nikel (70 -30) yang mengandung 0,4 – 1 persen besi yang dapat menahan benturan (regangan) dan padaun antara Ti – 6AL – 4V (*Titanium*, *Aluminium* dan *Vanadium*).

**Kata kunci : Karat, Terjadi Karat, Pencegahan**

**Abstract:** *Most of the people have not megetahui deeply about what and how the process of rust as well as how far the level of damage caused by rust attacks quantitatively, which is defined as rust corrosion, which is something that is almost regarded as a common enemy in the hospitality industry and other industries. This rust is caused by many factors, namely: Cavitation, Erosion, Conflict of Particles, Fatigue, Copper Deposition, Radiant Chamber and Rust Environment, with the formation of bubbles - bubble accelerated by the vapor liquid content of solid particles in a fluid, the number of cycles that are not memadai cause fatigue, as well as substances dissolved copper in the water to deposit the effect on the continuation of the process of corrosion in boiler pipes known as Rock kettle, and the influence of environmental conditions fluctuate greatly affect the rate of corrosion, such as water pH is acidic water filler Boiler in contact with the electrolyte influence on the occurrence of rust on the metal (pipe).*

*Prevention can be done through pengecatan, dressings, and the use of anti-corrosion material, and cathodic protection, anodic and neutralization koroden substances, menempatkan position of head pressure that can be achieved as high as possible to avoid the formation of vapor bubbles from the fluid being pumped, with tin plating, zinc, aluminum, copper nickel alloy (70 -30) containing 0.4 to 1 percent of the iron that can withstand collisions (strain) and padaun between Ti - 6AL - 4V (Titanium, Aluminium and Vanadium).*

**Keywords: Rust, Rust Happened, Prevention**

### I. PENDAHULUAN

Mengetahui sepiantas bahwa karat itu ada yang dapat merusak benda yang berupa logam, sebagian besar masyarakat belum mengetahui secara mendalam tentang apa dan

bagaimana proses terjadinya karat serta seberapa jauh tingkat kerusakan yang diakibatkan oleh serangan karat secara kuantitatif. Oleh karena itu sebagian industri, karat yang diartikan sebagai korosi, yakni sesuatu yang hampir dianggap

sebagai musuh umum di sebagian industri-industri yang ada saat ini. Karat (*rust*), tentu saja adalah sebutan yang belakangan ini hanya dikhususkan bagi korosi pada besi, sedangkan korosi sendiri adalah perusakan suatu material karena bereaksi dengan lingkungannya atau bisa disebut sebagai gejala destruktif yang mempengaruhi hampir semua logam. Terutama karena hampir semua pabrik-pabrik di bidang industri banyak menggunakan logam baik besi, baja, aluminium dan banyak jenis logam dan paduan lainnya. Karena itu tidak bisa diingkari bahwa permasalahan korosi ada di setiap industri tersebut. Dan tanpa disadari permasalahan korosi bisa membuat dampak-dampak yang merugikan baik dari segi biaya, sumber daya alam dan juga sumber daya manusia.

Namun sayangnya masih terdapat beberapa industri di Indonesia, yang masih belum sadar mengenai betapa besar kerugian akibat korosi. Sehingga masalah-masalah mengenai karat mulai ini masih belum terlalu diperhatikan dan dibahas secara mendalam. Hal ini jugalah yang terjadi pada industri perhotelan yang ada di Bali. Salah satu tujuan wisata, industri perhotelan yang berada di Bali merupakan fasilitas utama dalam memberi kenyamanan dan keamanan berlibur atau menikmati swasana di Bali. Berkaitan dengan hal tersebut, Bali merupakan sentralnya pariwisata dan merupakan sorga dunia. Dalam menunjang kebutuhan pariwisata sebagai fasilitas salah satunya adalah, penginapan (Hotel). Perkembangan industri perhotelan di Bali begitu pesat, sehingga dalam mendukung fasilitas industri perhotelan di Bali salah satunya adalah Boiler sebagai fasilitas utama yang dapat melancarkan kegiatan hotel sehari-hari, untuk memasak, mengeringkan cucian (*londry*), mandi dan sebagainya.

Pada dasarnya Boiler terdiri dari sebuah bejana tekanan (ketel) berisi air (tangki) dan sejumlah pipa – pipa yang merupakan saluran bagi gas panas, dan energi panas dipindahkan dari gas panas tersebut ke air dalam bejana (Syamsir A Muin, 1988: 327). Panas yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar tidak seluruhnya dapat digunakan dalam pembentukan uap, karena sebagian panas tersebut ada yang hilang sebagai kehilangan kalor. Diketuinya besarnya kalor yang dihasilkan pada saat pengoperasian Boiler maka dapat diketahui efisiensi dan panas pembentukan uap dari masing-masing Boiler yang dihasilkan.

Hampir semua hotel yang berbintang di Bali menggunakan Boiler yang dapat

memproduksi uap, dalam proses pembuatan uap itu sendiri banyak menggunakan peralatan-peralatan yang terbuat dari logam disamping air sebagai sumber utama dalam menghasilkan uap, dan juga banyak menggunakan unsur yang bersifat korosif seperti sulfur. dan juga masih belum diketahui, apakah air yang merupakan bahan utama dari proses pembuatan uap bisa mengakibatkan terjadinya karat atau tidak. dari paparan diatas kami coba mengkaitkan permasalahan yaitu “**Pencegahan Akibat Terjadinya Karat Pada Pipa Boiler**” yang erat kaitannya pada industri perhotelan di Bali yang memanfaatkan Boiler sebagai pendukung dalam melakukan aktifitas sehari – hari.

## II. METODE PENELITIAN

### 2.1 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian menggunakan pendekatan deskriptif dengan metode survai, observasi, literatur dan wawancara untuk mengetahui faktor penyebab terjadinya karatan pada logam atau besi yang berkaitan dengan permasalahan yaitu penyebab karatan pada pipa boiler yang menggunakan logam dan bagaimana cara pencegahannya serta tahan terhadap panas tinggi pada industri yang menggunakan boiler terutama pada industri perhotelan yang ada di kota Denpasar dan Badung.

Metode survai yang dilakukan terkait dengan permasalahan yang dihadapi oleh industri perhotelan yang menggunakan Boiler, karat merupakan musuh utama yang menghambat proses kerja Boiler. sebagai bandingan dalam penelitian ini berdasarkan literatur (*Onewr Books*) masing – masing industri maupun literatur secara umum. Penelitian yang dilakukan pada tiga lokasi yaitu : Ina Hotel di Sanur, Mercure Hotel di Legian Kuta dan Melia Hotel di Nusa Dua.

### 2.2 Studi Literatur

Korosi (Kennet dan Chamberlain, 1991) adalah penurunan mutu logam akibat reaksi elektro kimia dengan lingkungannya. Korosi atau pengkaratan yang merupakan fenomena kimia pada bahan – bahan logam yang pada dasarnya merupakan reaksi logam menjadi ion pada permukaan logam yang kontak langsung dengan lingkungan berair dan oksigen. Contoh yang paling umum, yaitu kerusakan logam besi dengan terbentuknya karat oksida. Dengan demikian, korosi menimbulkan banyak kerugian.

Korosi pada logam melibatkan proses *anodik*, yaitu *oksidasi* logam menjadi *ion* dengan melepaskan *elektron* ke dalam (permukaan) logam, dan proses *katodik* yang mengkonsumsi

*electron* tersebut dengan laju yang sama. Proses katodik biasanya merupakan reduksi *ion hidrogen* atau *oksigen* dari lingkungan sekitarnya. Proses reaksinya korosi logam besi dalam udara lembab dapat dinyatakan sebagai berikut : Anode  $\{Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2 e\} \times 2$   
 Katode  $O_2(g) + 4H^+(aq) + 4 e \rightarrow 2 H_2O(l)$   
 +Redoks  $2 Fe(s) + O_2 (g) + 4 H^+(aq) \rightarrow 2 Fe^{2+} + 2 H_2O(l)$  Dari data potensial elektrode dapat dihitung bahwa emf standar untuk proseskorosi ini, yaitu  $E_{sel} = +1,67$ ; reaksi ini terjadi pada lingkungan asam dimana ion  $H^+$  sebagian dapat diperoleh dari reaksi karbon dioksida atmosfer dengan air membentuk  $H_2CO_3$ . Ion  $Fe^{2+}$  yang terbentuk, di anode kemudian teroksidasi lebih lanjut oleh oksigen membentuk besi oksida :  $4 Fe^{2+}(aq) + O_2 (g) + (4 + 2x) H_2O(l) \rightarrow 2 Fe_2O_3 \cdot x H_2O + 8 H^+(aq)$  Hidrat besi oksida inilah yang dikenal sebagai karat besi. Sirkuit listrik dipacu oleh migrasi elektron dan ion, itulah sebabnya korosi cepat terjadi dalam air garam. Jika proses korosi terjadi dalam lingkungan basa, maka reaksi katodik yang terjadi, yaitu :  $O_2 (g) + 2 H_2O(l) + 4e \rightarrow 4 OH^-(aq)$  Oksidasi lanjut ion  $Fe^{2+}$  tidak berlangsung karena lambatnya gerak ion ini sehingga sulit berhubungan dengan oksigen udara luar, tambahan pula ion ini segera ditangkap oleh garam kompleks hexasianoferrat membentuk senyawa kompleks stabil biru. Lingkungan basa tersedia karena kompleks kalium heksasianoferrat Korosi besi relatif cepat terjadi dan berlangsung terus, sebab lapisan senyawa besi oksida yang terjadi bersifat porous sehingga mudah ditembus oleh udara maupun air. Tetapi meskipun aluminium mempunyai potensial reduksi jauh lebih negatif ketimbang besi, namun proses korosi lanjut menjadi terhambat karena hasil oksidasi  $Al_2O_3$ , yang melapisinya tidak bersifat porous sehingga melindungi logam yang dilapisi dari kontak dengan udara luar.

Dampak Dari Korosi atau Karatan adalah istilah yang diberikan masyarakat terhadap logam yang mengalami kerusakan berbentuk keropos. Sedangkan bagian logam yang rusak dan berwarna hitam kecoklatan pada logam disebut Karat. Secara teoritis karat adalah istilah yang diberikan terhadap satu jenis logam saja yaitu baja, sedangkan secara umum istilah karat lebih tepat disebut 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 proses perusakannya. Dilihat dari aspek elektrokimia, korosi merupakan proses terjadinya transfer elektron dari logam ke lingkungannya. Logam berlaku sebagai sel yang memberikan elektron (anoda) dan lingkungannya sebagai penerima electron (katoda). 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. Sedangkan dari katoda terjadi reaksi, dimana ion-ion dari lingkungan mendekati logam dan menangkap electron - elektron yang tertinggal pada logam.

Karat terjadi karena bertemunya 4 elemen yaitu : Anoda, Katoda, Elektrolit dan Konduktor. Masing-masing elemen tersebut memiliki peran tersendiri. Misalnya : Anoda sebagai logam yang lebih reaktif akan mendonorkan elektronnya menuju katoda ( donor elektron ini terjadi karena adanya perbedaan potensial antara anoda dan katoda ). Elektron yang lepas dari anoda ini akan berjalan menuju katoda melalui konduktor yang menghubungkan antara anoda dengan katoda. Selanjutnya katoda menerima elektron dari anoda untuk selanjutnya bereaksi secara kimia dengan elektrolit. Reaksi kimia ini berlangsung dan hasil akhirnya adalah sesuatu yang kita kenal sebagai **Karat**.

### III. PEMBAHASAN.

#### 3.1 Penyebab

Hasil dari survai yang kami lakukan kemasing – masing Hotel yaitu : Ina Hotel di Sanur, Melia Hotel di Nusa Dua dan Mercure Hotel di Kuta, data yang didapat dalam bentuk wawancara pada *Chef Engering Hotel*, hampir ketiga hotel mengatakan permasalahan sama tentang karat merupakan musuh utama dalam mengoperasikan Boiler. Karat pada Boiler disebabkan oleh : Kavitas, Erosi, Benturan Partikel, Kelelahan, Endapan Tembaga, *Radiant Chamber*, dan Karat Lingkungan.

#### 1. Karat Kavitas

Apabila karena tingginya kecepatan cairan menciptakan daerah- daerah bertekanan tinggi dan rendah secara berulang – ulang pada permukaan peralatan dimana peralatan tersebut mengalir, maka terjadilah gelembung – gelembung uap cairan pada pipa apabila gelembung itu pecah akan menimbulkan pukulan pada permukaan pipa yang cukup besar karena memecahkan pelindung film oksida sehingga bagian pipa

yang tidak terlindung tersebut akan terserang karat karena pada bagian pipa tersebut menjadi anodic. Karena berkarat maka bagian tersebut akan kehilangan massa dan menjadi takik (kerak). Takik - takik tersebut akan bertambah dalam karena permukaan didalam takik tidak sempat membentuk film pelindung karena kecepatan cairan yang tinggi dan proses kavitasi berlangsung berulang - ulang . Penyebab terbentuknya gelembung - gelembung uap cairan adalah turbulensi cairan dipermukaan pipa, atau suhu yang menyebabkan tekanan cairan pada suatu tempat jatuh di bawah tekanan uap cairan, karena adanya pompa pengisi dari Boiler.

## 2. Karat Erosi

Erosi adalah kerusakan permukaan pipa yang disebabkan oleh aliran fluida yang sangat cepat , proses ini dipercepat oleh kandungan partikel padat dalam fluida yang mengalir tersebut (gelembung - gelembung gas). Dengan rusaknya permukaan pipa maka rusaklah lapisan film pelindung sehingga memudahkan terjadi karat. Penyebabnya adalah, karena ada tekanan pompa sentrifugal yang memopakan fluida (air) dengan serbuk katalisnya.

## 3. Serangan Benturan Partikel

Jenis serangan ini biasanya terjadi pada kran, elbow, tee, alat penukar kalor disamping pada pompa itu sendiri, serangan ini hampir sama dengan karat erosi penyebabnya aliran turbulen yang langsung membentur permukaan pemipaan yang mana gelembung - gelembung udara terperangkap didalam cairan mempercepat serangan pada pemipaan setempat. Apabila suatu pipa dialiri caian, maka ada kecepatan aliran yang kritis dimana jika lebih rendah dari kecepatan aliran kritis tersebut tidak terjadi benturan partikel, namun jika melebihi angka kritis tersebut maka terjadilah benturan partikel, dan biasa juga benturan partikel terjadi secara bersamaan.

## 4. Kelelahan

Pipa yang retak oleh adanya regangan yang terjadi bergantian atau berulang - ulang disebut gagal karena kelelahan. Makin besar regangan yang terjadi pada setiap *cycle* makin cepat terjadi kelelahan, banyak terjadi dimana *cycle* dan regangan berada diatas garis lengkung yang teratas (batas limit kelelahan). Frekuensi untuk penerapan regangan biasanya dicantumkan pada faktor yang mempengaruhi jumlah *cycle* yang

menyebabkan kelelahan, pada lingkungan yang korosif kelelahan pada tingkat regangan tertentu terjadi hanya pada jumlah *cycle* yang lebih sedikit dan kelelahan-nya tidak tampak lagi, dengan kata lain kelelahan dapat saja terjadi pada nilai regangan berapa saja asalkan *cycle*-nya cukup besar. Kombinasi antara kelelahan dengan karat dinamakan karat kelelahan yang terjadi pada titik - titik yang menerima beban dan dipacu oleh proses oksidasi yang berupa paduan oksidasi dengan kelelahan dengan suhu proses elektrokimianya mencapai intensitas maksimum 300<sup>0</sup> F, karena suhu diatas itu akan terjadi pembentukan oksida yang melindungi pengkaratan, dan kelelahan pada pipa sering terjadi pada pipa yang di tekuk dingin karena regangan yang memecahkan film oksida pelindung permukaan pipa.

## 5. Endapan Tembaga

Biasanya pada Boiler alat pemanas air untuk pipanya terbuat dari paduan *cupro - nikel* (70 - 30, 80 - 20 atau 90 - 10) . Zat tembaga yang terlarut di dalam air yang berupa oksida akan sangat berpengaruh terhadap serangan karat pitting karena zat - zat tadi tereduksi oleh hidrogen menjadi *metallic copper* (metal tembaga) yang terdepositasi pada permukaan pipa, sebagai proses pitting gas hidrogen dihasilkan di dalam pitting yang sekaligus mereduksi zat tembaga yang terlarut di air menjadi deposit tembaga yang berpengaruh pada kelanjutan proses pengkaratan pada pipa Boiler.

## 6. Radiant Chamber

*Radiant Chamber* adalah ruangan pemanas untuk pemanasan air dengan menggunakan api langsung, proses pembakaran berlangsung didalam ruang bakar dengan menggunakan bahan bakar padat, cair maupun gas. Kegagalan pemanasan biasanya berupa *overheating* (pemanasan lebih) pada pemipaan sehingga terbentuknya lapisan kerak didalam pipa yang lazim disebut Batu Ketel yang biasanya berupa senyawa kalsium yang terjadi karena pada air pengisi ketel kurang sempurna ( pH air kurang memenuhi syarat yaitu 7). Apabila kerak di dalam pipa tidak mendapatkan pendinginan dari air itu sendiri karena suhunya berkisar 6500<sup>0</sup>C - 7500<sup>0</sup>C. jika pemanasan terus menerus terjadi pada suhu ini sementara didalam pipa terdapat air yang bertekanan tinggi maka bagian yang mengalami pemanasan lebih akan melemah

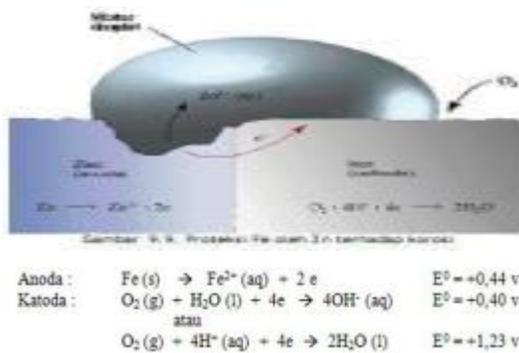
dan mengembang sehingga pipa tersebut akan pecah.

**7. Karat Lingkungan**

Karat lingkungan pada air bergantung pada pH, kadar oksigen dan temperatur. Misalnya pada baja tahan karat 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<sub>2</sub> dalam air maka akan mempercepat laju karat pada logam. Pengaruh kondisi lingkungan yang berubah-ubah sangat mempengaruhi laju karatan, seperti pH air menurut penelitian *Whitman* dan *Russel* ternyata pH dari suatu elektrolit sangat mempengaruhi pada proses terjadinya karat pada besi. Pengaturan pH dilakukan dengan pembubuhan KOH pada air yang pH 6-14 dan pembubuhan asam pada 7,0. Disamping pH air, juga faktor udara terdapat *partikel-partikel abrasif* dan *ion-ion agresif* yang terkandung dalam udara sekitarnya sangat mempengaruhi laju karat. Dalam udara yang murni logam tahan karat akan sangat tahan terhadap karatan, apabila udara mulai tercemari maka serangan karat dapat mudah terjadi, dan salah satu polusi udara yang menimbulkan karat adalah NOX dari pabrik asam nitrat, Cl<sub>2</sub> dari pabrik soda, dan NaCl dari air laut.

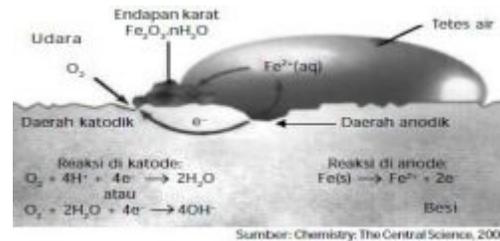
**3.2 Pencegahan**

Peristiwa karat sendiri merupakan proses elektrokimia, yaitu proses (perubahan / reaksi kimia) yang melibatkan adanya aliran listrik. Bagian tertentu dari besi berlaku sebagai kutub negatif (elektroda negatif, anoda), sementara bagian yang lain sebagai kutub positif (elektroda positif, katoda). Elektron mengalir dari anoda ke katoda, sehingga terjadilah peristiwa karat seperti gambar 1.



Gambar 1. Peristiwa terjadi karat

Dari reaksi terlihat bahwa karat melibatkan adanya gas oksigen dan air. Karena itu, besi yang disimpan dalam udara yang kering akan lebih awet bila dibandingkan ditempat yang lembab. Karat pada besi ternyata dipercepat oleh beberapa faktor, seperti tingkat keasaman, kontak dengan elektrolit, kontak dengan pengotor, kontak dengan logam lain yang kurang aktif (logam nikel, timah, tembaga), serta keadaan logam besi itu sendiri (kerapatan atau kasar halus nya permukaan). Sedangkan mekanisme karat pada logam yang merupakan bahan utama untuk berbagai konstruksi maka pengendalian karat menjadi sangat penting. Untuk dapat mengendalikan karat tentu harus memahami bagaimana mekanisme karat pada besi (logam). Karat tergolong proses elektrokimia, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses Terjadi Karat Pada Logam

Untuk menghindari akibat serangan berbagai jenis karat yang sangat merugikan di perlukan langkah – langkah pencegahan yang cukup mahal biayanya. Namun jika di banding dengan biaya da pengorbanan lain jika serangan karat tidak dicegah atau diatasi, maka kerugian akibat biaya pencegahan menjadi tidak berarti, adapun beberapa prinsip pencegahan karat yang penggunaannya disesuaikan dengan jenis peralatan, tempat serta lingkungan.

Sebagian dari prinsip pencegahan yang telah dikenal umum cukup lama misalnya pengecatan, pembalutan dan penggunaan material anti karat, namun ada pula prinsip pencegahan karat yang hanya dikenal oleh kalangan tertentu seperti misalnya perlindungan katodik, anodik serta netralisasi *zat koroden*. Adapun pencegahan instalasi dari kemungkinan terjadinya kavitasi dan erosi, maka semua prinsip-prinsip yang meminimalisasi terjadinya kavitasi, seperti penyempitan dan pelebaran untuk mencegahnya perubahan fase-fase harus diterapkan dalam instalasi pemipaan-nya.

Terbentuknya gelembung udara yang terjadi secara singkat didaerah turbulensi yang kemudian pecah kembali menjadi cairan karena terjadinya tekanan oleh pompa pengisi, pada saat gelembung menghilang tersebut terjadilah tenaga kinetis yang sangat besar (*water hammer*) yang cukup kuat hingga dapat memecahkan film pelindung permukaan pipa. Dapat kita bayangkan bahwa terbentuk dan hilangnya gelembung udara begitu cepat dengan jumlah lebih dari satu juta kali dalam jangka waktu 1 detik, karena serangan kavitasi terjadi begitu cepat pula. Prinsip pencegahan dengan menempatkan posisi tekanan head setinggi mungkin yang dapat dicapai untuk menghindari terbentuknya gelembung-gelembung uap dari cairan yang dipompakan-nya, disamping pelapisan permukaan peralatan dengan *Elastromer Coating* seperti karet, *neoprene* atau sejenisnya. Untuk mengurangi pengaruh serangan karat erosi harus diambil langkah-langkah dengan melapisi permukaan pipa dengan logam yang tahan karat sekaligus tahan erosi, misal dengan pelapisan timah, seng, aluminium, paduan tembaga nikel (70 -30) yang mengandung 0,4 – 1 persen besi yang dapat menahan benturan (regangan) dan padaun antara Ti – 6AL – 4V (Titanium, Aluminium dan Vanadium), serta meminimalisasi agar instalasi pemipaan tidak mudah menyebabkan fluida untuk merubah fase, loses dan gesekan yang tinggi maka instalasinya berstandar internasional sesuai yang diatur dalam undang-undang Ketel Uap (Boiler).

Secara umum pencegahan karat bisa dilakukan dengan cara:

- Pencegatan, untuk melindungi besi kontak dengan air dan udara, dimana cat yang mengandung timbal dan seng akan lebih melindungi logam terhadap karat.
- Dibalut plastik yang dapat juga mencegah logam kontak dengan air dan udara, *chromium plating* memberi lapisan pelindung terhadap logam akan menjadi mengkilap, *chromium plating* dilakukan dengan proses *elektrolisis*.
- Pelapisan dengan timah termasuk logam yang tahan karat, proses pelapisan dilakukan secara *elektrolisis* atau *electroplating*.
- pelapisan dengan seng dapat melindungi besi meskipun lapisannya ada yang rusak. Hal ini karena potensial *electrode* logam lebih *negative* dari pada seng, maka logam yang kontak dengan seng akan membentuk sel *elektrokimia* dengan logam sebagai

katode, sehingga seng akan mengalami *oksidasi*, sedangkan logam akan terlindungi.

#### IV. SIMPULAN DAN SARAN.

##### 4.1 Simpulan

Pengkaratan merupakan fenomena kimia pada bahan – bahan logam yang pada dasarnya merupakan reaksi logam menjadi ion pada permukaan logam yang kontak langsung dengan lingkungan berair dan oksigen, bahwa hampir tidak ada benda padat yang tidak dapat berkarat atau kebal terhadap serangan karat, masing-masing material atau bahan mempunyai kelebihan dan kelemahan terhadap jenis-jenis karat tertentu.

Untuk mencegah terjadinya serangan karat adalah dengan menciptakan suatu sistem yang menetralkan terjadinya proses terjadinya pengkaratan, karat tidak hanya akibat proses kimiawi semata karat juga bisa di sebabkan benturan terus –menerus yang mengakibatkan kelelahan pada bahan (pipa). Agar proses pencegahan terhadap karat dapat berjalan lancar, maka diperlukan persiapan-persiapan yang matang yaitu, sumber daya manusia yang andal tentang prosedur dalam monitoring bahaya serangan karat berdasarkan *Onewr Books* dari masing-masing Hotel.

Pasilitas Hotel yang memadai seperti peralatannya, sarana perawatan dalam pencegahan karat, tanggap dan perduli terhadap serangan karat dari manajemen Hotel tersebut. Logam dapat berkarat secara alamiah kalau di sekelilingnya terdapat air, oksigen dan unsur-unsur takmurnian (*impurities*) yang bertindak sebagai anoda dan katoda di dalam matriks logam. Untuk menghindari karat pada logam dapat digunakan lapisan yang mengisolasi logam dengan gas oksigen dan air melalui pengecatan, lapisan *chromium plating*, *elektrolisis* atau *electroplating*, dan pelapisan dengan seng.

##### 4.2 Saran

Karat merupakan musuh utama bagi industri Perhotelan maupun industri lainnya, maka dari itu karat tidak bisa di pungkiri untuk dapat dihilangkan 100% disarankan khususnya Hotel yang ada di Bali dalam menggunakan Boiler, *system schedule* betul diterapkan serta, monitoring personil dilapangan secara khusus yang membidangi cara pencegahan karat serta cepat tanggap dalam laporan dari personil.

##### Daftar Pustaka

- [1.] LA DI Bruijn dan L Muilwijk, Ketel Uap, Pradnya Pramitra, Jakarta 1980.

- [2.] *Onewr Books* Ina Bali Hotel, Melia Hotel dan Mercure Hotel, *Maentenant Steam Boiler*
- [3.] Silalahi Abel, Ketel Uap II, ATN Malang 1981
- [4.] Syamsir A. Muin, Peswat – Pesawat Konversi Energi I, CV. Rajawali, Jakarta 1988
- [5.] Snoeyink, V.L. and Jenkins, D. 1980. *Water Chemistry*. New York: John Wiley & Sons.
- [6.] Solorza, O. and Olivares, L. 1991. “Experimental Demonstration of Corrosion Phenomena.”
- [7.] Walker, R. 1982. “The Corrosion and Preservation of Iron Antiques.” *Journal of Chemical*