

Corrosion Rate Analysis Of Steam Boiler Superheater

Analisa Laju Korosi Superheater Ketel Uap

Satria Agung Wibisono¹, A'rasy Fahrudin^{2*}

*Email corresponding author: arasy.fahrudin@umsida.ac.id

^{1,2}Prodi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Jl. Mojopahit No. 666
B.Sidowayah, Celep, Kec. Sidoarjo, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur 61271

Abstract. *Superheaters play an important role in converting saturated steam to the point of superheating. The condition of the superheater needs to be considered, if there is rust it will reduce the performance of the superheater in heating steam to the point of superheat. Rust / corrosion is the enemy of dangerous metals. Corrosion is defined as a deterioration in the quality of metals due to electrochemical reactions with their environment. In corrosion events, metals undergo oxidation, while oxygen (air) undergoes reduction. The corrosion event itself is an electrochemical process, which is a process (change / chemical reaction) that involves electricity. Certain parts of the metal act as the negative pole (negative electrode, anode), while the other part acts as the positive pole (positive electrode, cathode). Electrons flow from the anode to the cathode, resulting in corrosion. By calculating the corrosion rate of superheaters with material A-213 T22 can be a consideration for using materials that are more resistant to rust or become a consideration in estimating repair time.*

Keywords - Corrosion; Steam boiler; Superheater

Abstrak. *Superheater berperan penting dalam mengubah uap jenuh hingga titik superheat. Kondisi superheater perlu diperhatikan, jika terdapat karat akan menurunkan performa dari superheater dalam memanaskan uap hingga titik superheat. Karat/korosi merupakan musuh dari logam yang berbahaya. Korosi didefinisikan sebagai penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya. Pada peristiwa korosi, logam mengalami oksidasi, sedangkan oksigen (udara) mengalami reduksi. Peristiwa korosi sendiri merupakan proses elektrokimia, yaitu proses (perubahan /reaksi kimia) yang melibatkan adanya aliran listrik. Bagian tertentu dari logam 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 korosi. Dengan menghitung laju korosi superheater dengan material A-213 T22 bisa menjadi pertimbangan untuk menggunakan material yang lebih tahan terhadap karat ataupun menjadi pertimbangan dalam memperkirakan waktu perbaikan.*

Kata Kunci - Korosi; Ketel uap; Superheater

I. PENDAHULUAN

Superheater merupakan alat yang berfungsi untuk menaikkan temperatur uap jenuh sampai menjadi uap panas lanjut (*superheat vapour*). Uap panas lanjut bila digunakan untuk melakukan kerja dengan jalan ekspansi di dalam turbin atau mesin uap tidak akan mengembun, sehingga mengurangi kemungkinan timbulnya bahaya yang disebabkan terjadinya pukulan balik atau *back stroke* yang diakibatkan mengembunnya uap belum pada waktunya sehingga menimbulkan vakum di tempat yang tidak semestinya di daerah ekspansi. *Superheater* ditempatkan pada daerah aliran gas asap yang bertemperatur tinggi[1].

Kondisi *superheater* perlu diperhatikan, jika terdapat karat akan menurunkan performa dari *superheater* dalam memanaskan uap hingga titik *superheat*. Karat/korosi merupakan musuh dari logam yang berbahaya. Korosi didefinisikan sebagai penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya. Pada peristiwa korosi, logam mengalami oksidasi, sedangkan oksigen (udara) mengalami reduksi. Peristiwa korosi sendiri merupakan proses elektrokimia, yaitu proses (perubahan /reaksi kimia) yang melibatkan adanya aliran listrik. Bagian tertentu dari logam 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 korosi[2].

Pada kasus ini korosi yang terdapat pada *superheater* masuk pada jenis *uniform attack* atau korosi merata. *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. Biasanya ini terjadi pada plat baja atau profil logam homogen[3].

Material yang sering digunakan pada *superheater* ketel uap adalah material A-213 grade T22, karena material ini memiliki ketahanan yang baik pada temperatur dan tekanan yang tinggi. A-213 grade T22 merupakan baja paduan (*alloy steel*) dengan kandungan *Chromium* 1,9 – 2,6%, dan *Molybdenum* 0,87 – 1,13%[4]. A-213 T22 memiliki

massa jenis serat 7,80g/cm³ atau 7800kg/m³[5]. Densitas atau massa jenis adalah jumlah zat yang terkandung dalam suatu unit volume[6].

Baja paduan didefinisikan sebagai suatu baja yang dicampur dengan satu atau lebih unsur campuran seperti nikel, mangan, *molybdenum*, *Chromium*, *vandanium* dan *wolfram* yang berguna untuk memperoleh sifat-sifat baja yang dikehendaki seperti sifat kekuatan, kekerasan, dan keuletannya[7].

II. METODE



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Untuk menentukan berat *superheater* setelah terjadi korosi pada bahan dasar *superheater* ketel uap sebagai berikut. (Dikarenakan tidak memungkinkan dalam melakukan penimbangan berat logam maka dilakukan perhitungan secara matematis sebagai berikut.) Dan untuk pengukuran *superheater* dilakukan 3 kali tiap 1 meter lalu diambil nilai rata - rata dari hasil pengukurannya.

$$m = \rho \times (((\pi \times OD^2) \div 4) - ((\pi \times ID^2) \div 4)) \times L \quad [8] \quad (1)$$

Keterangan

m : massa (kg)
 π : 3,14 sekian
 OD : Diameter luar (m)
 ID : Diamter dalam (m)
 L : Panjang pipa (m)
 ρ : massa jenis logam (kg/m³)

Sendangkan untuk menghitung laju korosi sebagai berikut.

$$\text{Laju korosi} = \frac{K.W}{D.A.T} = \dots \text{ mpy} \quad [9] \quad (2)$$

Keterangan

K : 3,45 × 10⁶
 W : kehilangan massa (gram)
 D : massa jenis material (g/cm³)
 A : Luas permukaan spesimen (cm²)
 T : waktu eksposur (jam)

$$1 \text{ mpy} = 0,0254 \text{ mm/y}; 1 \text{ g/cm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3; 1 \text{ m}^2 = 10000 \text{ cm}^2; 1 \text{ g} = 0,001 \text{ kg}$$

Untuk mencari tahu massa yang hilang dilakukan perbandingan antara ukuran pada spesifikasi yang tertera dan ukuran pada *superheater* yang sudah berkarat.

Setelah dilakukan perhitungan laju korosi pada *superheater* dengan material A-213 T22, selanjutnya akan di klasifikasikan berdasarkan tabel 1, sebagai pertimbangan untuk menggunakan material yang lebih tahan terhadap karat ataupun menjadi pertimbangan dalam memperkirakan waktu perbaikan.

Tabel 1. Kalsifikasi kerusakan material oleh korosi merata/*uniform attack* [10]

Ketahanan Relatif Korosi	mpy (<i>mill per year</i>)	mm/y	µm/y	nm/h
<i>Outstanding</i>	<1	< 0,02	< 25	<2
<i>Excellent</i>	1 – 5	0,02 – 0,1	25 – 100	2 – 10
<i>Good</i>	5 – 20	0,1 – 0,5	100 – 500	10 – 150
<i>Fair</i>	20 – 50	0,5 – 1	500 – 1000	50 – 150
<i>Poor</i>	50 – 200	1 – 5	1000 – 5000	150 – 500
<i>Unecxeptable</i>	> 200	> 5	> 5000	> 500

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2. Ukuran *Superheater* Sebelum Mengalami Korosi

<i>Coil</i> tahap pertama	
Luas permukaan	4,2 m ²
Ukuran	Diameter luar 38,1 mm × tebal 3,5 mm
Panjang	35.000 mm
Material	A-213 T22
<i>Coil</i> tahap kedua	
Luas Permukaan	2,7 m ²
Ukuran	Diameter luar 30,8 mm × tebal 5 mm
Panjang	22.500 mm
Material	A-213 T22

Tabel 3. Ukuran *Superheater* Sesudah Mengalami Korosi

<i>Coil</i> tahap pertama	
Luas permukaan	4,15 m ²
Ukuran	Diameter luar 37,71 mm × tebal 3,27 mm
Panjang	34.998,69 mm
Material	A-213 T22
<i>Coil</i> tahap kedua	
Luas Permukaan	2,67 m ²
Ukuran	Diameter luar 30,53 mm × tebal 4,78 mm
Panjang	22.498,56 mm
Material	A-213 T22

Dari upaya pengukuran *superheater* didapatkan ukuran yang tertera pada tabel 3 di atas, Dimana ukuran sebelum terjadi korosi terdapat pada tabel 2. Ukuran yang tertera pada tabel 3 tidak menunjukkan penurunan ukuran yang signifikan mengingat suhu oprasionalnya yang berada di 450⁰C serta terus menerus terkena uap jenuh yang berasal dari air dengan ph 11,5 selama 3 tahun.

Tabel 4. Berat *Superheater*

Nama Bagian	Material	Massa jenis logam	Berat logam sebelum korosi	Berat logam sesudah korosi	Selisih Penurunan Berat
<i>Coil</i> tahap pertama	A-213 T22	7800 kg/m ³	103,86 kg	96,58 kg	7,28 kg
<i>Coil</i> tahap kedua	A-213 T22	7800 kg/m ³	71,12 kg	67,85 kg	3,27 kg

Setelah hasil pengukuran diperoleh dilanjutkan dengan pehitungan dengan rumus (1), diperoleh data seperti pada tabel 4. Dimana penurunan ini wajar karena menunjukkan adanya peristiwa korosi yang terjadi pada material *superheaternya*, material mengalami kondisi ekstrim dimana panas dan tekanan yang tinggi yang menyelimuti setiap ruas pada *superheater*, hal ini juga mempercepat peristiwa korosifnya.

Tabel 5. Laju Korosi dan Kalsifikasi Ketahanan Relatif Korosi

Nama Bagian	Material	(mpy)	(mm/y)	Ketahanan Relatif Korosi
-------------	----------	-------	--------	--------------------------

Coil tahap pertama	A-213 T22	2,95	0,08	Excellent
Coil tahap kedua	A-213 T22	2,05	0,05	Excellent

Data tabel 5 menunjukkan laju korosi pada material A-213 T22 *superheater*. Untuk hasil perhitungan laju korosi pada tabel 5 masuk dalam klasifikasi *excellent* untuk kedua *coil*. *Coil* tahap pertama dengan nilai 2,95 *mpy* dan *coil* tahap kedua dengan nilai 2,05 *mpy*. *Coil* tahap kedua menunjukkan hasil yang sedikit lebih baik pada pengujian laju korosi ini, dikarenakan *coil* tahap kedua menerima uap jenuh lebih sedikit dibandingkan *coil* tahap pertama.

IV. KESIMPULAN

Dari pengujian ini menunjukkan material A-213 T22 masih cukup mampu untuk beroperasi selama 2 tahun masa operasional selanjutnya, dengan catatan pengoprasianya tidak melebihi SOP dari spesifikasinya. Untuk selanjutnya mungkin material dari *superheater* bisa ditingkatkan ke *grade* yang lebih tinggi seperti A-213 T91 yang lebih tahan korosif karena memiliki kandungan *vanadium* yang dimana A-213 T22 tidak miliki. sehingga tidak perlu khawatir akan terjadinya kebocoran *superheater* dan meningkatkan masa operasional mesin ketel uapnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan artikel ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih terhadap kedua orang tua penulis serta seluruh staff PG Kremboong telah menyediakan wadah untuk melakukan penelitian dan juga bapak A'rasy Fahrudin selaku dosen pembimbing dalam pelaksanaan magang ini serta teman - teman yang mensupport dalam melakukan penulisan artikel ini.

REFERENSI

- [1] A. D. Putri, "PROTOTYPE STEAM POWER PLANT (Analisis heat Loss pada Unit Boiler Furnace dan Super Heater)," vol. 7, pp. 1–4, 2014, [Online]. Available: <http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=1299745&val=17494&title=PROTOTYPE STEAM POWER PLANT ANALISIS HEAT LOSS PADA UNIT BOILER FURNACE DAN SUPERHEATER>
- [2] S. T. Suparman, R. Magga, and M. Zuchry, "Laju Korosi Pada Stainless Steel Dalam Media Perlalite," *J. Mek.*, vol. 10, no. 1, pp. 948–954, 2019.
- [3] B. Utomo, "Jenis Korosi Dan Penanggulangannya," *Kapal J. Ilmu Pengetah. dan Teknol. Kelaut.*, vol. 6, no. 2, pp. 138–141, 2012, doi: 10.14710/kpl.v6i2.2731.
- [4] I. K. Rohmat, M. S. Amri, M. M. Munir, H. B. Kurniyanto, and M. H. Muzzakki, "Analisis Holding Time Post Weld Heat Treatment (Pwht) Pada Pengelasan Material Sa-213 Grade T91 Dengan Sa-213 Grade T22 Untuk Aplikasi Boiler," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 14, no. 1, pp. 317–329, 2023, doi: 10.21776/jrm.v14i1.1304.
- [5] MadWeb, "ASTM A213 T22 2.25Cr-1Mo STEEL FOR BOILER AND HEAT EXCHANGER SEAMLESS TUBES (STBA 24)," *MatWeb*. <https://www.matweb.com/search/datasheet.aspx?matguid=7290d1ae9bca488b9b79faab42b8dc64>
- [6] S. Wahyuni, Ramli, and Mahrizal, "Pengaruh Suhu Proses Dan Lama Pengendapan Terhadap Kualitas Biodiesel Dari Minyak Jelantah," *Pillar Phys.*, vol. 6, pp. 33–40, 2015.
- [7] A. Rohman, A. Rijanto, and D. N. Zulfika, "Analisis Laju Korosi Pipa Baja Karbon ST 30 Dan Stainless Steel 304 Terhadap Limbah Anaerobic Bioethanol," *Majamecha*, vol. 2, no. 1, pp. 45–59, 2020, doi: 10.36815/majamecha.v2i1.736.
- [8] IRLANSAYH1, "CARA HITUNG VOLUME PIPING," *WordPress, Catatan orang desa*, 2015. <https://irlansayah1.wordpress.com/2015/11/26/cara-hitung-volume-piping/>
- [9] Affandi, I. Tanjung, A. R. Nasution, S. Fonna, and S. Huzni, "Investigasi laju korosi atmosferik baja karbon rendah profil segiempat di kawasan industri medan," *J. Teknol.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–4, 2020, [Online]. Available: <https://jurnal.wastukancana.ac.id/index.php/teknologika/article/view/31>
- [10] F. Y. Hutauruk, "Analisa Laju Korosi pada Pipa Baja Karbon dan Pipa Galvanis dengan Metode Elektrokimia," *Inst. Teknol. Sepuluh November, Surabaya*, pp. 3–16, 2017, [Online]. Available: <http://repository.its.ac.id/44852/>