

PERBANDINGAN DEPRESIASI UMUR PAKAI PIPA AKIBAT KOROSI PADA PIPA INSTALASI AIR DINGIN, TANPA DAN DENGAN PROGRAM *WATER TREATMENT*

Eric Johneri

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir
Kawasan Puspiptek Serpong

ABSTRAK – Air dingin didistribusikan dari sistem pendingin ke dalam ruang laboratorium dan perkantoran di Instalasi Radiometalurgi (IRM) menggunakan sistem pemipaan dengan spesifikasi Schedule 40, dengan berbagai diameter nominal. Umur pakai dari bahan pipa, dipengaruhi oleh berbagai hal, salah satunya adalah korosi yang disebabkan oleh konstituen yang terkandung dalam air, yang dapat mengikis/mengurangi ketebalan dari pipa. Mengingat adanya keterbatasan umur pakai dari pipa, maka dilakukan analisa berdasarkan perhitungan pengurangan (depresiasi) umur pakai pipa instalasi air pendingin di gedung IRM akibat korosi. Berdasarkan perhitungan kecepatan korosi normal, maka diperoleh umur pakai pipa tanpa menggunakan *water treatment* : 5 hingga 8 tahun, sedangkan dengan menggunakan program *water treatment* : 22 s/d 37 tahun. Artinya umur pakai pipa instalasi akan bertambah hampir 5 kali lipat jika menggunakan program *water treatment* yang sesuai. Hal ini akan menghasilkan penghematan biaya perawatan/penggantian sebesar 80 % per tahun.

Kata kunci : Pipa, umur pakai, korosi, depresiasi.

Abstract – *In the Installation of Radio Metallurgy (IRM), cold water is distributed from the cooling system into the laboratory area and office use with schedule 40 piping systems and different nominal diameters. Lifespan of the pipe material is influenced by many factors, one of which is corrosion caused by constituents contained in the water that may erode or reduce the thickness of the pipe. Therefore, because of the limited lifespan of the pipe, it is necessary to analysis and calculation of the reduction (depreciation) lifespan of the cooling water pipe installation in the building IRM due to corrosion. In this paper the analysis will be performed to calculate the reduction in lifespan of pipes with and without a water treatment program. The results obtained by calculating the speed of normal corrosion, lifespan of pipe without the use of water treatment is 5 to 8 years, while using a water treatment program is 22 to 37 years. This means that the lifespan the pipeline installation will be increased by almost 5 time if using an appropriate water treatment program. Thus will be obtained maintenance or replacement cost savings of about 80% per year.*

Keywords: Pipe, lifespan, corrosion, depreciation.

I. PENDAHULUAN

Udara dingin di IRM dipasok oleh rangkaian instalasi VAC (*Ventilation and Air condition*). Mesin pendingin *Chiller* mendinginkan air, air dingin didistribusikan keseluruh ruangan dalam gedung IRM (Instalasi Radometalurgi) yang digunakan untuk mendinginkan udara. Pendistribusian air dingin ini menggunakan sistem pemipaan /*tubes* yang didukung oleh pompa dorong, agar air dingin terdistribusi secara sirkular dari dan ke mesin pendingin (*chiller* ke *coil* pendingin AHU / FCU) untuk didinginkan kembali secara tertutup (*closed system*).

Pipa sirkulasi yang digunakan adalah pipa *Schedule 40, carbon steel based piping* [1], Kontak langsung dengan air memiliki batasan ketahanan tertentu dari material pipa [2], terhadap terjadinya pertumbuhan korosi. Korosi tersebut berkembang sedemikian yang berakibat kepada penipisan ketebalan material/pipa, menyebabkan terjadinya kebocoran pada pipa serta penyumbatan aliran, kondisi tersebut mengakibatkan terjadinya gangguan distribusi dan sirkulasi air dingin sehingga pasokan udara dingin di IRM tidak dapat dipenuhi (terganggu). Kondisi ini tentunya memerlukan penanganan khusus (perbaikan) sampai ke penggantian komponen agar instalasi air dingin dapat dioperasikan kembali memenuhi kebutuhan pendinginan secara berkesinambungan.

Keadaan tersebut tentunya sedapat mungkin dihindari atau di minimalisir, dengan mengatur pH air, tekanan air, pengaturan laju alir melalui katup (*valve*), serta melakukan program *water treatment* yang tepat terhadap air [3,4,5], yang bertujuan memperlambat penipisan permukaan dalam pipa, mengikat endapan agar tidak terjadi penyumbatan sehingga umur pakai pipa dan komponen instalasi air dingin dapat lebih lama.

Tujuan dilakukannya Analisa.

Di instalasi IRM, dioperasikan sistem aliran air dingin bertekanan dengan percabangan secara tertutup (*closed system*). Operasi sirkulasi air dingin ini berjalan secara kontinyu terus menerus (*non stop*). Mengingat usia instalasi pipa aliran yang sudah tua (lebih dari 25 tahun), sangat perlu dilakukan analisa terhadap umur pakai material terutama instalasi aliran air dingin ini, karena sebagian besar instalasi pipa air dingin berada diluar gedung (bangunan) yang mengalami kontak langsung dengan udara luar dengan berbagai kondisi cuaca.

Analisa pengurangan umur pakai pipa ini dilakukan untuk [5]:

- a. Membantu pengambil kebijakan/keputusan pada suatu instalasi air dingin / air pendingin untuk mengkaji sisa umur pipa yang masih dioperasikan hingga saat ini.
- b. Mengaplikasikan hasil kajian standar acuan yang telah disepakati bersama antara penanggung jawab instalasi dengan pelaksana lapangan.
- c. Menjaga sedini mungkin terjadinya kerusakan yang lebih fatal.

- d. Memprediksi waktu kerusakan sehingga berdasarkan informasi tersebut dapat dibuat jadwal perawatan, perbaikan dan penggantian komponen yang lebih efektif.

II. TEORI

Ditinjau dari segi termodinamika [6], korosi merupakan proses yang sangat alamiah. Pada dasarnya semua logam tidak stabil. Logam murni cenderung bereaksi dengan lingkungan di mana ia berada dan membentuk senyawa oksida atau karbonat yang lebih stabil. Reaksi tersebut merupakan reaksi elektrokimia dimana terjadi perpindahan elektron. Kecenderungan logam untuk melepaskan elektron berbeda satu sama lainnya, semakin besar kecenderungan tersebut semakin reaktif logam yang bersangkutan [2,6]. Sebagai contoh, Natrium sangat reaktif terhadap air sedangkan Platina tidak. Oleh sebab itu Natrium adalah logam yang sangat mudah terkorosi sedangkan Platina tidak karena reaktivitasnya yang rendah dan karenanya dikategorikan sebagai logam mulia.

Pengaruh lingkungan pada pipa yang sangat korosif dapat memperpendek umur pipa. Banyaknya partikel padat / mineral-mineral yang terkandung di dalam air bertendensi menyebabkan terbentuknya deposit. Deposit yang keras dan melekat kuat dipermukaan logam disebabkan oleh konsentrasi mineral-mineral yang melebihi batas kelarutannya. Akibat adanya deposit maka di daerah bawah deposit akan mudah terbentuk korosi (korosi di bawah deposit / *under deposit corrosion*) [2].

Secara teoritis apabila tidak terdapat zat asam, maka laju korosi pada baja/logam relatif lambat, namun pada kondisi-kondisi tertentu ternyata laju korosinya justru tinggi sekali. Setelah diselidiki ternyata di daerah tersebut hidup sejenis bakteri anaerobic yang hanya bertahan dalam kondisi tanpa zat asam [7]. Bakteri ini mengubah (*reducing*) garam Sulfat menjadi asam yang reaktif dan menyebabkan korosi [8].

Berdasarkan dokumen pembangunan IRM [1], sistem pemipaan menggunakan pipa baja karbon (*carbon steel*) jenis *Schedule 40* dengan beberapa diameter nominal [1,4].

Tabel 1 : Tabel dimensi ukuran pipa Baja Karbon Schedule 40 [4].

| No | Dia nominal (Inch) | OD (mm) | ID (mm) | T (mm) | L (m) | Berat (kg) |
|----|-----------------------|------------|------------|-----------|----------|---------------|
| 1 | 1/2 | 21.7 | 16.1 | 2.8 | 6 | 7.86 |
| 2 | 3/4 | 27.2 | 21.4 | 2.9 | 6 | 10.44 |
| 3 | 1 | 34.0 | 27.2 | 3.4 | 6 | 15.42 |

| No | Dia nominal (Inch) | OD (mm) | ID (mm) | T (mm) | L (m) | Berat (kg) |
|----|-----------------------|------------|------------|-----------|----------|---------------|
| 4 | 1 1/4 | 42.7 | 35.5 | 3.6 | 6 | 20.82 |
| 5 | 1 1/2 | 48.6 | 41.2 | 3.7 | 6 | 24.60 |
| 6 | 2 | 60.5 | 52.7 | 3.9 | 6 | 32.64 |
| 7 | 2 1/2 | 76.3 | 65.9 | 5.2 | 6 | 54.72 |
| 8 | 3 | 89.1 | 78.1 | 5.5 | 6 | 67.80 |
| 9 | 4 | 114.3 | 102.3 | 6.0 | 6 | 96.00 |
| 10 | 5 | 139.8 | 126.6 | 6.6 | 6 | 130.20 |
| 11 | 6 | 165.2 | 151.0 | 7.1 | 6 | 166.20 |
| 12 | 8 | 216.3 | 199.9 | 8.2 | 6 | 252.60 |
| 13 | 10 | 267.4 | 248.8 | 9.3 | 6 | 355.20 |
| 14 | 12 | 318.5 | 297.9 | 10.3 | 6 | 469.80 |
| 15 | 14 | 355.6 | 333.4 | 11.1 | 6 | 565.80 |
| 16 | 16 | 406.4 | 381.0 | 12.7 | 6 | 738.00 |

OD : Diameter luar pipa, ID : Diameter dalam pipa, L : Panjang pipa, T : Tebal pipa

Mekanisme Korosi

Proses korosi dapat terjadi apabila sekurang-kurangnya terdapat sepasang reaksi oksidasi dan reduksi yang berlangsung secara serempak dengan kecepatan reaksi yang sama.

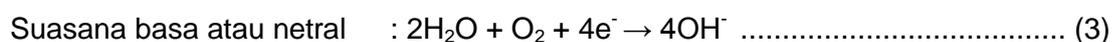
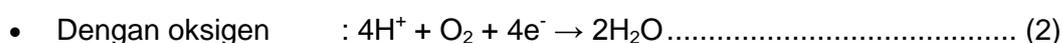
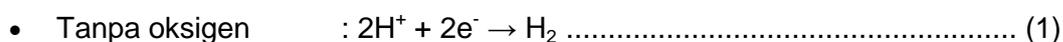
Reaksi Anodik dan Katodik

Reaksi anodik dalam setiap proses korosi merupakan reaksi oksidasi suatu logam menjadi ionnya yang ditandai dengan kenaikan valensi atau pelepasan elektron. Secara umum reaksi anodik dapat dituliskan sebagai berikut:

$M \rightarrow M^{n+} + ne^-$, di mana n adalah jumlah elektron yang dihasilkan dan besarnya sama dengan valensi ion logam yang terkorosi [6,8].

Reaksi katodik dalam setiap proses korosi merupakan reaksi reduksi yang ditandai dengan penurunan valensi atau penyerapan elektron. Ada beberapa reaksi katodik yang berbeda yang sering dijumpai dalam proses korosi logam, yaitu:

Suasana asam :



Reduksi ion logam:

- $M^{n+} + ne^{-} \rightarrow M$ (4)
- $M^{n+} + e^{-} \rightarrow M^{(n-1)+}$ (5)

Dari sekian banyak reaksi katodik, yang umum dijumpai adalah reaksi (1), (2) dan (3). Dari sini dapat disimpulkan bahwa peranan air dan oksigen sangat dominan dalam proses korosi.

Zat kimia yang ditambahkan dapat mempengaruhi reaksi di anoda, katoda ataupun keduanya, sehingga proses korosi diperlambat [7,9].

Penggunaan campuran kimia yang disebut *Scale and Corrosion inhibitor* ke dalam sistem aliran air pendingin, menyebabkan terjadi reaksi kimia yang dapat mengikat unsur unsur pemicu terjadinya korosi pada pipa aliran, membentuk suatu senyawa berupa kotoran yang akan mengendap pada tandon dan dapat dibuang melalui saluran pembuangan (*drainase*).

Disamping mengikat unsur pemicu terjadinya korosi, bahan *Scale and Corrosion inhibitor* sekaligus melapisi permukaan dalam pipa agar korosi tidak berlanjut (terhenti).

III. METODOLOGI

Salah satu pencegahan terjadinya korosi dalam instalasi sistem air dingin / air pendingin adalah dengan membuat lingkungan menjadi tidak korosif, metode ini umumnya dilakukan dengan menggunakan zat kimia yang ditambahkan ke dalam lingkungan elektrolit. Metode ini cocok untuk lingkungan yang terbatas dan terkontrol. Penggunaan *water treatment* disesuaikan dengan hasil analisa kimia air domestik dan air dalam sistem pemipaan yang di gunakan, agar komposisi zat kimia yang di tambahkan dapat mengikat dan mempengaruhi penyebab terjadinya korosi.

Berdasarkan tabel 1 diatas dilakukan perhitungan pendekatan laju/kecepatan korosi, dalam aliran pipa instalasi air, sehingga diperoleh umur pakai pipa sesuai dengan ketebalan pipa yang digunakan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bila "Closed System" dioperasikan tanpa suatu program *water treatment* atau hanya menggunakan "soft water" (*demin water*) maka akan terjadi korosi pada sistem. Normal kecepatan korosi adalah 15 sampai 20 mils/ tahun (15 – 20 mpy) [8,9] . Dimana 1 mils = 1/1000 inch.

Ketebalan Pipa.

Dari Tabel dimensi pipa *Schedule 40*, dapat dibuat perhitungan konversi dengan menggunakan beberapa ukuran pipa

Tabel 2 : Tabel perhitungan koversi ketebalan pipa dalam satuan "mils" (m).

| NO | Ukuran Pipa (size) | | Ketebalan Pipa | |
|----|-----------------------|-----------|----------------|------------|
| | (Inch) | (T, mm) | (T, inch) | (T, mils) |
| 1 | ¾ | 2,9 | 0,113 | 113 |
| 2 | 1 ½ | 3,7 | 0,145 | 145 |
| 3 | 4 | 6,0 | 0,237 | 237 |

Dengan membagi ketebalan pipa dengan laju korosi normal, pipa akan terkikis dan akan bertahan seperti pada kolom umur pakai pipa pada tabel 3 :

Tabel 3 ; Tabel hasil perhitungan umur pakai pipa (tahun).

| NO | Ukuran Pipa | Ketebalan Pipa | Kecepatan krosi normal | Umur pakai Pipa | Depresiasi pertahun |
|----|----------------|-------------------|---------------------------|--------------------|------------------------|
| | (Inch) | (T, mils) | | (tahun) | (%) |
| 1 | ¾ | 113 | (15 – 20) mpy | (5,6 - 7,5) | (13,3 – 17,8) |
| 2 | 1 ½ | 145 | | (7,3 - 9,7) | (10,3 – 13,7) |
| 3 | 4 | 237 | | (12 – 16) | (6,3 - 8,3) |

Dengan dilakukanya program *Water Treatment* (WT) yang cocok pada "Closed System" dilakukan program dari awal operasinya, maka korosi yang terjadi hanya 3 hingga 5 mils pertahun (3 – 5 mpy). Dengan demikian umur pakai pipa akan lebih panjang menjadi :

Tabel 4 : Tabel hasil perhitungan umur pakai pipa menggunakan WT.

| NO | Ukuran Pipa | Ketebalan Pipa | Kecepatan korosi dengan Program WT | Umur pakai Pipa | Depresiasi pertahun |
|----|-------------|----------------|------------------------------------|-----------------|---------------------|
| | (Inch) | (T, mils) | | (tahun) | |
| 1 | ¾ | 113 | (3 – 5) mpy | (22,6 - 37,6) | (2,7 – 4,4) |
| 2 | 1 ½ | 145 | | (29,0 - 48,3) | (2,1 – 3,5) |
| 3 | 4 | 237 | | (47,4 – 79,0) | (1,3 – 2,1) |

Dari perhitungan pada tabel 3 dan tabel 4 diatas terlihat bahwa suatu sistem dioperasikan dengan suatu program *water treatment* akan memberikan penambahan umur pakai pipa instalasi seperti tabel berikut.

Tabel 5 : Tabel perhitungan perbandingan umur pakai pipa menggunakan WT dan tanpa WT (normal).

| NO | Ukuran Pipa | Ketebalan Pipa | Umur pakai Pipa | | Depresiasi biaya pertahun |
|----|-------------|----------------|-----------------|-----------------|--|
| | | | Normal | Program WT | |
| 1 | ¾ | 113 | (5,6 - 7,5) | (22,6 - 37,6) | (37,6 – 7,5) : 37,6 x 100 = 80 % |
| 2 | 1 ½ | 145 | (7,3, - 9,7) | (29,0 - 48,3) | (48,3 – 9,7) : 48,3 x 100 = 80 % |
| 3 | 4 | 237 | (12 – 16) | (47,4 – 79,0) | (79,0 – 16,0) : 79,0 x 100 = 80 % |

Dari tabel 5 diatas dapat dilihat, dengan menggunakan program *water treatment* yang tepat, dapat meningkatkan umur pakai pipa instalasi rerata 4,4 kali lebih lama, dibanding tanpa penggunaan program *water treatment*.

Disamping menambah panjang umur pakai pipa, penggunaan program *water treatment* juga akan mengurangi biaya perawatan dan penggantian per tahun sebagai dampak dari ancaman korosi terhadap pipa instalasi, turun dari 37,6 % menjadi 7,5 %. Itu artinya akan terjadi penghematan sebesar $(37,6 - 7,5) / 37,6 \times 100 \% = 80 \%$. Penghematan ini adalah suatu angka yang sangat besar baik secara finansial maupun efisiensi perawatan.

Seperti pada tabel 5, dapat dilihat depresiasi rerata biaya pertahun 80 %, untuk setiap ukuran (*size*) pipa yang dipakai.

Tentunya harus dikurangi dengan biaya penerapan program *water treatment* (pembelian *chemical* bahan *treatment* dan peralatan tambahan).

Untuk Sistem Terbuka (*Open system*) menggunakan Menara Pendingin (*Cooling Tower*) kejahatan korosi akan lebih tinggi karena pH air < 7 , dan pengotor lain (*fouling*) lebih banyak sebagai pemicu terjadinya korosi dan *scaling*.

Kondisi dilapangan :

Kondisi sistem pemipaan di IRM, keseluruhannya dalam kondisi tertutup (dilapisi pelindung) *styrofoam silinder* dan dibalut plat aluminium, secara signifikan belum terlihat adanya rembesan/kebocoran yang terjadi. Tetapi dari sisi perawatan, dilakukan pembuangan kotoran *scale* dan sering dilakukan penambahan jumlah volume air (*fresh water*) dalam sistem.

Mengingat Instalasi sistim pemipaan air dingin di IRM ini sudah berusia lebih dari 20 tahun, perlu dipertimbangkan untuk melakukan perbaikan dan penggantian pipa pipa terpasang berdasarkan pendekatan perhitungan diatas, untuk memenuhi pasokan air dingin yang diperlukan Instalasi Radiometalurgi dan perkantoran.

V. KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan perhitungan berdasarkan kecepatan korosi normal dan kecepatan korosi dengan menggunakan suatu program *water treatment* yang tepat / cocok, maka di peroleh peningkatan umur pakai pipa instalasi rata rata 4,4 kali lebih lama (hampir 5 kali).

Penggunaan program *water treatment* juga akan menimbulkan penghematan yang cukup besar dari sisi perawatan dan penggantian komponen.

Mengingat umur instalasi pipa yang ada di gedung IRM sudah berumur kurang lebih 23 tahun (1992 – 2015), perlu adanya evaluasi dan perawatan yang intensif serta persiapan untuk melakukan penggantian komponen dan instalasi secara menyeluruh, agar operasi sarana dukung di gedung IRM tetap berjalan baik dan pasokan air dingin terpenuhi sehingga kegiatan Laboratorium IRM tidak terganggu.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Construction and Building Dokumen, Piping materialspec BB for process chiller water – M-5000 – 7. 1 & 2. (Dokumen pembangunan IRM), Tahun 1989.
- [2] FONTANA G. Mars, *Corrosion Engineering*. Department of Metallurgical Engineering, Mc Graw-Hill, 1986.
- [3] ERIC JOHNERI, Penerapan pengelolaan (treatment) air untuk pencegahan korosi pipa aliran sistem pendingin di Instalasi Radiometalurgi, Majalah ilmiah PIN No 13/Tahun 2014, Edisi April 2014, ISSN 1979-2409, 2014.
- [4] Katalog ukuran pipa “Carbon Steel Pipe Schedule 40”.
- [5] TRETHERWEY KENNETH R, Korosi Untuk Mahasiswa dan Rekayasawan, PT. Gramedia Pustaka Umum , Jakarta 1988.
- [6] W.G. ASHBAUGH, Cortes Engineering Service, Inc, *Corrosion Failures*, METALS HANDBOOK, Ninth Edition, Volume 11, *Failure Analysis and Prevention*, Third printing May 1990.
- [7] TIRTA ATMADJA SUGENG, Pengendalian korosi pada sistem pendingin menggunakan penambahan zat Inhibitor, *ROTASI – Volume 12 Nomor 2 – April 2010*.
- [8] WIDHARTO SRI, *Karat dan Pencegahannya*, PT. Pradnya Paramita.Jakarta 1999.
- [9] SALVEON, *Guide and instruction for Scale and Corrosion Inhibitor*.
- [10] SUPARDI RACHMAT, *Korosi*, Tarsito Bandung 1997.