

ANALYSIS OF CORROSION RATE IN CENTRIFUGAL PUMP INTAKE PIPES (CASE STUDY: PDAM BENGKALIS INDONESIA)

Sabri N^{1,*} dan Syahrizal¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bengkalis
Jln. Bathin Alam, Sungai Alam, Bengkalis, Riau 28711

*E-mail: sabritampubolon97@gmail.com,

Accepted: 21-11-2019

Revised: 12-05-2020

Approved: 01-06-2020

ABSTRACT

Pipe is one of the important components for a clean water treatment system that is used to transport water flow. For the process of producing water from the reservoir to the tank, it still uses galvanized steel pipes, this type of pipe is used by PDAM Bengkalis. Based on the previous explanation, it is very necessary to do a research on the corrosion rate in the intake pipe to determine the level of corrosion that occurs by using the Ultrasonic Thickness Gauge test by looking at the thickness reduction in the pipe. This study uses an experimental method. Corrosion is a process of decreasing the quality of metal materials caused by chemical reactions between metal materials and other elements in their environment. From this study, 2 types of galvanized steel pipes are found with different ages, they are 7 years old pipe with 6 inches length and 10 years old pipe with 10 inches length, while the corrosion rate that occurred in the intake pipe in zone A was 0.245 mm / year, 0.392 mm / year, and 0.248 mm / year, for zone B is 0.335 mm / year and 0.268 mm / year, in zone C is a straight line pipe as a comparison factor with a corrosion rate of 0.473 mm / year, 0.470 mm / year, 0.287 mm / year, 0.464 mm / year, and 0.306 mm / year.

Keywords: Corrosion; PDAM Pipe; Ultrasonic Thickness Gauge.

ABSTRAK

Pipa merupakan salah satu komponen penting dalam sistem pengolahan air bersih yang digunakan untuk transportasi aliran air. Untuk proses produksi air dari waduk menuju ke tangki masih menggunakan pipa baja galvanis, ini merupakan pipa yang digunakan oleh PDAM Bengkalis. Untuk itu sangat perlu dilakukan penelitian tentang laju korosi pada pipa *intake* guna mengetahui tingkat pengkaratan yang terjadi dengan menggunakan pengujian *Ultrasonic Thickness Gauge*, yaitu dengan melihat pengurangan ketebalan pada pipa. Penelitian ini menggunakan metode *eksperimental*. Korosi salah satu proses penurunan kualitas material logam yang disebabkan oleh reaksi kimia antara material logam dengan unsur-unsur lain yang terdapat di lingkungannya. Dari hasil penelitian ini ditemukan 2 jenis pipa baja galvanis dengan perbedaan usia yaitu pipa 6 inch dengan usia 7 tahun dan pipa 10 inch dengan usia 10 tahun, sementara laju korosi yang terjadi pada pipa *intake* di zona A adalah sebesar 0.245 mm/tahun, 0.392 mm/tahun, dan 0.248 mm/tahun, untuk zona B adalah 0.335 mm/tahun dan 0.268 mm/tahun, pada zona C merupakan pipa jalur lurus sebagai faktor pembanding dengan laju korosi sebesar 0.473 mm/tahun, 0.470 mm/tahun, 0.287 mm/tahun, 0.464 mm/tahun, dan 0.306 mm/tahun.

Kata kunci: Korosi; Pipa PDAM; *Ultrasonic Thickness Gauge*.

1. PENDAHULUAN

Pipa adalah benda berbentuk lubang silinder dengan lubang di tengahnya yang terbuat dari logam maupun bahan-bahan lain sebagai sarana pengaliran atau transportasi fluida berbentuk cair, gas maupun udara. Pipa digunakan untuk mengalirkan fluida (zat cair atau gas) dari satu atau beberapa titik ke satu titik atau beberapa titik lainnya. Fluida yang mengalir ini memiliki temperatur dan tekanan yang berbeda-beda. Fluida yang mengalir didalam pipa akan mengalami hambatan berupa gesekan dengan dinding pipa, hal ini akan mengakibatkan berkurangnya laju aliran dan penurunan tekanan. Walaupun dapat terjadi berbagai jenis kehilangan energi gerak, umumnya hambatan yang paling utama adalah akibat gesekan yang sangat tergantung dari kekasaran dinding pipa. Semakin kasar dinding pipa maka akan semakin besar terjadi penurunan atau kehilangan tekanan aliran [4]. Korosi adalah penurunan kualitas logam yang disebabkan oleh reaksi elektrokimia antara logam dengan lingkungan sekitarnya [5]. Korosi itu sendiri merupakan proses perusakan material akibat reaksi antara logam dengan lingkungannya sehingga merugikan bagi manusia karena hal tersebut menyebabkan berkurangnya umur desain dan kekuatan suatu konstruksi, menimbulkan kebocoran dan berkurangnya mutu suatu produk serta tingginya biaya perawatan yang dikeluarkan untuk mengganti bagian yang rusak akibat konstruksi [2].

Korosi adalah penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya yang biasanya berjalan lambat. Peristiwa korosi sendiri merupakan proses elektrokimia, yaitu proses (perubahan/reaksi kimia) yang melibatkan adanya aliran listrik dan interaksi ion-ion dan juga antar elektron. Dimana termasuk ke dalam sel volta atau sel galvanik yang merupakan reaksi spontan. Korosi atau 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 [5].

Dalam dunia industri pengolahan air sangat banyak sekali terjadinya proses korosi yang disebabkan oleh fenomena alam dan faktor lingkungan sehingga menyebabkan

timbulnya karat. Salah satunya di PDAM Bengkulu, dimana pipa isap ini berfungsi sebagai penyalur air ke tangki besar dengan dialirkan melalui pipa-pipa penghubung, namun tanpa di sadari pipa isap sudah terkorosi dengan berbagai faktor, baik dari kadar keasaman pH air ataupun dengan laju aliran fluida, hal ini bisa menyebabkan kebocoran yang tidak terduga pada pipa, sehingga untuk proses pergantian pipa menjadi tidak terjadwal dengan baik. Penyebab lainnya dari korosi pipa adalah terjadinya perubahan tekanan, pola perubahan tekanan ini dapat dianalisis dengan cara menghitung laju korosi yang terjadi pada pipa PDAM Bengkulu, sekaligus dapat menentukan sisa umur pakai dari pipa ini.

Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk melihat tingkat laju korosi yang terjadi pada pipa PDAM Bengkulu guna mengetahui waktu pergantian pipa secara berkala dan dengan menggunakan beberapa metode pengujian salah satu diantaranya adalah dengan mengukur pengurangan ketebalan aktual pipa, dan ketebalan nominal pipa serta mencari nilai laju korosi pada pipa. Sehingga hasil penelitian yang dilakukan dapat bermanfaat bagi PDAM Bengkulu untuk mengetahui faktor-faktor yang terjadi korosi pada pipa tersebut dan cara pencegahannya.

Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh data tingkat laju korosi dan sisa umur pakai pipa, mengetahui jenis dan pengendalian korosi pada pipa *intake*, serta faktor-faktor yang mempengaruhi laju korosi pada pipa *intake*.

2. METODE PENELITIAN

Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *Ultrasonic Thickness Gauge* dengan spesifikasi model TT320 dengan dimensi permukaan suhu $-10^{\circ}\text{C} \sim +300^{\circ}\text{C}$.

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah pipa baja galvanis dengan spesifikasinya adalah Diameter 6 inch dan 10 inch, dan cairan couplant.

Pengambilan data dilakukan sebanyak 10 titik pada 1 bagian pengujian pipa menggunakan *Ultrasonic Thickness Gauge*, dan dilakukan sebanyak 10 bagian pengujian

pada pipa PDAM Bengkalis. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui laju korosi dan sisa umur pakai (*Remaining Services Life/ RSL*) pipa pada bagian intake pompa sentrifugal di PDAM Bengkalis. Untuk mengetahui nilai laju korosi dan sisa umur pakai pipa tersebut diperlukan data tebal nominal, tebal aktual dan umur pakai pipa. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental dengan dibagi menjadi 3 zona yang memiliki 10 bagian pipa untuk dilakukan pengujian ketebalan aktual berdasarkan nilai yang ada dilapangan. Setelah mendapatkan data selanjutnya dilakukan pengolahan data menggunakan rumus perhitungan yang ada. Rumus perhitungan laju korosi (*Corrosion Rate*):

$$CR \text{ (mm/tahun)} = \frac{T_{Nominal} - T_{Actual}}{\text{Umur Pipa}} \quad (1)$$

Dimana:

CR = Laju Korosi (*Corrosion Rate*) (mm/tahun)

$T_{Nominal}$ = Tebal pipa pada pemasangan awal (mm)

T_{Actual} = Tebal pipa pada saat inspeksi (mm)

Umur pipa = Dari saat pemasangan hingga inspeksi (tahun)

Rumus perhitungan sisa umur pakai (RSL) pipa galvanis jika dianggap ketebalan pipa habis atau nol berdasarkan hasil laju korosi adalah sebagai berikut:

$$RSL = \frac{T_{Actual}}{CR} \quad (2)$$

Dimana:

RSL = Sisa umur pakai pipa (tahun)

CR = Laju Korosi (*Corrosion Rate*) (mm/tahun)

T_{Actual} = Tebal pipa pada saat inspeksi (mm)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Penyebab Korosi pada Pipa Baja Galvanis PDAM Bengkalis

Air

Air yang terdapat di waduk PDAM Bengkalis adalah air gambut, dimana mengandung senyawa organik terlarut yang menyebabkan air menjadi berwarna dan

bersifat asam. Senyawa organik tersebut adalah asam humus yang dimana senyawa organik dengan berat molekul tinggi dan berwarna coklat sampai kehitaman. Air gambut ini selain memiliki intensitas warna yang tinggi juga memiliki nilai pH yang rendah yaitu 4 berdasarkan sumber dari PDAM Bengkalis, sehingga membuat sifat air menjadi asam dan terjadinya korosi pada pipa Intake tersebut.

Sistem Pemasangan Pompa

Sistem yang digunakan adalah sistem pemasangan pompa negatif, dimana harus menyedot air dari bawah dan mendorong keluar, hal ini bisa menimbulkan gelembung-gelembung didalam pipa dan menyebabkan korosi karena adanya ruang udara.

Kapasitas Pompa dengan Jaringan Pengantar

Hal ini harus diperhatikan ketika ingin melakukan proses penyaluran air dari waduk menuju ke penampungan produksi, karena dengan kapasitas pompa yang tidak sesuai dengan jaringan pengantar bisa menyebabkan terjadinya gesekan air pada pipa yang semakin cepat, dan timbul korosi pada pipa.

Belokan (*Elbow*)

Adanya turbulensi pada pipa saat melakukan *elbow* pipa dan meninggalkan tegangan sisa, dimana tegangan sisa bisa menyebabkan terjadinya korosi jika ada hambatan air secara terus menerus mengalir.

Temperatur

Temperatur mempengaruhi kecepatan reaksi redoks pada peristiwa korosi. Secara umum, semakin tinggi temperatur maka semakin cepat terjadi korosi. Hal ini disebabkan dengan meningkatnya temperatur maka meningkat pula energi kinetik partikel sehingga kemungkinan terjadinya tumbukan efektif pada reaksi redoks dan semakin besar efek korosi yang disebabkan oleh pengaruh temperatur.

Reaksi Pengaratan

Terjadinya korosi secara kimia karena bereaksi antara besi, air, dan udara, sehingga dengan waktu lama akan timbul proses pengaratan atau korosi.



3.2. Pengendalian Korosi pada Pipa Baja Galvanis PDAM Bengkulu

Pemeriksaan Sistem Pemasangan Pompa

Pada saat melakukan pemasangan pompa diharapkan menggunakan sistem positif, dimana pompa hanya bekerja 1 kali, dan tidak ada beban yang lebih dari pompa, supaya kerja pompa jadi maksimal.

Pemeriksaan Kapasitas Pompa

Sering terjadinya korosi diakibatkan dari ketidaksesuaian antara kapasitas pompa dan jaringan pengantarnya, sebagai contoh, pompa yang berkapasitas kecepatan 30 L/det harus menggunakan jaringan pipa berdiameter 8 inchi supaya tidak adanya gesekan yang berlebih terhadap pipa sehingga dapat memperlambat terjadinya korosi.

Pemeriksaan Penyambungan Pipa

Pada saat proses penyambungan pipa harus diperhatikan baik dari flange, baut-baut, serta karet alas, juga diharapkan diameter pipa yang digunakan sesuai, karena jika tidak sesuai diameternya juga akan menghambat penyaluran air, karena ada hambatan air yang kuat dan butuh jaringan pipa yang sesuai kapasitas.

Pemeriksaan Penyambungan Reducer Pipa

Pada saat ingin menggunakan reducer harus memperhatikan ukuran yang digunakan, jangan terlalu kecil, karena akan menyebabkan gesekan yang kuat apabila tidak sesuai dengan kapasitas pompa dan jaringan pipa.

Pemberian Zat *Inhibitor*

Inhibitor adalah suatu zat kimia yang apabila ditambahkan / dimasukkan dalam jumlah sedikit kedalam suatu zat karbon (lingkungan yang korosif), dapat secara efektif memperlambat atau mengurangi laju pengkaratan yang ada. Sistem kerja dari inhibitor adalah dengan cara membentuk lapisan pelindung pada permukaan metal. Lapisan molekul pertama yang terbentuk mempunyai ikatan yang sangat kuat yang disebut chemisorption. Corrosion inhibitor umumnya berbentuk fluida atau cairan yang diinjeksikan pada production line. Karena inhibitor tersebut merupakan masalah yang penting dalam menangani korosi.

Melakukan Perawatan

Untuk menjaga ketahanan dari jaringan pipa-pipa PDAM Bengkulu ini perlu penerapan pemeriksaan dan perawatan yang rutin agar segala aktivitas dari pipa bisa terkendali dengan baik, adapun bentuk penerapan perawatan yang harus dilakukan adalah:

Perawatan Preventif

Sebelum terjadinya pengkaratan yang cepat maka perlu dilakukan inspeksi dan perbaikan kecil pada jaringan pipa-pipa tersebut.

Perawatan Prediktif

Melakukan pemeriksaan terhadap jaringan pipa-pipa yang rawan terjadinya kebocoran akibat korosi.

Perawatan Korektif

Jika terjadi kebocoran pada pipa maka segera ditangani sesuai dengan standart yang telah diterapkan oleh perusahaan.

3.3. Jenis Korosi yang terjadi pada Pipa Galvanis PDAM Bengkalis

Dari beberapa jenis korosi yang diketahui bahwa pada pipa baja Galvanis PDAM Bengkalis ini mengalami beberapa jenis korosi antara lain:

Korosi Merata

Korosi merata merupakan jenis korosi yang terjadi secara keseluruhan permukaan pipa, oleh karena itu pada pipa yang mengalami korosi merata akan mengakibatkan terjadinya pengurangan ketebalan material baja pipa yang relatif besar per satuan waktu. Kerugian langsung akibat korosi merata berupa kehilangan kekuatan dan sifat fisik pipa karena ketebalan pipa yang semakin berkurang. Korosi jenis ini adalah jenis korosi yang paling merugikan karena akan mengakibatkan tingginya biaya perawatan pipa.

Pencegahan jenis korosi merata ini adalah:

- Menggunakan lapisan pelindung atau *coating* diseluruh bagian pipa.
- Melakukan proses galvanis dengan cara melapisi pipa dengan lapisan yang lebih tahan terhadap korosi.
- Melindungi pipa dari genangan air yaitu dengan meletakkan pipa di atas permukaan tanah.
- Menggunakan proteksi katodik pada pipa.

Korosi Celah

Korosi celah adalah korosi yang terjadi pada celah diantara dua bagian komponen logam, proses terjadinya korosi celah ini adalah dengan terjadi korosi merata diseluruh bagian luar dan dalam pipa, sehingga terjadi peristiwa oksidasi logam dan proses reduksi oksigen. Jenis korosi ini tidak tampak dari luar pipa dan sangat merusak pada pipa. Jenis korosi ini kering didapati pada sambungan kurang kedap, salah satu penyebab korosi ini adalah adanya lubang yang bocor pada gasket, lap joint, serta endapan yang berada pada pipa.

Pencegahan jenis korosi celah adalah:

- Celah atau sambungan ditutup dengan proses pengelasan yang baik dan tidak terdapat lubang.
- Proses pemeriksaan sambungan pipa harus diperiksa dan dibersihkan secara teratur,

terutama pada sambungan-sambungan pipa dengan kondisi yang rawan.

- Hindari pemakaian packing yang bersifat higroskopis.
- Menggunakan gasket dan absorbent berbahan teflon jika memungkinkan.
- Pada desain saluran pipa perlu dihindari adanya lengkungan-lengkungan dengan belokan yang sangat tajam.

Korosi Erosi

Korosi erosi merupakan korosi yang terjadi pada permukaan logam pipa yang di akibatkan oleh aliran fluida yang sangat cepat dan memiliki tekanan pipa yang tinggi sehingga merusak permukaan logam dan lapisan pelindung atau coating pipa. Proses jenis korosi erosi ini terutama terjadi pada lengkungan atau *elbow* pada pipa dikarenakan adanya aliran turbulen pada pipa. Mekanisme pembentukan korosi erosi adalah aliran fluida yang melewati pipa dengan tekanan yang tinggi akan mengakibatkan adanya benturan antara aliran fluida terhadap bagian permukaan pipa, jika proses ini berlangsung secara terus menerus dan dalam jangka waktu yang lama maka akan mengakibatkan terjadinya korosi erosi dan lapisan pipa akan menipis dikarenakan gesekan yang terus menerus dengan material fluida yang terjadi pada bagian dalam pipa.

Pencegahan jenis korosi erosi:

- Bila memungkinkan, kurangi kecepatan aliran fluida untuk mengurangi turbulensi dan tumbukan yang berlebihan dalam pipa.
- Menggunakan komponen pipa yang halus dan rapi pengerjaannya, hal ini bertujuan mengurangi tumbukan pada bagian dalam pipa dan mengurangi terjadinya aliran turbulensi dalam pipa.
- Menggunakan paduan logam yang lebih tahan korosi dan erosi.
- Penambahan inhibitor atau passivator pada pipa.
- Proteksi katodik pada pipa

Analisis Data

Setelah mendapatkan hasil pengujian Ultrasonic Thickness Gauge maka tahapan selanjutnya adalah melakukan perhitungan analisis data untuk menentukan laju korosi dan

sisa umur pakai dari pipa Galvanis tersebut dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

Rumus Perhitungan Laju Korosi:

$$CR = \frac{T_{Nominal} - T_{Actual}}{\text{Umur Pipa}}$$

Keterangan:

Corrosion Rate (CR) : Laju korosi (mm/tahun).

Thickness Nominal (T_N): Ketebalan awal pipa pada saat pemasangan (mm).

Thickness Actual (T_A) : Ketebalan pipa pada saat melakukan inspeksi (mm).

Umur Pipa : Dari saat pemasangan hingga inspeksi (tahun).

Rumus Perhitungan Sisa Umur Pakai Pipa jika dianggap ketebalan pipa habis atau nol berdasarkan hasil nilai laju korosi:

$$RSL = \frac{T_{Actual}}{CR}$$

Keterangan:

Remaining Service Life (RSL) : Sisa umur pakai pipa (tahun).

Thickness Actual (T_A) : Ketebalan pipa pada saat melakukan inspeksi (mm).

Corrosion Rate (CR) : Laju korosi (mm/tahun).

Dari hasil yang telah didapatkan pada saat melakukan pengujian menggunakan Ultrasonic Thickness Gauge maka dapat dihitung laju korosi dan sisa umur pakai sebagai berikut:

$$T_A = \frac{6.48 + 6.60 + 6.61 + 6.49 + 6.28 + 6.36 + 6.95 + 5.81 + 6.41 + 6.61}{10} = 6.46$$

Diketahui:

$T_{Nominal}$ = 8.18 mm
 T_{Actual} = 6.46 mm
 Umur Pipa = 2019-2012 = 7 tahun
 Ditanya = Laju Korosi (CR) ?
 Jawab =

$$CR = \frac{T_{Nominal} - T_{Actual}}{\text{Umur Pipa}}$$

$$= \frac{8.18 \text{ mm} - 6.46 \text{ mm}}{7 \text{ Tahun}}$$

$$= \frac{1.72 \text{ mm}}{7 \text{ Tahun}} = 0.245 \text{ mm/tahun}$$

Sisa umur pakai (RSL) pipa galvanis jika dianggap ketebalan pipa habis atau nol berdasarkan hasil di atas adalah sebagai berikut:

$$RSL = \frac{T_{Actual}}{CR}$$

$$RSL = \frac{6.46 \text{ mm}}{0.245 \text{ mm/tahun}}$$

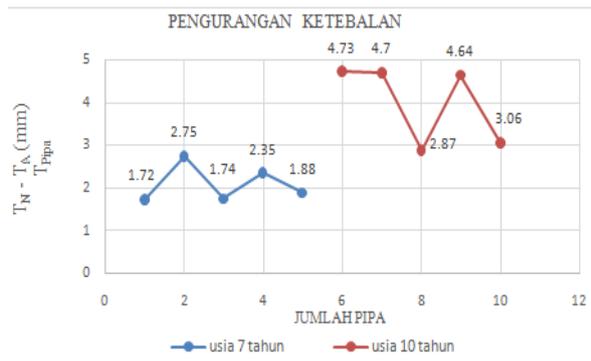
$$RSL = 26.4 \text{ tahun}$$

Laju Korosi dan Sisa Umur Pakai Pipa Intake dan Jalur Lurus PDAM Bengkalis

Tabel 1. Laju Korosi dan Sisa Umur Pakai Pipa PDAM Bengkalis

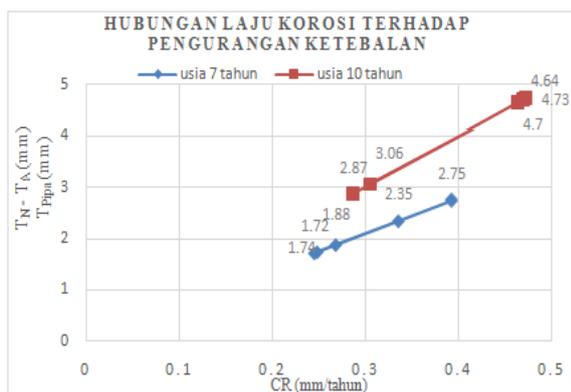
Bagian	Tebal Initial (mm)	Tebal Actual (mm)	Pengurangan Ketebalan (mm)	Laju Korosi (mm/tahun)	RSL (tahun)
1, zona A	8.18	6.46	1.72	0.245	26.4
2, zona A	8.18	5.43	2.75	0.392	13.9
3, zona A	8.18	6.44	1.74	0.248	25.9
4, zona B	8.18	5.83	2.35	0.335	17.4
5, zona B	8.18	6.30	1.88	0.268	23.5
6, zona C	9.27	4.54	4.73	0.473	9.6
7, zona C	9.27	4.57	4.7	0.470	9.8
8, zona C	9.27	6.40	2.87	0.287	22.3
9, zona C	9.27	4.63	4.64	0.464	9.9
10, zona C	9.27	6.21	3.06	0.306	20.3

Berdasarkan hasil dari kegiatan inspeksi pada pipa Galvanis PDAM tersebut bahwa ditemukan perbedaan usia pipa, pada bagian Intake ukuran 6 inch sudah berjalan 7 tahun masa produksinya, sedangkan pada pipa jalur lurus ukuran 10 inch itu sudah berusia 10 tahun masa produksinya. Dengan usia yang cukup lama dapat diketahui bahwa pipa transportasi tersebut sudah mengalami pengurangan ketebalan dari tebal nominal pipa ini, hal tersebut dikarenakan terjadinya degradasi logam atau korosi pada pipa galvanis tersebut.



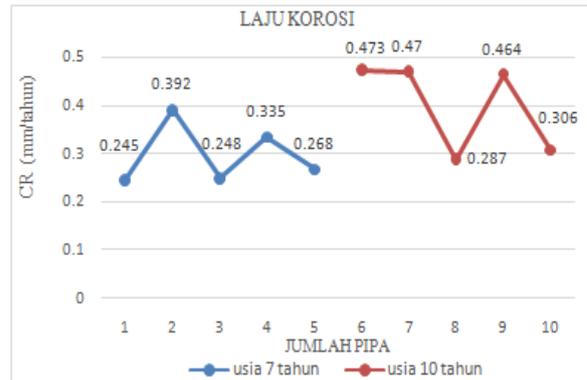
Gambar 1. Grafik Pengurangan Ketebalan pada pipa baja Galvanis PDAM Bengkulu

Berdasarkan pada gambar di atas bahwa pada pipa Intake telah terjadi pengurangan ketebalan berkisar antara 1,74 mm – 2,75 mm selama 7 tahun beroperasi, sedangkan pada pipa jalur lurus telah terjadi pengurangan ketebalan cukup besar berkisar antara 2,87 mm – 4,73 mm selama 10 tahun beroperasi. Di samping itu pengurangan ketebalan yang terbesar dari pipa 6 inch ini berada pada bagian 2 zona A dengan nilai pengurangan ketebalan sebesar 2,75 mm. Karena posisinya berada di *elbow* pipa sehingga korosi sangat rentan terjadi dan banyak faktor yang mempengaruhinya serta menyebabkan korosi yang cepat. Untuk pipa 10 inch pengurangan ketebalan yang terbesar berada pada bagian 6 zona C dengan nilai pengurangan ketebalannya sebesar 4,73 mm. Hal ini disebabkan oleh faktor *Internal* dan faktor *Eksternal*.



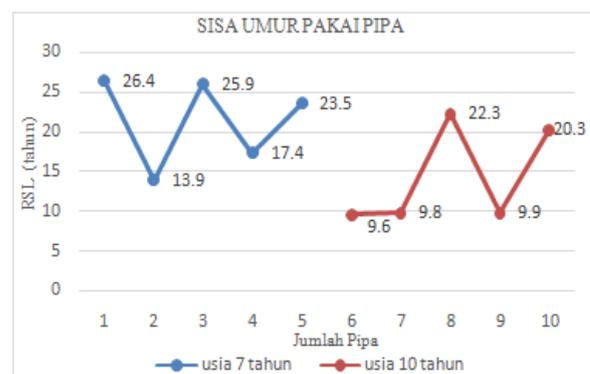
Gambar 2. Grafik hubungan laju korosi terhadap pengurangan ketebalan pipa

Berdasarkan gambar di atas bahwa dapat dikatakan pengurangan ketebalan akan selalu berbanding lurus dengan tingginya laju korosi yang terjadi. Semakin tinggi pengurangan ketebalan yang terjadi maka laju korosi akan semakin tinggi.



Gambar 3. Grafik hubungan laju korosi

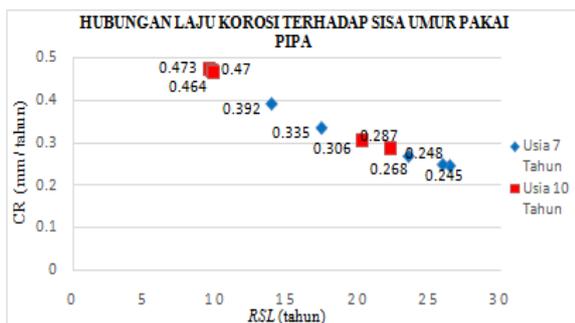
Berdasarkan gambar di atas dapat diketahui laju korosi yang tertinggi pada pipa 6 inch setelah 7 tahun digunakan adalah sebesar 0,392 mm/tahun pada pipa bagian 2 zona A, pada bagian ini tepat pada *elbow* pipa memiliki laju korosi tertinggi karena pada bagian *elbow* sangat memungkinkan adanya pengendapan oleh unsur-unsur korosif, hal ini dikarenakan adanya turbulensi atau tegangan sisa sehingga menimbulkan korosi yang cukup tinggi. Sedangkan untuk pipa 10 inch laju korosi yang tertinggi setelah 10 tahun digunakan adalah sebesar 0,473 mm/tahun pada bagian 6 zona C. Pada bagian ini terdapat adanya pertukaran diameter pipa sehingga menimbulkan hampa udara di dalam pipa tersebut hingga bisa mempercepat laju korosi.



Gambar 4. Grafik sisa umur pakai pipa (RSL)

Berdasarkan hasil perhitungan dijelaskan bahwa untuk menentukan sisa umur pakai itu berdasarkan proses laju korosi yang terjadi pada pipa itu sendiri, sehingga pada saat menentukan perhitungan sisa umur pakai pipa dibuat dengan menganggap bahwa pipa tersebut akan bernilai 0 atau habis dipakai. Adapun pada pipa 6 inch sisa umur pakai yang terendah adalah 13,9 tahun yaitu pada pipa

bagian 2 zona A, dan sisa umur pakai yang tertinggi adalah 26,4 tahun yaitu pada pipa bagian 1 zona A. Sedangkan pada pipa 10 inch sisa umur pakai yang terendah adalah 9,6 tahun yaitu pada pipa bagian 6 zona C, dan sisa umur pakai yang tertinggi adalah 22,3 tahun yaitu pada pipa bagian 8 zona C. Dari sisa umur pakai pipa antara pipa berukuran 6 inch dan pipa berukuran 10 inch dapat dilihat bahwa pada pipa 10 inch lebih rendah sisa umur pakainya di dibandingkan dengan pipa 6 inch, ini dikarenakan perbedaan usia pakai terlebih dahulu.



Gambar 5. Grafik hubungan laju korosi terhadap sisa umur pakai

Berdasarkan gambar 5 bahwa dapat dilihat jika semakin tinggi laju korosi yang dialami pada pipa maka sisa umur pakai pipa akan semakin rendah, dapat dikatakan bahwa nilai laju korosi berbanding terbalik dengan sisa umur pakai pipa. Oleh karena itu melakukan pengecekan atau inspeksi sangat diperlukan untuk membantu memperlambat proses korosi, karena jika laju korosi sangat tinggi maka sisa umur pakai pipa tidak akan sesuai dengan perencanaan awal yang sudah ditetapkan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pada bab sebelumnya dapat disimpulkan sebagai berikut:

Korosi pada pipa baja galvanis PDAM Bengkalis tersebut dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu eksternal dan internal. Penyebab selanjutnya adalah sistem pemasangan pompa yang kurang tepat, kapasitas pompa dan jaringan pengantar yang tidak sesuai, belokan

atau *elbow* yang masih memiliki tegangan sisa, dan diameter pipa yang tidak sesuai.

Adapun jenis korosi yang terjadi pada pipa intake pompa PDAM terdapat 3 jenis yaitu korosi merata, korosi celah dan korosi erosi.

Berdasarkan hasil pengujian dan dilakukan analisis perhitungan laju korosi pipa intake di PDAM Bengkalis pada zona A adalah 0.245 mm/tahun, 0.392 mm/tahun, dan 0.248 mm/tahun. Pada zona B laju korosi yang terjadi sebesar 0.335 mm/tahun dan 0.268 mm/tahun. Pada zona C merupakan pipa jalur lurus dengan laju korosi 0.473 mm/tahun, 0.470 mm/tahun, 0.287 mm/tahun, 0.464 mm/tahun, dan 0.306 mm/tahun.

Adapun sisa umur pakai pipa intake PDAM Bengkalis berdasarkan hasil dari perhitungan laju korosi dan jika dianggap nilai ketebalan pipa habis atau nol, maka nilai sisa umur pakai pipa pada zona A adalah lebih kurang 26.4 tahun, 13.9 tahun dan 25.9 tahun. Untuk zona B adalah sebesar 17.4 tahun dan 23.5 tahun. Untuk pipa jalur lurus pada zona C sisa umur pakai pipa adalah 9.6 tahun, 9.8 tahun, 22.3 tahun, 9.9 tahun dan 20.3 tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jones, Denny A., *Principales And Prevention Of Corrosion*. Sydney: Prentice Hall, 1996.
- [2] Antaki, George A., *Piping and Pipeline Engineering*, New York: Taylor & Francis, 2003.
- [3] Ellenberger, J. Philip, *Piping and Pipeline Calculations Manual*, Burlington: Elsevier Inc, 2010.
- [4] Nayyar, Mohinder L., *Piping Handbook 7th Edition*, New York: McGraw-Hill, 2000.
- [5] American Society of Mechanical Engineers, *ASME B31 Pressure Piping*, New York: ASME International; 2018.
- [6] Sari T. S., & Athanasius P. B., Analisa pembentukan kerak di dalam pipa PDAM Semarang. *Jurnal Teknik Mesin S-1*. 2015: 3(1): 65-74.
- [7] Sulistyono W., & Athanasius P.B., Analisa korosi dan erosi di dalam pipa PDAM Semarang. *Jurnal Teknik Mesin S-1*. 2014: 2(3): 354-363.
- [8] Sularso, Tahara, H., *Pompa dan Kompresor - Pemilihan, Pemakaian, dan Pemeliharaan*. Bandung: Pradnya Paramita, 2000.