

Remaining Service Life Struktur Conveyor C pada Tambang Batubara PT XYZ di Kabupaten Kotabaru, Provinsi Kalimantan Selatan

Muhammad Ikbal*, Elfida Moralista, Noor Fauzi Isnarno

Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*tugasikbal@gmail.com,
noor.fauzi.isniarno@gmail.com

elfidamoralista95@gmail.com,

Abstract. The structure of the conveyor is made of steel which is subject to corrosion. The disadvantage of corrosion is that it results in a reduction in the thickness of the conveyor structure. Therefore, it is necessary to control and monitor corrosion on the conveyor structure to be observed, so that corrosion can be controlled. The purpose of this research is to determine the type of corrosion, corrosion rate, remaining service life, and control methods. The methodology used in this study is measuring the thickness reduction of the conveyor structure. This research was conducted on a conveyor structure of 90 meters above ground level. Measurement of the thickness of the conveyor structure using the Ultrasonic Thickness Gauge TT 130 at 25 observation points. The environmental conditions in the research area are the air temperature in the range of 25,8 oC-27,9oC, while the rainfall with an average range of 9.2 mm-479.2 mm. The type of corrosion that occurs in the conveyor structure is uniform corrosion. In controlling this corrosion using a coating method with Seaguard 5000 primer coating, Sherglass FF intermediate coating, and aliphatic acrylic modified polyurethane top coating. The corrosion rate of the conveyor structure ranges from 0.1733-0.3000 mm/year which is included in the good category based on the relative corrosion resistance of steel. Meanwhile, the remaining service life of the conveyor structure ranges from 8.10-11.43 years. The service life of the conveyor structure is 6 years, while the design life is 15 years. Based on the calculation of the remaining service life of the conveyor structure at 25 observation points, the percentage of 36.00% is predicted to be below the design life.

Keywords: *Structure Conveyor, Coating, Corrosion Rate.*

Abstrak. Struktur conveyor terbuat dari baja yang dapat mengalami korosi. Kerugian terjadinya korosi yaitu mengakibatkan pengurangan ketebalan struktur conveyor. Oleh karena itu, diperlukannya pengendalian serta monitoring korosi pada struktur conveyor yang akan diamati, sehingga korosi dapat dikendalikan. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui jenis korosi, laju korosi, sisa umur pakai, dan metoda pengendaliannya. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pengukuran pengurangan ketebalan struktur conveyor. Penelitian ini dilakukan pada struktur conveyor sepanjang 90 meter yang berada di atas permukaan tanah. Pengukuran ketebalan struktur conveyor menggunakan alat Ultrasonic Thickness Gauge TT 130 pada 25 test point. Kondisi lingkungan di daerah penelitian yaitu temperatur udara kisaran 25,8 oC-27,9oC, sedangkan curah hujan dengan rata-rata kisaran 9,2 mm-479,2 mm. Jenis korosi yang terjadi pada struktur conveyor adalah korosi merata. Dalam pengendalian korosi ini menggunakan metoda coating dengan primer coating Seaguard 5000, intermediate coating Sherglass FF, dan top coating aliphatic acrylic modified polyurethane. Laju korosi struktur conveyor berkisar antara 0,1733-0,3000 mm/tahun termasuk ke dalam kategori good berdasarkan ketahanan korosi relatif baja. Sedangkan sisa umur pakai struktur conveyor berkisar antara 8,10-11,43 tahun. Umur pakai struktur conveyor yaitu 6 tahun, sedangkan umur desainnya 15 tahun. Berdasarkan dari hasil perhitungan sisa umur pakai struktur conveyor pada 25 test point, didapatkan persentase sebesar 36,00% yang diprediksi di bawah umur desainnya.

Kata Kunci: *Struktur Conveyor, Coating, Tingkat Korosi.*

A. Pendahuluan

Penggunaan logam dalam perkembangan teknologi dan industri sebagai salah satu material penunjang sangat besar peranannya, akan tetapi dalam kehidupan sehari-hari banyak faktor yang menyebabkan daya guna logam ini menurun. Salah satu penyebab hal tersebut adalah terjadinya korosi pada logam.

Korosi merupakan suatu kerusakan yang dihasilkan dari reaksi kimia antara sebuah logam atau logam paduan dan didalam suatu lingkungan. Fenomena korosi merupakan reaksi kimia yang dihasilkan dari dua reaksi setengah sel yang melibatkan elektron sehingga menghasilkan suatu reaksi elektrokimia (Alfin, 2011). Lingkungan sekelilingnya dapat berupa lingkungan asam, udara, embun, air tawar, air laut, air danau, air sungai dan air tanah. Sedangkan, conveyor sendiri merupakan salah satu alat angkut raw material yang paling banyak dipakai di industri pertambangan yang digunakan untuk memindahkan material bahan bagian dari tempat sebelumnya ke tempatnya selanjutnya agar memudahkan dalam proses pemindahannya.

Adapun sebagian besar pengolahan menggunakan bahan dasar untuk conveyor yang berasal dari logam, karena dilihat dari keekonomian yang lebih diperhatikan. Disamping itu banyak masalah yang timbul yang diakibatkan dan salah satunya masalah karatan atau korosi yang timbul dari conveyor tersebut yang dapat menghambat dalam proses berjalannya proses pengolahan. Produk korosi sangat berhubungan dengan laju korosi dan sisa umur pakai yang terjadi pada suatu material, semakin tinggi laju korosi pada suatu material semakin rendah nilai sisa umur pakai material tersebut. Hal yang dapat dilakukan untuk meningkatkan umur pakai adalah dengan pengendalian korosi, pengecekan berkala dan pemeliharaan sebagai upaya untuk mengurangi kerugian yang diakibatkan oleh korosi. Maka dari itu, diperlukan adanya kajian mengenai korosi pada struktur conveyor sehingga sisa umur pakai pada struktur conveyor tersebut dapat mencapai umur desainnya.

B. Metodologi Penelitian

Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data pada penelitian ini dibagi menjadi 2 metode, yaitu:

1. Data Primer yang meliputi data dari umur desain struktur conveyor 15 tahun, umur pakai struktur conveyor 6 tahun dan tebal nominal serta tebal aktual struktur conveyor
2. Data Sekunder data yang diambil meliputi data dari hasil penelitian lokasi penelitian seperti data curah hujan, suhu udara dan kelembaban relatif yang didapatkan dari Badan Pusat Statistik daerah kegiatan penelitian, serta data spesifikasi coating berdasarkan American Society for Testing and Materials (ASTM), data komposisi kimia dari material struktur suatu conveyor.

Teknik Pengolahan Data

Dalam menentukan laju korosi dan sisa umur pakai struktur conveyor, data yang diperlukan dalam pengolahan ini, yaitu: umur pakai struktur conveyor, tebal nominal struktur conveyor, tebal aktual struktur conveyor dan rumus-rumus pada API 570.

Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan secara komparatif antara laju korosi (Corrosion Rate/CR) terhadap ketahanan korosi relatif baja. Kemudian dilakukan juga analisis komparatif antara sisa umur pakai (Remaining Service Life/RSL) conveyor terhadap umur desain conveyor.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

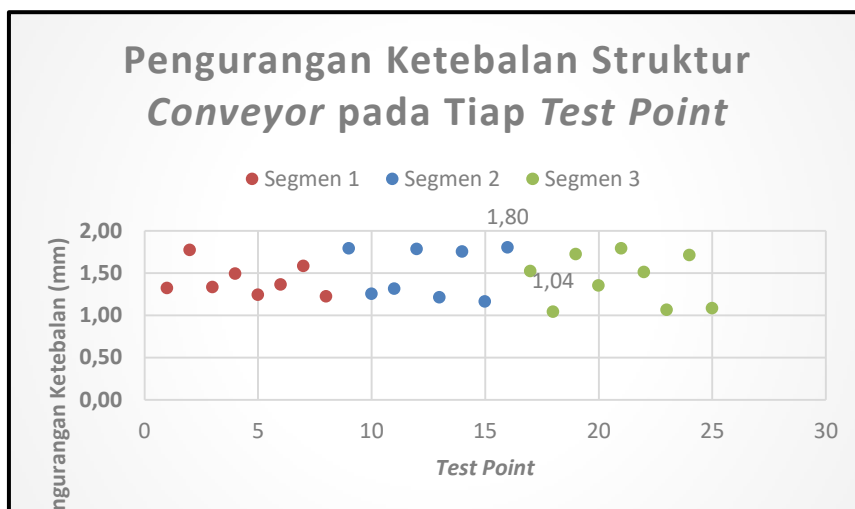
Jenis korosi yang terjadi pada struktur Conveyor C dapat dikatakan korosi merata (uniform Corrosion) mengapa dinamakan demikian dikarenakan pengurangan ketebalan pada setiap test point terjadi antara kisaran 1,04- 1,80 mm yang dimana hasil ini menunjukkan hasil yang hampir merata pada setiap test point struktur conveyor Tersebut. Korosi yang terjadi pada struktur Conveyor tersebut dipengaruhi atau diakibatkan oleh adanya faktor eksternal luar lingkungan antara lain seperti faktor curah hujan didalam lokasi Conveyor daerah penelitian.

adapun kategori curah hujan yang terdapat pada lokasi daerah penelitian Conveyor C termasuk kedalam curah hujan yang sedang dengan rata rata curah hujan terbesar pada tahun 2020 sebesar 292,08mm /tahun, lalu untuk kategori temperatur suhu tertinggi tahun 2020 sebesar 27,53°C/tahun dan untuk kelembapan tertinggi tahun 2021 sebesar 86,75%/tahun. Dengan melihat data yang tersedia kondisi eksternal daerah penelitian akan sangat berpengaruh aktif didalam terjadinya proses kimia diantara permukaan logam yang terdapat pada struktur Conveyor daerah penelitian. Kemudian, berdasarkan data tebal aktual dan data tebal nominal yang dapat dilihat pada data tersebut

Faktor dari batubara daerah penelitian yang banyak mengandung sulfur akan sangat berpengaruh terhadap laju korosi yang terjadi pada struktur conveyor yang dimana batubara daerah penelitian masuk kedalam anak dari cekungan pasir dan juga bagian dari cekungan kutai anak asam-asam bagian dari cekungan barito mangkalihat di bagian selatan cekungan kutai dengan banyak cekungan-cekungan asam yang dimana daerah ini akan menghasilkan batubara yang memiliki kandungan sulfur yang begitu tinggi yang akan berdampak didalam proses pengkaratan di struktur conveyor.

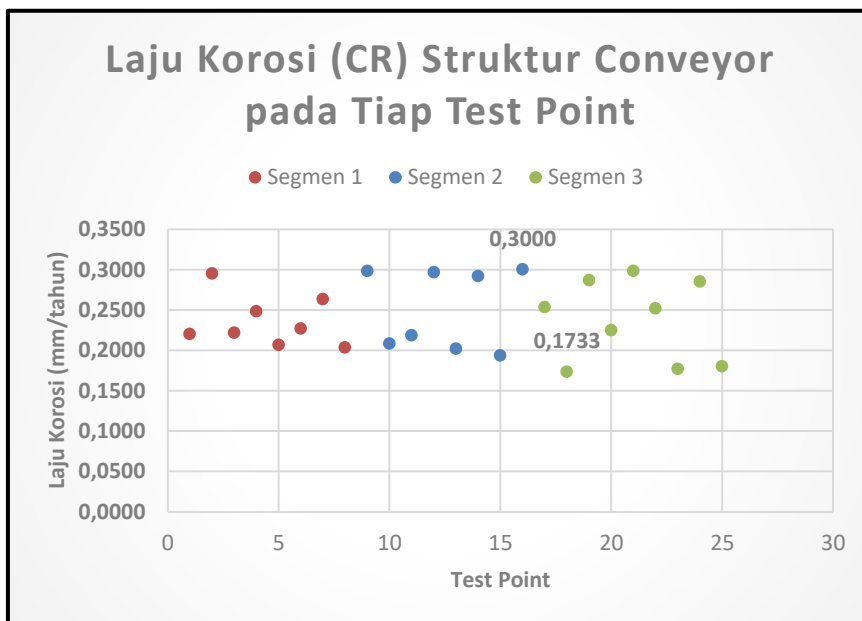
Metoda pengendalian korosi yang diaplikasikan pada struktur conveyor ini dilakukan secara eksternal. Pengendalian korosi untuk mencegah terjadinya korosi secara eksternal dilakukan dengan menggunakan metoda coating atau pelapis. Metoda coating tersebut terbuat dari bahan organik dan anorganik dalam bentuk cair maupun padat. Penggunaan metoda coating ini dinilai cukup efektif, karena mudah untuk diaplikasikan baik sebelum konstruksi terpasang maupun setelah konstruksi selesai. Pengaplikasian coating dilakukan dengan primer coating menggunakan Seaguard 5000 yang berfungsi sebagai base coat atau lapisan dasar, intermediate coating menggunakan Sherglass FF yang berfungsi sebagai lapisan kedua yang dapat ditambahkan pada lapisan dasar, dan top coating menggunakan Aliphatic acrylic modified polyurethane sebagai finish coat atau lapisan akhir dalam melapisi material yang mengalami korosi sebagai bentuk dari pengendalian korosi dengan metoda coating.

Berdasarkan data yang telah didapatkan yakni tebal aktual, bahwa pada struktur conveyor ini mengalami pengurangan ketebalan yang disebabkan oleh adanya korosi. Hal tersebut ditandai berdasarkan tebal aktual struktur conveyor yang memiliki nilai lebih rendah dibandingkan dengan tebal nominal struktur conveyor. Pengurangan ketebalan struktur conveyor ini dapat dipengaruhi oleh adanya laju korosi (Corrosion Rate/CR). Berdasarkan data ketebalan minimal (Thickness Required) yang telah dihitung memiliki nilai yang berbeda-beda, untuk pengurangan ketebalan struktur conveyor terendah terdapat pada test point 18 sebesar 1,04 mm, sedangkan pengurangan ketebalan struktur Conveyor tertinggi terdapat pada test point 16 sebesar 1,80 mm yang dapat dilihat pada Gambar 1. Data tebal aktual dan tebal nominal ini digunakan sebagai data utama untuk memperoleh nilai dari laju korosi (Corrosion Rate/CR) struktur conveyor.



Gambar 1. Grafik Pengurangan Ketebalan Struktur Conveyor pada Tiap Test Point

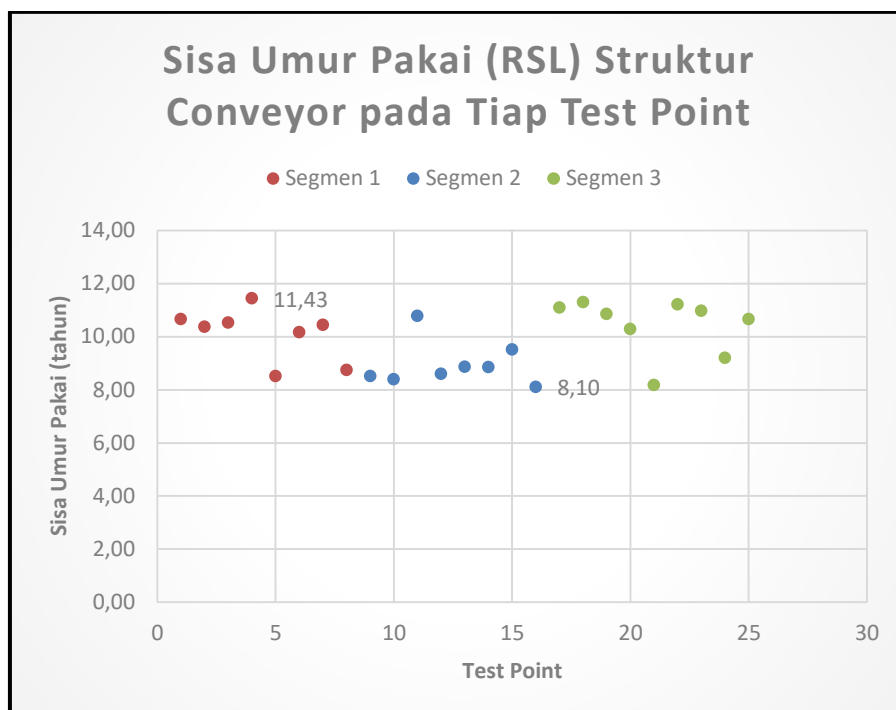
Hasil pengolahan data Corossion Rate yang didapatkan nilai Corossion Rate tertinggi berkisar 0,180–0,317 mm/tahun. Nilai dari Corrosion Rate tertinggi terdapat sebesar 0,317 mm/tahun terdapat pada test point 16 pada segmen 2 dan Corrosion Rate terendah sebesar 0,180 mm/tahun terdapat pada test point 23 segmen 3. Berdasarkan data hasil perhitungan Corossion Rate pada Struktur Conveyor C berkisar 0,1800–0,3167 mm/tahun tergolong kedalam range 0,1 hingga 0,5 mm/tahun yang dimana masuk kedalam parameter korosi relatif baja dan berkategori Baik (Good). Berikut ialah grafik Corrosion Rate pada Struktur Conveyor pada setiap Test Point yang terdapat pada Gambar 2



Gambar 2. Grafik Corrosion Rate Pada setiap *Test Point*

Proses korosi yang terjadi pada struktur conveyor dapat dipengaruhi oleh adanya faktor eksternal seperti faktor curah hujan, temperatur udara dan faktor dari kelembaban udara . Adapun curah hujan daerah penelitian tergolong kedalam curah hujan sedang dengan curah hujan rata-rata terendah sebesar 215,34 mm/tahun, temperatur udara rata rata terendah daerah penelitian sebesar 26,49°C/tahun dan juga kelembaban udara daerah penelitian tergolong tinggi dengan rata-rata terendah sebesar 81,75 %/tahun. Lalu bila melihat karakteristik batubara cekungan- cekungan kutai anak asam-asam yang akan menghasilkan kualitas kadar sulfur batubara yang tinggi dan juga kualitas dari pencoatingan yang kurang baik secara terus menerus akan menyebabkan Remaining Service Life Struktur Conveyor menjadi turun dan akan mengakibatkan conveyor tidak akan mencapai umur desainnya.

Umur desain struktur conveyor dalam proses pengoperasiannya yaitu 15 tahun. Pemasangan struktur conveyor ini dipasang dan dioperasikan sejak tahun 2014 dan masih beroperasi hingga tahun 2020, sehingga struktur conveyor tersebut telah berumur 6 tahun.



Gambar 3. Grafik *Remaining Service Life* pada Tiap Test Point

Berdasarkan dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, nilai sisa umur pakai (Remaining Service Life/RSL) struktur conveyor terendah terjadi pada test point 16 sebesar 8,10 tahun. Sedangkan untuk nilai sisa umur pakai (Remaining Service Life/RSL) struktur conveyor tertinggi terjadi pada test point sebesar 11,43 tahun, dapat dilihat pada Gambar 3. Nilai sisa umur pakai (Remaining Service Life/RSL) struktur conveyor ini tidak lain dipengaruhi oleh adanya tingkat laju korosi (Corrosion Rate/CR), berbeda halnya pengurangan ketebalan yang berbanding lurus dengan nilai laju korosi (Corrosion Rate/CR), nilai sisa umur pakai (Remaining Service Life/RSL) ini berbanding terbalik dengan nilai laju korosi. Semakin tinggi laju korosi (Corrosion Rate/CR) maka semakin rendah nilai sisa umur pakai (Remaining Service Life/RSL) dari struktur conveyor. Dapat dilihat dari nilai sisa umur pakai (Remaining Service Life/RSL) pada test point 8 sebesar 11,43 tahun dengan nilai laju korosi (Corrosion Rate/CR) sebesar 0,2483 mm/tahun, dapat dilihat pada Gambar 3.

Temperatur merupakan faktor penting dalam proses korosi, kenaikan temperatur akan mengakibatkan bertambahnya kecepatan laju korosi. Perubahan temperatur berpengaruh terhadap kelembaban relatif, tingginya kelembaban relatif menyebabkan lingkungan menjadi lembab. Kebanyakan logam seperti baja mengalami korosi apabila kelembaban relatif lebih dari 60%. Jika kelembaban lebih dari 80%, maka karat pada baja menjadi higroskopik (menyerap air) dan dengan demikian laju korosi akan meningkat lagi. Tingginya laju korosi akan mempengaruhi terhadap sisa umur pakai (RSL) struktur conveyor. Batubara yang ada di Kabupaten Kotabaru termasuk ke dalam jenis batubara sub-bituminous ditandai dengan batubara yang mengandung sedikit karbon dan banyak air. Unsur sulfur terdapat pada batubara dengan kadar bervariasi dari rendah (jauh di bawah 1%) sampai lebih dari 4%. Unsur ini terdapat dalam batubara dalam 3 bentuk yakni sulfur organik, pirit (FeS_2), dan sulfat (SO_2). Dari ketiga bentuk sulfur tersebut, sulfur organik dan sulfur pirit merupakan sumber utama emisi oksida sulfur. Kandungan sulfur yang dimiliki batubara biasanya dinyatakan dengan total sulfur (TS). Kandungan sulfur ini berpengaruh terhadap tingkat korosi sisi dingin yang terdapat di pemanas udara, terutama bila suhu kerja lebih rendah daripada titik embun sulfurnya.

Pengukuran data ketebalan struktur conveyor dengan menggunakan alat Smart Sensor Ultrasonic Thickness Gauge TT 130 yang bertujuan untuk mengetahui tebal aktual struktur

conveyor. Kegiatan tersebut dimaksudkan untuk mengetahui pengurangan ketebalan yang terjadi pada struktur conveyor akibat adanya korosi, dengan cara membandingkan tebal nominal dengan tebal aktual. Dalam melakukan pengukuran tebal aktual struktur conveyor, dilakukan dengan tahapan-tahapan berikut ini:

1. Melakukan verifikasi alat terlebih dahulu untuk memastikan alat berfungsi dengan baik.
2. Bersihkan Struktur permukaan pada conveyor yang akan di uji dari material material hasil transportasi yang dapat mengganggu aktivitas pengukuran.
3. Lakukan pengolesan grease pada permukaan conveyor uji.
4. Selanjutnya lakukan test probe pada permukaan conveyor yang diuji dengan cara menempelkan alat Ultrasonic Thickness Gauge TT130.
5. Lalu data dari hasil pengukuran menggunakan alat Ultrasonic Thickness Gauge TT130 akan muncul pada layar alat tersebut lalu catat hasil pengukuran tersebut.



Sumber: Anonim, 2019

Gambar 4. Smart Sensor Ultrasonic Thickness Gauge TT 130

Berdasarkan hasil pengukuran ketebalan struktur conveyor pada di setiap test point akan menghasilkan ketebalan struktur conveyor terendah yang akan menjadi data tebal aktual. Sehingga akan diperoleh laju korosi (Corrosion Rate/CR) dan sisa umur pakai (Remaining Service Life/RSL) struktur conveyor yang diteliti. Adapun hasil pengukuran ketebalan struktur conveyor dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tebal Nominal dan Tebal Aktual Struktur Conveyor

Segmen Conveyor	Test Point	Jenis Struktur	Tebal Nominal (mm)	Tebal Aktual (mm)
Segmen 1	1	Support Roller	11,00	9,68
		Column		
	2	a. flang	14,50	12,73
	3	b. web	11,00	9,67
		Girder		
	4	a. flang	13	11,51

	5	b. web	9	7,76
	6	Support Roller	11	9,64
		Girder		
	7	a. flang	13	11,42
	8	b. web	9	7,78
Segmen 2		Girder		
	9	a. flang	13	11,21
	10	b. web	9	7,75
	11	Support Roller	11	9,69
		Girder		
	12	a. flang	13	11,22
	13	b. web	9	7,79
		Girder		
	14	a. flang	13	11,25
	15	b. web	9	7,84
Segmen 3	16	Bracing	12,7	10,9
		Girder		
	17	a. flang	13	11,48
	18	b. web	9	7,96
		Column		
	19	a. flang	14,5	12,78
	20	b. web	11	9,65
	21	Bracing	12,7	10,91
		Girder		
	22	a. flang	13	11,49
	23	b. web	9	7,94
		Girder		
	24	a. flang	13	11,29
	25	b. web	9	7,92

Untuk memperoleh Thickness Required (Tr), laju korosi (Corrosion Rate/CR), serta sisa umur pakai (Remaining Service Life/RSL) struktur conveyor dilakukan berdasarkan standar API (American Petroleum Institute) 570 dan empiris. Data yang dibutuhkan dalam perhitungan yaitu umur pakai, tebal nominal, dan tebal aktual struktur conveyor. Berikut ini beberapa contoh perhitungan yang telah dilakukan berdasarkan pengukuran tebal aktual pada test point 1 pada struktur conveyor.

Tabel 2. Contoh Perhitungan pada *Test Point 1*

No	Parameter	Nilai
1	Umur Pakai Struktur <i>Conveyor</i> (Tahun)	6
2	Tebal Nominal (mm)	11,00
3	Tebal Aktual (mm)	9,68
4	Umur Desain Struktur <i>Conveyor</i> (Tahun)	15
5	<i>Thickness Required</i> (mm)	7,34

Berikut adalah hasil perhitungan Thickness Required (TR) struktur Conveyor pada test

point 1:

Lokasi: Segmen 1 Tespoint 1

Material: ASTM A36

Tebal Nominal (mm): 11,00 mm

Berdasarkan data diatas dapat dilakukan dengan perhitungan Thickness Required sebagai berikut.

Thickness Required: $0,667 \times \text{Tebal Nominal}$

Thickness Required: $0,667 \times 11,00 \text{ mm}$

Thickness Required: 7,34 mm

Sehingga dari data hasil perhitungan diatas, Struktur pada test point 1 memiliki nilai thickness required sebesar 7,34 mm. Berikut adalah hasil perhitungan Corrosion Rate (CR) Struktur Conveyor pada test point 1.

Lokasi: Struktur Conveyor A Flang (Segmen 3)

Material: ASTM A36

Tebal Nominal: 11 mm

Tebal Aktual: 9,68 mm

Umur Pakai (Tahun): 6 Tahun

Berdasarkan Data diatas dapat dilakukan dengan perhitungan Corrosion Rate sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Corrosion Rate} &= \frac{\text{Tebal Nominal} - \text{Tebal Aktual}}{\text{Umur Pakai}} = \frac{11.00 \text{ mm} - 9.68 \text{ mm}}{6 \text{ tahun}} \\ &= 0.22 \text{ mm/tahun} \end{aligned}$$

Sehingga dari hasil perhitungan di atas, pada test point 1 memiliki Corrosion Rate sebesar 0,2200 mm/tahun. Berikut merupakan hasil dari perhitungan Remaining Service Life (RSL) pada test point 1.

Lokasi: Struktur Conveyor A Flang (Segmen 3)

Material: ASTM A36

Thickness Required (mm): 7,34 mm

Tebal Aktual: 9,68 mm

Corrosion Rate (mm/tahun): 0,2200 mm/tahun

Berdasarkan data diatas dapat dilakukan perhitungan Remaining Service life Struktur Conveyor sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Remaining Service Life} &= \frac{\text{Tebal Aktual} - \text{Thickness Required}}{\text{Corrosion Rate}} = \frac{9.68 \text{ mm} - 7.34 \text{ mm}}{0.22 \text{ mm/tahun}} \\ &= 10.65 \text{ tahun} \end{aligned}$$

Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan diperoleh laju korosi (Corrosion Rate/CR) dari struktur conveyor yang diamati. Hasil dari perhitungan diketahui bahwa laju korosi (Corrosion Rate/CR) tertinggi yaitu pada test point 16 dengan laju korosinya sebesar 0,3000 mm/tahun dan laju korosi (Corrosion Rate/CR) terendah yaitu pada test point 18 dengan laju korosinya sebesar 0,1733 mm/tahun.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pengolahan data dan pembahasan dalam penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Jenis korosi yang terjadi pada struktur conveyor C merupakan korosi merata (uniform corrosion).
2. Metoda pengendalian korosi yang digunakan adalah coating atau pelapisan. Adapun pengaplikasian coating dilakukan dengan primer coating Seaguard 5000, intermediate coating Sherglass FF, dan top coating Aliphatic acrylic modified polyurethane.
3. Laju korosi (Corrosion Rate) struktur conveyor yaitu 0,1733-0,3000 mm/tahun dan berdasarkan ketahanan korosi relatif baja termasuk ke dalam kategori good. Sisa umur pakai (Remaining Service Life) struktur conveyor yaitu 8,10-11,43 tahun. Umur pakai struktur conveyor yaitu 6 tahun, sedangkan umur desainnya 15 tahun. Berdasarkan dari hasil perhitungan sisa umur pakai struktur conveyor pada 25 titik pengamatan,

didapatkan persentase sebesar 36,00% di bawah umur desainnya, sedangkan 64,00% di atas umur desainnya.

Acknowledge

1. Kedua orangtua yang sudah mendukung dalam mengerjakan skripsi ini baik secara moril maupun materil sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
2. Ibu Elfida. Moralista, S.Si., M.T. selaku Dosen pembimbing yang senantiasa sabar dalam membimbing, memberikan saran, memberikan masukan serta arahan-arahan yang baik sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Bapak Noor Fauzi Isniarno, S.Pd., S.Si., M.T. selaku dosen co-pembimbing yang senantiasa membimbing dan membantu penyusun dalam menyelesaikan skripsi.
4. Skripsi ini juga penyusun persembahkan untuk kawan seperjuangan yang telah membantu banyak secara langsung dalam pelaksanaan kegiatan skripsi ini.

Daftar Pustaka

- [1] Ahmad, 2017 "Faktor-Faktor yang mempengaruhi Korosi" Ahmadrozaki.my.id/2012/04/Faktor-Faktor-yang-mempengaruhi-korosi.html
- [2] Anonim, 2019, "Kabupaten Kotabaru Dalam Angka 2017", Badan Pusat Statistik Kabupaten Kotabaru, Kotabaru
- [3] Rifki Alghifari, Mohamad. 2021. Kajian Korosi Struktur Conveyor C Pada Tambang Batubara PT XYZ Di Kabupaten Bungo, Provinsi Jambi. Jurnal Riset Teknik Pertambangan, Volume 1 No. 1.
- [4] Arifin, Jaenal, Purwanto, Helmy, dan syafa'at, Imam, 2017 "Pengaruh Jenis Elektroda Terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan SWAM baja ASTM A36", Univesitas Wahid Hasyim Semarang, Semarang
- [5] ASM, Handbook. 1990. "Properties Aand Selection: Irons Steel and High Performace Alloy Vol 1", ASM International, The Materials Information Company
- [6] Fontana, Mars G, 1987 "Corrosion Engineering 3rd Edition" Mc Graw-Hill Book Company, Singapore
- [7] Franks M. Daniel, Boger V. David, Mulligan R. Davis. 2010 "Sustainable Development Principles for The Disposal of Mining and Mineral Processing Waste" Australia.
- [8] Gapsari, Femiana, 2017 "Pengantar Korosi" Malang. Universitas Brawijawa. UB Press Malang.
- [9] Groover, P, 2002, "Fundamentals of Modern Manufacturing" John Wiley & Sons, Inc, New Jersey.
- [10] Gupta, R, 2007 "Advanced Coal Characterization: a Review" Energy Fuels 21(2):451-460.
- [11] Jonnes, Danny A. 1991. "Principles And Prevention Of Corrosion " New York Machmillan Publishing Company
- [12] Moralista, Elfida, Zaenal, dan Chamid, Chusharini, 2005 "Studi Upaya Peningkatan Umur Pakai Konstruksi Bangunan Melalui Penghambatan Korosi Baja Tulangan Beton Dengan Menggunakan Inhibitor Korosi "Jurnal Penelitian dan Pengabdian (2 Juli – Desember 2005) ISSN: 1693-699X; P104 – 112, Universitan Islam Bandung, Bandung.