

## Remaining Service Life Struktur Conveyor B pada Tambang Batubara PT XYZ di Kabupaten Tanah Laut, Provinsi Kalimantan Selatan

Vaisal Gilang Adrian<sup>\*</sup>, Elfida Moralista, Noor Fauzi Isniarno

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

\*[vgilangadrian@gmail.com](mailto:vgilangadrian@gmail.com),  
[noor.fauzi.isniarno@gmail.com](mailto:noor.fauzi.isniarno@gmail.com)

[elfidamoralista95@gmail.com](mailto:elfidamoralista95@gmail.com),

**Abstract.** Material transportation activities in the mining industry require a tool that can move materials effectively, such as conveyor which made from carbon steel that are susceptible to oxidation due to environmental effect. The structure that made from carbon steel will occur the corrosion and the damage which will reduce the remaining useful life of the tools. The research was conducted with the aim of knowing the type of corrosion, corrosion control, and the remaining service life of the conveyor structure. The research methodology uses the method of reducing the thickness of the conveyor structure which is carried out with the help of the Ultrasonic Thickness Gauge TT 130. The research was conducted on a conveyor structure with a length of 90 meters which is divided into 3 segments with 25 test points. Corrosion that occurs in the conveyor structure is included in the type of prevalent corrosion. Corrosion control is carried out by the coating method where the primary coating is 5000 seaguard, the intermediate coating is with sherglass FF, and the top coating is with aliphatic acrylic modified polyurethane. The corrosion rate that occurs is in the range of 0.1650 mm/year – 0.3100 mm/year, based on the parameters of the relative corrosion resistance of steel, it is included in the good category. The remaining service life of the conveyor structure ranges from 5.96 years – 10.91 years, there are 8 test points or about 32% test points which are predicted to not reach the design life of 15 years.

**Keywords:** *Conveyor Structure, Carbon Steel, Coating.*

**Abstrak.** Kegiatan transportasi material dalam industri pertambangan menggunakan alat conveyor. Struktur conveyor berbahan dasar logam mengalami korosi akibat pengaruh lingkungan serta kerusakan yang akan menyebabkan sisa umur pakai menjadi rendah. Penelitian dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui jenis korosi, metode pengendalian korosi, dan sisa umur pakai dari struktur conveyor. Metodologi penelitian menggunakan metode pengurangan ketebalan struktur conveyor yang dilakukan dengan bantuan alat Ultrasonic Thickness Gauge TT 130 untuk mengukur tebal aktualnya. Penelitian dilakukan pada struktur conveyor dengan panjang 90 meter yang terbagi kedalam 3 segmen dengan 25 test point. Korosi yang terjadi pada struktur conveyor termasuk kedalam jenis korosi merata. Pengendalian korosi dilakukan dengan metode coating sistem 3 layer dimana primer coating menggunakan seaguard 5000, intermediate coating menggunakan sherglass FF, dan top coating menggunakan aliphatic acrylic modified polyurethane. Laju korosi yang terjadi berkisar antara 0,1650 mm/tahun – 0,3100 mm/tahun, berdasarkan parameter ketahanan korosi relatif baja maka termasuk ke dalam kategori baik (good). Umur pakai struktur conveyor adalah 8 tahun, dimana sisa umur pakai struktur conveyor berkisar antara 5,96 tahun – 10,91 tahun, sehingga terdapat 8 test point atau sekitar 32% test point yang diprediksi tidak dapat mencapai umur desainnya yaitu 15 tahun.

**Kata Kunci:** *Struktur Conveyor, Baja Karbon, Coating.*

## A. Pendahuluan

Seiring dengan perkembangan zaman, penggunaan teknologi dan juga kebutuhan akan sumber daya energi terus meningkat, begitu pun di Indonesia. Sebagai salah satu negara dengan keberadaan sumber daya energi yang cukup melimpah, pemanfaatan akan sumberdaya tersebut hendaknya dapat memenuhi kebutuhan akan energi, salah satunya adalah batubara. Dalam prosesnya, pemanfaatan batubara memerlukan kegiatan transportasi atau pemindahan material batubara dengan bantuan berbagai macam alat, salah satunya adalah conveyor.

Conveyor sendiri merupakan salah satu alat transportasi yang biasa digunakan dalam penambangan batubara untuk memindahkan suatu bahan galian dari suatu tempat ke tempat lainnya. Conveyor memiliki bahan dasar berupa logam, dimana pemilihan logam sebagai bahan conveyor didasari oleh sifat dan juga ketahanan material tersebut akan tekanan serta temperatur yang tinggi. Meski begitu, dalam pelaksanaannya penggunaan conveyor sebagai alat transportasi ini dapat terhambat oleh adanya korosi yang disebabkan karena terjadinya oksidasi antara struktur conveyor dengan lingkungannya.

Pengendalian korosi menjadi langkah yang sangat penting untuk dilakukan sebagai upaya pencegahan terjadinya korosi sehingga struktur conveyor tidak mudah rusak. Penelitian dilakukan dengan metode pengurangan ketebalan sebagai penentuan Corrosion Rate dan Remaining Service Life, diperlukan kajian akan korosi pada struktur conveyor batubara agar kegiatan transportasi dapat berjalan lancar.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, terdapat tujuan dalam penelitian ini diuraikan sebagai berikut:

1. Mengetahui jenis korosi yang terjadi pada struktur conveyor.
2. Mengetahui metode pengendalian korosi berupa coating yang diaplikasikan pada struktur conveyor.
3. Mengetahui Corrosion Rate dan Remaining Service Life struktur conveyor.

## B. Metodologi Penelitian

Dalam kegiatan penambangan batubara khususnya, terdiri dari beberapa kegiatan besar yang saling berkaitan, salah satunya adalah kegiatan transportasi, dalam kegiatan ini bertujuan untuk memindahkan material batubara dari satu tempat ke tempat yang lain, dimana dalam prosesnya memerlukan suatu alat salah satunya adalah conveyor (Suwanto *et al.*, 2020).

Conveyor sendiri merupakan suatu alat yang memiliki sistem mekanik dimana fungsinya adalah untuk memindahkan suatu barang maupun material tertentu dari satu tempat ke tempat lain agar material tersebut dapat diproses pada tahap selanjutnya. Dalam industri pertambangan, umumnya conveyor dipilih sebagai alat transportasi karena memiliki nilai ekonomis yang sangat baik, entah dalam segi harga maupun perawatan, hal tersebut jauh lebih baik dibandingkan dengan alat transportasi lainnya (Franks *et al.*, 2010).

Baja karbon merupakan adonan dari unsur besi (Fe) serta unsur karbon (C). Karbon pada baja mempunyai kandungan kurang lebih 0,2% - 2,1%. Campuran karbon di baja mempunyai fungsi menjadi unsur peneras struktur baja dan menguatkan kekuatannya. Meskipun dengan penambahan karbon memungkinkan terjadinya penurunan keuletannya (Amanto dan Daryanto, 1999).

Baja karbon diklasifikasikan menjadi tiga jenis berdasarkan kandungan karbonnya, yaitu:

1. Baja karbon rendah (Low Carbon Steel), memiliki kandungan karbon <0,3%.
2. Baja karbon medium (Medium Carbon Steel), memiliki kandungan karbon 0,3%-0,6%.
3. Baja karbon tinggi (High Carbon Steel), memiliki kandungan karbon >0,6%.

**Tabel 1.** Komposisi Kimia Material Struktur Conveyor (ASTM A36)

Jenis Unsur	Kadar (%)
<i>Ferrum</i> (Fe), <i>max</i>	99,06
<i>Carbon</i> (C), <i>max</i>	0,25
<i>Silicon</i> (Si), <i>max</i>	0,40

<i>Copper (Cu), min</i>	0,20
<i>Sulfur (S), mas</i>	0,05
<i>Phosphorous (P), max</i>	0,04

Sumber: ASTM A36, 2004

Korosi merupakan suatu proses perusakan atau degradasi material logam akibat terjadinya reaksi kimia antara panduan logam dengan lingkungannya (Hunafa et al. 2018)[21]. Secara spesifik, ketika suatu logam bereaksi dengan lingkungannya maka akan mengalami reaksi elektrokimia secara spontan, sehingga akan timbul korosi yang bersifat merusak khususnya terhadap permukaan logam tersebut (Afandi et al. 2015)[1].

Menurut Utomo (2019)[29] jenis-jenis korosi terbagi kedalam beberapa jenis yaitu: korosi seragam (uniform corrosion), korosi sumur (pitting corrosion), korosi erosi (erosion corrosion), korosi galvanis (galvanic corrosion), korosi tegangan (stress corrosion), dan korosi celah (crevice corrosion). Kerugian yang timbul akibat terjadinya korosi diantaranya mampu menurunkan efisiensi alat, menurunkan kekuatan jaringan, serta menambah biaya perawatan. Faktor-faktor yang mempengaruhi Corrosion Rate atau laju korosi menurut Jones, et al (1996) yaitu terdiri dari faktor internal yang dipengaruhi oleh komposisi logam dan faktor eksternal

Korosi yang bersifat merusak akan menimbulkan suatu kerugian dalam berbagai bidang, oleh karena itu diperlukan suatu upaya untuk mencegah atau mengendalikan kemungkinan terjadinya korosi tersebut (Jones et al, 1996)[20]. Dalam pengendalian korosi terdapat beberapa metode salah satunya adalah metode pelapisan atau juga coating. Selain coating, metode pengendalian korosi dapat dilakukan dengan cara seleksi bahan yang sesuai, perancangan konstruksi, proteksi katodik, dan penambahan inhibitor. Inspeksi dan pengawasan korosi dilakukan untuk mengukur korosi dan memberikan peringatan dini sehingga mampu mengevaluasi pencegahan yang tepat. Metodologi yang digunakan dalam inspeksi yaitu metode pengukuran pengurangan ketebalan, metode kehilangan berat, electrical resistance, dan metode elektrokimia.

Corrosion rate merupakan penurunan kualitas material logam dalam waktu tertentu (mm/tahun). Corrosion rate dapat dipengaruhi oleh tebal nominal, tebal aktual, dan selisih waktu inspeksi terhadap waktu pemasangan awal. Tebal nominal merupakan ketebalan awal ketika pemasangan (mm), sedangkan tebal aktual merupakan ketebalan material logam ketika inspeksi (mm). Ketahanan korosi relatif baja merupakan suatu klasifikasi yang dapat menunjukkan tingkat ketahanan suatu baja terhadap korosi. Klasifikasi ketahanan korosi relatif baja dilihat berdasarkan nilai laju korosi pada baja tersebut yang kemudian nantinya digolongkan kedalam 6 golongan yang dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Ketahanan Korosi Relatif Baja

<b>Ketahanan Korosi Relatif</b>	<i>mils/year</i>	<i>mm/year</i>	<i>µm/year</i>	<b>Nm/h</b>	<b>Pm/s</b>
<i>Outstanding</i>	<1	<0,02	<25	<2	<1
<i>Excelent</i>	1-5	0,02-0,1	25-100	2-10	1-5
<i>Good</i>	5-20	0,1-0,5	100-500	10-50	20-50
<i>Fair</i>	20-50	0,5-1	500-1000	50-150	20-50
<i>Poor</i>	50-200	0,1-5	1000-5000	150-500	50-200
<i>Unacceptable</i>	>200	>5	>5000	>500	>200

Sumber: Jones, Danny A., 1996

### C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Data tebal nominal dan tebal aktual dari suatu struktur conveyor dibutuhkan sebagai data penunjang dalam perhitungan laju korosi dan sisa umur pakai dari struktur conveyor tersebut. Pengambilan tebal aktual struktur conveyor dilakukan dengan bantuan alat Ultrasonic Thickness Gauge TT 130.



Sumber: Rahmad Azly, 2017

**Gambar 1.** Ultrasonic Thickness Gauge TT 130

Hasil pengukuran tebal aktual dari 25 test point dari 90 meter dan 3 segmen struktur conveyor yang dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Tebal Nominal dan Tebal Aktual Struktur *Conveyor*

Segmen <i>Conveyor</i>	Test point	Jenis Struktur	Tebal Nominal (mm)	Tebal Aktual (mm)	Pengurangan Ketebalan (mm)
Segmen 1 (1-30 m)	1	<i>Support Roller Column</i>	11	9,14	1,86
	2	a. flang	14,5	12,12	2,38
	3	b. web	11	9,23	1,77
	4	<i>Girder</i>			
	5	a. flang	13	10,59	2,41
	6	b. web	9	7,29	1,71
	7	<i>Support Roller Girder</i>	11	9,42	1,58
	8	a. flang	13	10,67	2,33
Segmen 2 (31-60 m)	9	b. web	9	7,68	1,32
	10	<i>Girder</i>			
	11	a. flang	13	10,69	2,31
	12	b. web	9	7,39	1,61
	13	<i>Support Roller Girder</i>	11	9,45	1,55
	14	a. flang	13	10,6	2,4
	15	b. web	9	7,51	1,49
	16	<i>Girder</i>			
Segmen 3 (61-90 m)	17	a. flang	13	10,29	2,41
	18	b. web	9	7,53	1,47
	19	<i>Column</i>			
	20	a. flang	14,5	12,37	2,13
	21	b. web	11	9,25	1,75
	22	<i>Bracing Girder</i>	12,7	10,31	2,39
	23	a. flang	13	11,07	1,93
	24	b. web	9	7,55	1,45
	25	<i>Girder</i>			
26	a. flang	13	10,85	2,15	
27	b. web	9	7,52	1,48	

Hasil pengukuran menggunakan Ultrasonic Thickness Gauge TT 130 pada 25 test point dalam tiga segmen struktur conveyor didapat tebal aktual terendah sebesar 7,29 mm pada test point 5 dan tebal aktual tertinggi yaitu 12,37 mm pada test point 19. Korosi yang terjadi pada struktur conveyor merupakan korosi dengan jenis korosi merata. Hal tersebut dapat dilihat dari pengurangan ketebalan yang hampir merata pada setiap test point. Korosi terjadi karena adanya kerusakan coating pada struktur conveyor akibat adanya pengaruh lingkungan. Selain itu, bahan galian yang diangkut menggunakan conveyor merupakan batubara yang mana mengandung pengotor berupa sulfur dan chlor yang bersifat korosif.

Metode pengendalian korosi yang diaplikasikan yaitu metode *coating* dengan sistem *three layers* yang terdiri dari *primer coating*, *intermediate coating*, dan *top coating*. Dimana penjelasan ketiga *layers* tersebut adalah sebagai berikut:

1. Primer coating

Primer coating merupakan cat yang digunakan sebagai lapisan pertama pada struktur conveyor, cat ini memiliki fungsi untuk mencegah terjadinya korosi sekaligus untuk meningkatkan daya rekat pada struktur conveyor. Cat yang digunakan sebagai primer coating adalah Seaguard 5000.



Sumber: Sherwin William, 2009

**Gambar 2.** Seaguard 5000

2. Intermediate coating

Intermediate coating merupakan cat yang digunakan sebagai lapisan setelah primer coating pada permukaan struktur conveyor. Berfungsi sebagai penambah ketebalan dari coating yang disesuaikan dengan ketebalan yang diinginkan. Cat yang digunakan sebagai intermediate coating adalah Sherglass FF%.



Sumber: Sherwin William, 2009

**Gambar 3.** Sherglass FF

3. Top coating

Top coating merupakan cat yang digunakan sebagai lapisan terluar dari permukaan struktur conveyor setelah primer coating dan intermediate coating pada struktur conveyor tersebut. Berfungsi untuk melindungi permukaan struktur, mencegah terjadinya pengelupasan pada permukaan struktur tersebut, serta memberikan warna agar terlihat lebih menarik. Cat yang digunakan sebagai top coating adalah Aliphatic Acrylic Modified Polyurethane.



Sumber: Sherwin William, 2009

**Gambar 4.** Aliphatic Acrylic Modified Polyurethane

#### D. Kesimpulan

Terdapat beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian terhadap struktur conveyor, dimana diantaranya adalah:

1. Jenis korosi yang terjadi pada struktur conveyor termasuk kedalam jenis korosi merata (uniform corrosion).
2. Pengendalian korosi yang diaplikasikan pada struktur conveyor menggunakan metode coating system 3 layer, dimana untuk primer coating menggunakan seaguard 5000, intermediate coating menggunakan sherglass FF, dan top coating menggunakan aliphatic acrylic modified polyurethane.
3. Corrosion rate struktur conveyor berkisar antara 0,165 mm/tahun – 0,31 mm/tahun, jika dilihat berdasarkan parameter ketahanan korosi relatif baja maka termasuk ke dalam kategori baik (good). Struktur conveyor dipasang pada tahun 2012 dimana umur desainnya adalah 15 tahun dan dilakukan inspeksi pada struktur tersebut di tahun 2020 sehingga tersisa 7 tahun lagi agar mencapai umur desainnya. Berdasarkan hasil dari remaining service life yang didapatkan yaitu berkisar antara 5,96 tahun – 10,91 tahun, maka terdapat 8 test point atau sekitar 32% test point yang diprediksi tidak dapat mencapai umur desainnya yaitu 15 tahun.

#### Acknowledge

1. Kepada kedua orang tua tercinta, tidak ada kata lain yang dapat diucapkan atas segala dukungan baik moril maupun materil selama ini selain ucapan terimakasih, semoga semua jasa dapat dibalas oleh Allah SWT. Kepada Malika Aulia dan juga keluarga, dukungan yang diberikan selama ini sangat berarti, semoga kedepannya dapat terus saling mendukung satu sama lain.
2. Dosen Teknik Pertambangan Universitas Islam Bandung, Ucapan terimakasih juga penyusun sampaikan kepada seluruh dosen Universitas Islam Bandung atas segala jasa serta bimbingannya juga ilmu yang bermanfaat bagi seluruh mahasiswa Teknik Pertambangan.
3. Teknik Pertambangan Angkatan 2018 Universitas Islam Bandung, Kepada seluruh teman-teman angkatan 2018 saya ucapkan terimakasih atas segala bantuan, motivasi, serta kebersamaan yang diberikan selama menempuh perkuliahan di Teknik Pertambangan Universitas Islam Bandung
4. Keluarga Laboratorium Tambang, Teruntuk Bu Elfida, Pak Zaenal, Pak Iswandaru, dan Pak Aang yang telah memberikan ilmu, motivasi, dan kasih sayang. Terimakasih utuk keluarga Lab Tambang atas segala ilmu, kebersamaan, serta dukungan yang telah diberikan.

Sahabat, Kepada teman-teman dekat sedari kecil serta teman-teman kostan saya ucapkan terimakasih atas segala dukungan serta kekeluargaan yang hangat dan menyenangkan selama ini.

#### Daftar Pustaka

- [1] Affandi YK, Arief IS, Amiadji. 2015. “Analisa Laju Korosi pada Pelat Baja Karbon

- dengan Variasi Ketebalan Coating”, Surabaya. Jurnal Teknik ITS. 4(1) : 2337-3539.
- [2] Allen, G.P., 1998, “Sedimentation In The Modern And Miocene Mahakam Delta” Indonesia Petroleum Association: Jakarta.
  - [3] Anonim. 2013. “Seaguard 5000 HS Epoxy”. Sherwin Williams Protective & Marine Coatings.
  - [4] Anonim., 2013, “Inspector’s Examination, Pressure Piping Inspector (API 570)”. Washington DC: America Petroleum Institute..
  - [5] Anonim. 2015. “Kabupaten Tanah Laut Dalam Angka 2015”. Kabupaten Tanah Laut: Badan Pusat Statistik.
  - [6] Anonim. 2016. “Kabupaten Tanah Laut Dalam Angka 2016”. Kabupaten Tanah Laut: Badan Pusat Statistik.
  - [7] Anonim. 2017. “Kabupaten Tanah Laut Dalam Angka 2017”. Kabupaten Tanah Laut: Badan Pusat Statistik.
  - [8] Anonim. 2018. “Kabupaten Tanah Laut Dalam Angka 2018”. Kabupaten Tanah Laut: Badan Pusat Statistik.
  - [9] Anonim. 2019. “Kabupaten Tanah Laut Dalam Angka 2019”. Kabupaten Tanah Laut: Badan Pusat Statistik.
  - [10] Anonim. 2022. “Kabupaten Tanah Laut Dalam Angka 2022”. Kabupaten Tanah Laut: Badan Pusat Statistik.
  - [11] Anonim. 2020. “Sher-Glass FF Glass Flake Reinforced Epoxy”. Sherwin Williams Protective & Marine Coatings.
  - [12] Amanto, H., Daryanto, 1999, “Ilmu Bahan”. PT Bumi Aksara Press: Jakarta.
  - [13] Arifin, Jaenal, Purwanto, Helmy, dan Syafa’at, Imam, 2017, “Pengaruh Jenis Elektroda Terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan SWAM Baja ASTM A36”, Universitas Wahid Hasyim Semarang, Semarang
  - [14] Bowen, Brian H, 2008, “Coal Characteristics” Purdue University Press: Indiana.
  - [15] Elliot, M.A, YOHE, G.R, 1981 “The Coal Industry and Coal Research and Development in Prospective” dalam H.H. LOWRY, Chemistry of Coal Utilization – Second Supplementary Volume, John Willey and Sons, New York, N.Y.USA.
  - [16] Fauziyah, Sriyanti, Usmana DN. 2020. “Penentuan Karakteristik Batubara dari Formasi Pulau Balang dan Formasi Kampungbaru” Bandung. E-Journal Universita Islam Bandung. 6(2) : 800-805.
  - [17] Franks M. Daniel, Boger V. David, Mulligan R. Davis, 2010, “Sustainable Development Principles for The Disposal of Mining and Mineral Processing Waste” Australia.
  - [18] Groover, P, 2002, “Fundamentals of Modern Manufacturing” John Wiley & Sons, Inc, New Jersey.
  - [19] Gupta, R, 2007 “Advanced Coal Characterization: a Review” Energy Fuels 21(2):451-460.
  - [20] Jones, Denny A., 1996, “Principal and Prevention of Corrosion”, Prentice Hall, New Jersey.
  - [21] Hunafa I, Moralista E, , dan Pramusanto, 2005, “Studi Upaya Peningkatan Umur Pakai Kontruksi Bangunan Melalui Penghambatan Korosi Baja Tulangan Beton dengan Menggunakan Inhibitor Korosi”, Bandung. E-Journal Universitas Islam Bandung. 4(1) : 233-242.
  - [22] Mutasim, Billah, 2010 “Peningkatan Nilai Kalor Batubara Peringkat Rendah Menggunakan Minyak Tanah dan Minyak Residu” Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta Press: Yogyakarta.
  - [23] Riadi, 2018, “Kajian Teknis Fragmentasi Hasil Peledakan Lapisan Tanah Penutup Terhadap Produktivitas Excavator Pada Tambang Batubara Pt Bumadahana (Persero) Jobsite Adaro Kalimantan Selatan”. Universitas Sriwijaya Press : Sumatera Selatan.

- [24] Sujianto. 2019. “Pengaruh Penambahan Unsur Molibdenum (Mo) Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Pada Baja Tahan Karat Tipe Aisi 410”. Tangerang Selatan. Jurnal Teknik Mesin. 2(1) : 43-50.
- [25] Sukandarrumidi, 2018 “Batubara dan Gambut” . Gajah Mada University Press : Yogyakarta.
- [26] Sumilah, Siti, 2005 “Kajian Zonasi Daerah Potensi Batubara Untuk Tambang Dalam Provinsi Kalimantan Selatan” Direktorat Inventarisasi Sumberdaya Mineral: Kalimantan Selatan.
- [27] Susilawati, 1992. ”Proses Pembentukan Batubara, Analisa Penelitian dan Pengembangan Geologi”. Institut Teknologi Bandung.
- [28] Suwanto. Rohadi. Asnadi, 2020 “Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat dalam Pengaruh Kerusakan Mesin Conveyor Pada Proses Produksi di PT Kitadin” Prosiding 4 Tahun Seminar Nasional, ISSN: 978-602-60766-9-4.
- [29] Utomo, Budi, 2019, “Jenis Korosi dan Penanggulangannya”, Universitas Diponegoro Press : Semarang.
- [30] 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.
- [31] Zainul, R. 2021. ”Kimia Material”. CV. Berkah Prima: Payakumbuh.