



Analisis Keterdapatn Kromium Heksavalen Pada Aliran Sungai Pertambangan Nikel di Kabupaten Konawe Utara

Analysis of the Availability of Hexavalent Chromium in Nickel Mining River Streams in North Konawe Regency

Muhammad Hendrawan Suharjo*, Rika Ernawati, Nurkhamim

Jurusan Magister Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Jalan Padjajaran (Lingkar Utara), Yogyakarta, 55283.

*Corresponding Author: m.hendrawansuharjo@gmail.com

Article Info:

Received: 16-04-2022

Accepted: 30-09-2022

Kata kunci:

Cr⁶⁺, Atomic Adsorption Spectrophotometer, Nickel Mining

Keywords:

Cr⁶⁺, Atomic Adsorption Spectrophotometer, Nickel Mining

Abstrak: Daerah di Indonesia dimana banyak ditemukan komoditas nikel adalah Provinsi Sulawesi Tenggara, dengan potensi cadangan sebesar 97,4 miliar ton yang tersebar di lahan seluas 480 ribu hektar. Pada pertambangan yang merupakan daerah ultrabasa terdapat lapisan batuan yang mengandung mineral serta logam berat yang jika terlepas dapat mencemari lingkungan sekitar salah satunya adalah Kromium (Cr) logam. Kegiatan pengumpulan data terdiri dari 2 bagian yaitu pengumpulan data primer dan pengumpulan data sekunder. Kemudian lakukan pengujian laboratorium dengan metode AAS (*Atomic Adsorption Spectrophotometer*). pada lokasi penelitian di dua sampel yang memiliki nilai melebihi standar dari baku mutu yang ditetapkan di mana pada sampel as2+ dan as11+ yang memiliki nilai kadar logam Cr⁶⁺ yaitu 0,061 mg/l dan 0,06 mg/l. sedangkan untuk sampel lainnya di dapatkan hasil kandungan Cr⁶⁺ masih berada di bawah nilai standar dari baku mutu yaitu di bawah 0,05 mg/l. Dari hasil pengujian di dapatkan kadar logam Cr⁶⁺ yang melebihi standar baku yaitu pada sampel as2+ dengan kadar Cr⁶⁺ 0,061 mg/l dan as11+ 0,06 mg/l Tingginya kadar di 2 sampel di sebabkan karena adanya proses penambangan di lokasi penelitian.

Abstract: *The area in Indonesia where nickel is mostly found is Southeast Sulawesi Province, with potential reserves of 97.4 billion tons spread over an area of 480 thousand hectares. In mining which is an ultramafic area, there are layers of rock containing minerals and heavy metals that are released which can pollute the surrounding environment, one of which is Chromium (Cr). Data collection activities consist of 2 parts, namely primary data collection and secondary data collection. Then do laboratory testing using the AAS (Atomic Adsorption Spectrophotometer) method. at the research site in two samples that have values exceeding the standard of the quality standards that are set in which the as2+ and as11+ samples have Cr⁶⁺ metal content values, namely 0.061 mg/l and 0.06 mg/l. while for the other samples, the results of the Cr⁶⁺ content were still below the standard value of the quality standard, which was below 0.05 mg/l. From the test results, the metal content of Cr⁶⁺ which exceeds the standard is in the as2+ sample with Cr⁶⁺ levels of 0.061 mg/l and as11+ 0.06 mg/l. The high levels in the 2 samples were caused by the mining process at the research site.*

1. Pendahuluan

Kegiatan pertambangan merupakan serangkaian kegiatan yang bertujuan untuk memanfaatkan bahan galian (mineral, batubara, panas bumi, dan migas). Rangkaian kegiatan tersebut dimulai dari penyelidikan umum, eksplorasi, studi kelayakan, konstruksi, penambangan, pengolahan, pengangkutan, penjualan, dan kegiatan pascatambang. Sistem penambangan dibagi menjadi tiga, yaitu sistem tambang terbuka, sistem tambang bawah permukaan, dan sistem tambang bawah laut (Hartman dan Mutmanský, 2002). Sumberdaya (*resource*) dan cadangan (*reserve*) nikel umumnya keterdapatannya di alam terletak tidak terlalu dalam dari permukaan. Oleh karena itu, sistem penambangan yang biasa digunakan pada pertambangan nikel di Indonesia adalah sistem tambang terbuka dengan metode penambangan *open pit*. Pada sistem tersebut terdiri dari beberapa tahapan antara lain: pembersihan lahan (*land clearing*), Pengupasan tanah pucuk (*top soiling*), pengupasan dan pengangkutan tanah penutup (*overburden*) yang kemudian ditimbun pada lokasi penimbunan (*waste dump*), dan selanjutnya dilakukan pengupasan dan pengangkutan bijih nikel, yang akan diangkut ke *stock pile* untuk ditimbun sementara di lokasi tambang atau langsung menuju lokasi pabrik pengolahan.

Daerah di Indonesia dimana banyak terdapat komoditas nikel salah satunya adalah Provinsi Sulawesi Tenggara, dengan potensi cadangan sebesar 97,4 miliar ton yang tersebar pada lahan seluas 480 ribu hektar. Potensi tersebut menyebabkan jumlah perusahaan di Sulawesi Tenggara tumbuh pesat khususnya dalam beberapa tahun terakhir. (ESDM Sulawesi Tenggara, 2018).

Pada pertambangan nikel yang merupakan daerah ultrabasa terdapat lapisan batuan yang mengandung mineral serta logam berat yang apabila terlepas dapat mencemari lingkungan sekitar salah satunya adalah kromium. Kromium (Cr) adalah logam berat dimana keberadaannya dapat hadir dengan proses secara alami yang terletak di kerak bumi dengan bentuk berupa bijih kromit. Kromium memiliki bilangan oksidasi yang bervariasi mulai dari Cr (II) ke Cr (VI) (Jobby dkk., 2018).

Daerah dengan dibentuk oleh batuan ultrabasa dikenal sebagai potensi deposit bijih nikel tembaga, logam golongan platina, kromium dan asbestos. Salah satu logam yang sangat terkonsentrasi di daerah tersebut adalah kromium (Cr), yang rata-rata kandungannya berkisar antara 1000 dan 3000 mg kg⁻¹. Karena pengayaan alam ini, daerah ultrabasa banyak ditambang untuk memenuhi permintaan logam yang meningkat untuk pertumbuhan ekonomi. Proses penambangan meliputi kegiatan eksploitasi dan benefisi, di mana sejumlah besar residu kaya logam, yang disimpan di udara terbuka, diproduksi, serta dikupas sebagai area eksploitasi void opencast (Raous et al., 2013).

Tabel 1. Kehadiran chromium pada mineral (Burns and Burns, 1975)

Mineral	Formula	Structure type
Chromite	FeCr ₂ O ₄	Spinel (Normal)
Crocoite	PbCrO ₄	Own
Phoenicochroite	Pb ₂ O(CrO ₄)	Lanarkite
Magnesiochromite	MgCr ₂ O ₄	Spinel (Normal)
Picotite	(Fe, Mg)(Al, Cr, Fe) ₂ O ₄	Spinel
Grimaldiite	HCrO ₂	HCrO ₂
Silicates / Knorringite	Mg ₃ (Cr, Al) ₂ (SiO ₄) ₃	Garnet
Chromatite	CaCrO ₄	Zircon

Pelapukan kimia batuan ultrabasa telah dipelajari secara ekstensif (Berger dan Frei, 2014; Cooper, 2002; Garnier et al., 2009), karena merupakan sumber alami logam, termasuk Cr, ke lingkungan. Batuan dapat mengalami pelapukan secara alami, namun proses ini terjadi dengan kecepatan yang lambat, tetapi di daerah pertambangan, proses pelapukan ini dapat dipercepat, meningkatkan konsentrasi Cr di sekitar tanah, air permukaan dan air tanah. Perhatian khusus diberikan pada limbah yang dihasilkan oleh kegiatan penambangan. Kromium telah dimasukkan dalam daftar polutan prioritas yang diatur oleh Badan Perlindungan Lingkungan AS (EPA). (Sueker, 1964).

Cr di lingkungan, dapat hadir sebagai kromium trivalen (Cr(III)) dan kromium heksavalen (Cr(VI)). Dalam kondisi netral atau basa, Cr(III) adalah bentuk paling umum dari Cr alami sebagai Cr(OH)₃(s) dan memiliki mobilitas terbatas (Apte et al., 2006). Cr(III) juga dapat diserap pada mineral besi dan lempung. Penyerapan Cr(III) meningkat ketika pH naik, karena permukaan lempung menjadi lebih bermuatan

negatif dan juga meningkat ketika kandungan bahan organik dalam tanah meningkat (Choppala dkk., 2013). Meskipun Cr(III) tidak terlalu beracun, ia dapat dioksidasi menjadi Cr(VI) yang mengarah pada pembentukan bentuk anioniknya (CrO_4^{2-} , HCrO_4^- dan $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) yang sangat mobile dan larut. Kromium hadir di berbagai media lingkungan termasuk permukaan dan air tanah, air laut, udara, tanah, sedimen dan batuan. Kromium dapat masuk ke lingkungan melalui sumber alami dan melalui jalur antropogenik (Choppala dkk., 2013).

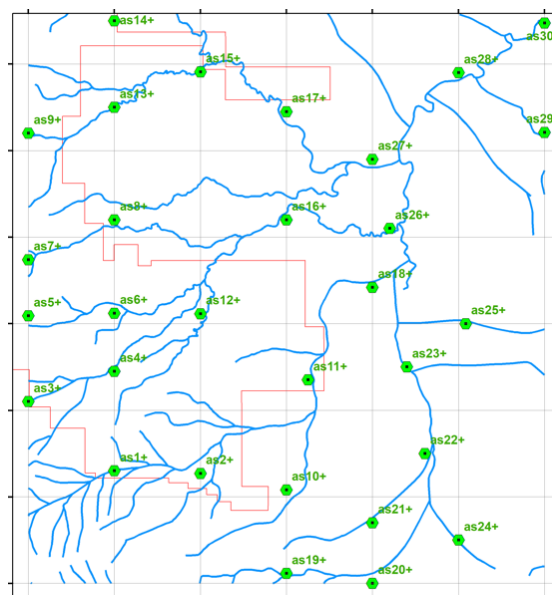
Cr(VI) merupakan oksidator tinggi yang dapat merusak membran sel jaringan tanaman melalui induksi stres oksidatif (Mei et al., 2002). Selain itu, karena kelarutannya yang tinggi, Cr(VI) terakumulasi dalam biomassa tanaman, yang selanjutnya menyebabkan kematian tanaman (Choppala et al., 2013). Untuk tubuh manusia, Cr(VI) adalah agen kanker jika terhirup, sedangkan kontak kulit dengan Cr(VI) dapat mengembangkan lesi kulit. Pada era modernisasi dimana terjadi perkembangan industri khususnya pada industri pertambangan tentu akan menghasilkan limbah industri, salah satunya adalah dengan bertambahnya jumlah logam kromium di lingkungan. Konsentrasi logam dengan jumlah melewati ambang batas tentu mengkhawatirkan sebab efek toksisitas yang di timbulkan dapat menjadi ancaman utama dan risiko kesehatan bagi manusia. Perlu dilakukan analisis dan pengujian lab untuk mengetahui tingkat kandungan kromium heksavalen yang terbentuk di lingkungan pada lokasi penelitian.

Lokasi penelitian terletak di wilayah Izin Usaha Pertambangan (IUP) salah satu perusahaan pertambangan yang berada di Kecamatan Langgikima, Kabupaten Konawe Utara. Sistem penambangan yang diterapkan adalah tambang terbuka (*surface mining*). Kegiatan penambangan nikel dengan sistem terbuka telah dianggap sebagai kegiatan yang berdampak pada kerusakan lingkungan. Penelitian tentang kromium heksavalen telah banyak dilakukan, akan tetapi untuk di daerah langgikima belum dilakukan penelitian untuk mengetahui tingkat kontaminan kromium heksavalen di aliran sungai. Pada penelitian ini bertujuan melakukan mengetahui tingkat keterdapatn kandungan kromium heksavalen pada aliran sungai pada pertambangan nikel yang ada di konawe utara.

2. Metode

Kegiatan pengumpulan data terdiri dari 2 bagian yaitu pengumpulan data primer dan pengumpulan data sekunder. Kemudian di lakukan pengujian laboratorium dengan metode AAS (*Atomic Adsorption Spectrophotometer*). Sebelum pengumpulan data, dilakukan tahap persiapan sampling yaitu persiapan alat dan bahan yang digunakan.

2.1. Pengumpulan data primer



Gambar 1. Titik pengambilan sampel air

Pengumpulan data primer dilakukan dengan investigasi lapangan secara langsung di lokasi studi penelitian. Data primer dan unsur parameter yang diperlukan dalam penelitian dapat dilihat pada **tabel 2**. Pengambilan sampel air dilakukan secara *purposive sampling*.

Tabel 2. Data primer dan unsur parameter yang diperlukan dalam penelitian

Data Primer	Unsur Parameter
Data kualitas air (sungai)	Cr ⁶⁺

Rencana pengambilan sampel air akan di ambil di aliran sungai di sekitar area tambang mulai dari hulu hingga hilir dengan jarak 1000 m per sampel dengan total sampel 30 (**Gambar 1**).

2.2. Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder dibutuhkan untuk mendukung pengolahan data primer dalam suatu penelitian. Pengumpulan data sekunder mengenai kondisi umum wilayah studi diperoleh dari jurnal – jurnal penelitian sebelumnya

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian terhadap kualitas air di sepanjang aliran sungai di kecamatan Langgikima mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup pada lampiran (VI), baku mutu yang digunakan adalah baku mutu kelas satu, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut yang memberikan batasan kandungan bahan pencemar yang diperbolehkan untuk Logam Cr⁶⁺ sebesar 0,05 mg/L. Hasil pengujian Logam Cr⁶⁺ dapat di lihat pada **Tabel 4**.

Tabel 3. Baku mutu air kelas I

Parameter	Satuan	Baku Mutu Kelas I
Kromium (VI)	mg/L	0,05

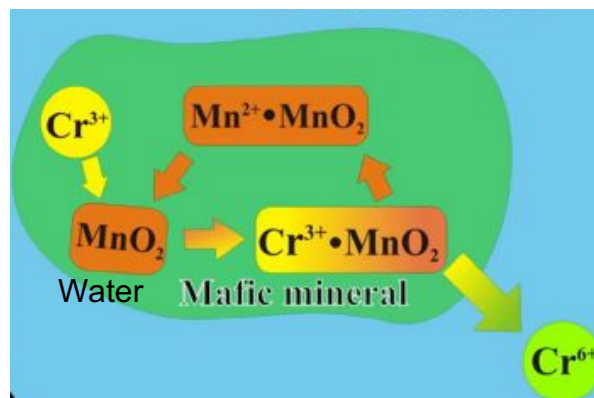
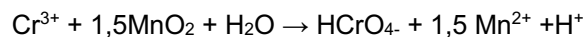
Tabel 4. Hasil pengujian Cr⁶⁺ dengan metode AAS

No	Kode Sampel	Cr (VI) (mg/l)
1	as1+	0,031
2	as2+	0,061
3	as3+	0,029
4	as4+	0,037
5	as5+	0,028
6	as6+	0,031
7	as7+	0,037
8	as8+	0,038
9	as9+	0,034
10	as10+	0,041
11	as11+	0,06
12	as12+	0,037
13	as13+	0,034
14	as14+	0,033
15	as15+	0,031
16	as16+	0,028
17	as17+	0,027
18	as18+	0,037
19	as19+	0,032
20	as20+	0,035
21	as21+	0,038
22	as22+	0,027
23	as23+	0,027
24	as24+	0,028

No	Kode Sampel	Cr (VI) (mg/l)
25	as25+	0,029
26	as26+	0,034
27	as27+	0,025
28	as28+	0,035
29	as29+	0,037
30	as30+	0,033

Arah aliran sungai di lokasi penelitian umumnya berarah dari barat daya ke timur laut. Menurut penelitian dari Dokou, dkk. (2018) konsentrasi Cr^{6+} pada kondisi alami dibatuan ultramafik berkisar 0,02 mg/L. Namun berdasarkan pada tabel 4 pada hasil pengujian di dapatkan nilai logam Cr^{6+} pada lokasi penelitian di dua sampel yang memiliki nilai melebihi standar dari baku mutu yang di tetapkan di mana pada sampel as2+ dan as11+ yang memiliki nilai kadar logam Cr^{6+} yaitu 0,061 mg/l dan 0,06 mg/l. sedangkan untuk sampel lainnya di dapatkan hasil kandungan logam Cr^{6+} masih berada di bawah nilai standar dari baku mutu yaitu di bawah 0,05 mg/l. Hal ini disebabkan karena lokasi pengambilan sampel aliran sungai berada di dekat area bukaan tambang sehingga nilai kromium heksavalen melebihi nilai dari baku mutu. Sehingga bisa dikatakan sampel as2+ dan as11+ merupakan titik sumber yang dapat menjadi pencemar di lokasi penelitian.

Terbentuknya kromium heksavalen Cr^{6+} pada aliran sungai berkaitan dengan reaksi oksidatif Cr^{3+} dengan oksida Mn (Gambar 2). Oksida mangan menjadi agen utama yang bertanggung jawab untuk oksidasi Cr^{3+} menjadi Cr^{6+} dalam air dengan nilai pH antara 6,5 dan 8,5 (Apte dkk., 2006 dalam Equeenuddin dan Pattnaik, 2020)) menurut reaksi berikut:



Gambar 2. Proses Oksidasi Cr^{3+} Menjadi Cr^{6+}

Kadar Cr^{6+} yang tinggi pada di lokasi penelitian ini dapat menjadi permasalahan bagi perusahaan nikel dalam mengatasi permasalahan lingkungan yang diakibatkan oleh logam berat Cr^{6+} sehingga perlu dilakukan mitigasi dengan metode - metode yang dapat mengendalikan air limbah tambang dan potensi pencemarannya. Metode fitoremediasi dapat digunakan untuk menyerap logam berat pada air limbah, seperti menggunakan tumbuhan eceng gondok sebagai penyerap logam Cr^{6+} yang terbukti efektif dalam menurunkan konsentrasi Cr^{6+} pada air limbah (Saha dkk, 2017; Widodo dkk, 2019).

Metode fitoremediasi merupakan alternatif dengan biaya rendah yang dapat diaplikasikan perusahaan – perusahaan pertambangan nikel dalam mengelola air limbah tambang sebelum dilepas ke badan air permukaan. Metode bioremediasi juga dapat digunakan dalam meremediasi Cr^{6+} pada air limbah, dengan bantuan bakteri pereduksi sehingga dapat mengendapkan Cr^{6+} yang bersifat beracun dan lebih mobile menjadi Cr^{3+} yang lebih aman bagi lingkungan dan bersifat immobile (Lewaru dkk, 2012; Hatano, 2017). Serta hasil penelitian Terry- Natalina (2017) dalam pemanfaatan limbah cangkang telur ayam sebagai media adsorben dalam penurunan kadar logam kromium heksavalen (Cr^{6+}) pada limbah cair industri elektroplating didapatkan hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan kandungan kromium heksavalen terbesar adalah pada menit ke 40 menggunakan mesh 80 sebesar 53,001 %. Secara keseluruhan untuk kualitas air di aliran sungai pada lokasi penelitian bisa di katakan cukup baik untuk kadar logam Cr^{6+} karena dari hasil yang di ujikan dengan metode AAS (*Atomic Adsorption Spectrophotometer*) hanya ada 2 sampel yang melebihi nilai standar baku mutu kelas I dari total 30 pengujian sampel.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian di dapatkan nilai kadar logam Cr⁶⁺ yang melebihi standar baku mutu yaitu pada sampel as²⁺ dengan kadar Cr⁶⁺ 0,061 mg/l dan as¹¹⁺ 0,06 mg/l. Tingginya kadar di 2 sampel di sebabkan karena adanya proses penambangan di lokasi penelitian.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam penyusunan penelitian ini tidak terlepas dukungan dari berbagai pihak khususnya Kepada Prodi Teknik Pertambangan UPN "Veteran" Yogyakarta

DAFTAR PUSTAKA

- Apte, A.D., Tare, V., Bose, P. (2006). Extent of oxidation of Cr(III) to Cr(VI) under various conditions pertaining to natural environment. *J. Hazard. Mater.* 128, 164–174.
- Berger, A., Frei, R., 2014. The fate of chromium during tropical weathering: A laterite profile from central madagascar. *Geoderma* 213, 521–532. doi:10.1016/j.geoderma.2013.09.004
- Burns, V. M., & Burns, R. G. (1976). Mineralogy of chromium. In *Chromium: its Physicochemical Behavior and Petrologic Significance* (pp. 903-910). Pergamon.
- Choppala, G., Bolan, N., Park, J.H., 2013. Chromium Contamination and Its Risk Management in Complex Environmental Settings, *Advances in Agronomy*. Elsevier. doi:10.1016/B978-0-12-407686-0.00002-6
- Cooper, G.R.C., 2002. Oxidation and toxicity of chromium in ultramafic soils in Zimbabwe. *Appl. Geochemistry* 17, 981–986. doi:10.1016/S0883-2927(02)00014-8
- Dokou, Z., Karatzas, G. P., Nikolaidis, N. P., & Kalogerakis, N. (2018). Modeling the Groundwater Flow and Hexavalent Chromium Transport in the Asopos River Basin.
- Equeenuddin, S. M., & Pattnaik, B. K. (2020). Hydrogeochemical evolution of hexavalent chromium at the Sukinda ultramafic complex in eastern part of India. *Geochemistry*, 80(4), 125633.
- ESDM, 2018. Laporan Gubernur Terhadap Kegiatan Pertambangan di Provinsi Sulawesi Tenggara, Triwulan I, Kendari.
- Garnier, J., Quantin, C., Echevarria, G., Becquer, T., 2009. Assessing chromate availability in tropical ultramafic soils using isotopic exchange kinetics. *J. Soils Sediments* 9, 468– 475. doi:10.1007/s11368-009-0062-4
- Hatano, T., Tsuruta, T. 2017. Removal and Recovery of Chromium (11) from Aqueous chromium (III) Using *Arthrobacter nicotianae* Cells. *Journal Advances in Microbiology*. Volume 7 pp. 487-497.
- Hartman, H. L., & Mutmanský, J. M. (2002). *Introductory mining engineering*. John Wiley & Sons.
- Jobby, R., dkk. 2018. Adsorption and Biotransformation of Hexavalent Chromium [Cr(VI)] : A Comprehensive Review. *Chemosphere* 207 (2018) 255-266
- Lewaru, S., Riyantini, I., & Mulyani, Y. (2012). Identifikasi bakteri indigenous pereduksi logam berat Cr (VI) dengan metode molekuler di Sungai Cikijing Rancaekek, Jawa Barat. *Jurnal Perikanan Kelautan*, 3(4).
- Mei, B., Puryear, J.D., Newton, R.J., 2002. Assessment of Cr tolerance and accumulation in selected plant species. *Plant Soil* 247, 223–231. doi:10.1023/A:1021509115343
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021. Tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup
- Raous, S., Echevarria, G., Sterckeman, T., Hanna, K., Thomas, F., Martins, E.S., Becquer, T., 2013. Potentially toxic metals in ultramafic mining materials: Identification of the main bearing and reactive phases. *Geoderma* 192, 111–119. doi:10.1016/j.geoderma.2012.08.017
- Saha, P., O. Shinde, dan S. Sarkar. 2017. Phytoremediation of Industrial Mines Wastewater Using Water Hyacinth. *International Journal of Phytoremediation*. 19 (1): 87-96.
- Sueker, J.K., 1964. Chromium, in: Murphy, B. (Ed.), *Environmental Forensics: Contaminant Specific Guide*. Academic Press, Burlington, pp. 82–93. doi:https://doi.org/10.1016/B978-012507751-4/50027-6
- Susanto, T. N., Atmono, A., & Natalina, N. (2017). Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam Sebagai Media Adsorben Dalam Penurunan Kadar Logam Kromium Heksavalen (Cr⁶⁺) Pada Limbah Cair Industri Elektroplating. *Ecolab*, 11(1), 27-31.
- Widodo, S., D. Safitri, N. Asmiani, A. Nawir, dan A. Bechtel. 2019. Treatment of Cr 6+ Using Phytoremediation Method in Rante Pond of PT. Vale Indonesia Tbk. *International Journal of Engineering*.