

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

1. Sejarah PT. Vale Indonesia

PT Vale Indonesia Tbk adalah salah satu perusahaan tambang mineral terbesar di Indonesia. Perusahaan ini bergerak pada kegiatan penambangan dan pengolahan nikel di Tanah Air. Perusahaan ini didirikan pada 25 Juli 1968 yang mencatatkan dirinya di Bursa Efek Indonesia (BEI) pada 16 Mei 1990 dengan kode saham INCO.

Kegiatan Vale Indonesia adalah menambang nikel laterit untuk menghasilkan produk akhir berupa nikel dalam matte. Mereka memproduksi nikel dengan rata-rata volume per tahun mencapai 75 ribu metrik ton. Sejarah Vale di Indonesia dimulai dengan eksplorasi di wilayah Sulawesi bagian timur pada tahun 1920-an. Kegiatan eksplorasi, kajian dan pengembangan tersebut terus dilanjutkan pada periode kemerdekaan dan selama masa kepemimpinan Presiden Soekarno.

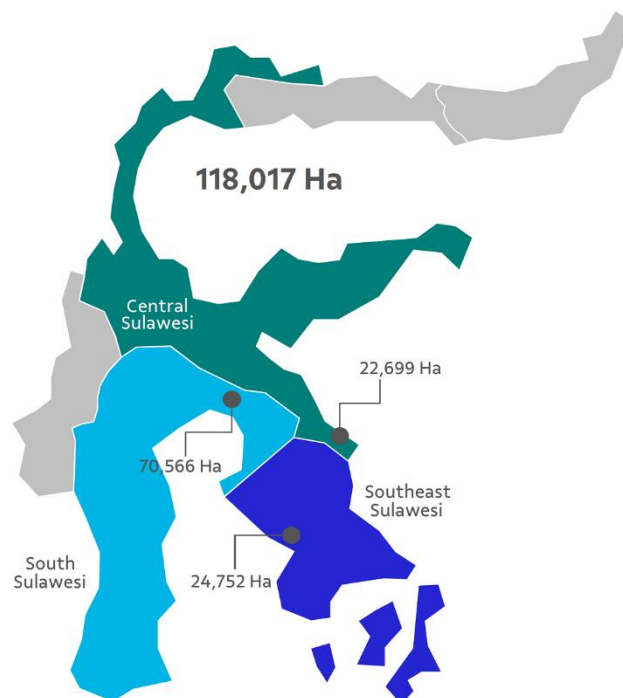
Vale Indonesia sebelumnya bernama PT International Nickel Indonesia yang didirikan pada Juli 1968. Kemudian di tahun tersebut PT Vale dan Pemerintah Indonesia menandatangani Kontrak Karya (KK) yang merupakan lisensi dari Pemerintah Indonesia untuk melakukan eksplorasi, penambangan dan pengolahan bijih nikel. Sejak saat itu PT Vale memulai

pembangunan smelter Sorowako, Kabupaten Luwu Timur, Sulawesi Selatan. Lewat Perjanjian Perubahan dan Perpanjangan yang ditandatangani pada Januari 1996, KK tersebut diubah dan diperpanjang masa berlakunya hingga 28 Desember 2025. Selanjutnya pada Oktober 2014, PT Vale dan Pemerintah Indonesia mencapai kesepakatan setelah renegosiasi KK dan berubahnya beberapa ketentuan di dalamnya, termasuk pelepasan areal KK menjadi seluas hampir 118.000 hektar (Hamdani, 2023).

Dalam naungan kontrak karya yang telah diamandemenkan dengan IUPK pada 13 Mei 2024 dan berlaku hingga 28 Desember 2035 dengan konsesi seluas 118.017 Ha meliputi Sulawesi Selatan (70.566 hektar), Sulawesi Tengah (22.699 hektar) dan Sulawesi Tenggara (24.752 hektar). Dalam memproduksi nikel di blok Sorowako, Vale menggunakan teknologi pyrometalurgi (meleburkan bijih nikel laterit). Vale menambang nikel laterit lalu melakukan pemrosesan untuk menghasilkan produk akhir berupa nikel dalam matte.

Vale juga mengembangkan pertambangan terintegrasi melalui Indonesia *Growth Project* (IGP) di Kabupaten Morowali, Sulawesi Tengah, serta di Kabupaten Kolaka, Sulawesi Tenggara. Proyek pengembangan juga menyasar lokasi operasi eksisting, yakni di Kabupaten Luwu Timur, Sulawesi Selatan.

Sebagai dua pemegang saham terbesar, MIND ID (PT Mineral Industri Indonesia) dan Vale Canada Limited (VCL) memiliki kendali bersama atas PT Vale Indonesia Tbk. MIND ID memegang porsi saham terbesar di perusahaan ini dengan 34,00%, sedangkan VCL dengan porsi saham sekitar 33,88%.



Gambar 5. 1 Konsesi PT. Vale indonesia tbk
(Sumber: <https://www.vale.com/indonesia/about-pt-vale-indonesia>)

2. Visi

Visi PT Vale Indonesia Tbk. adalah menjadi perusahaan pertambangan terkemuka di dunia yang berkelanjutan dan inovatif.

3. Misi

Misi PT Vale Indonesia Tbk. adalah untuk menghasilkan nikel berkualitas tinggi secara bertanggung jawab dan berkelanjutan,

serta menciptakan nilai tambah bagi pemegang saham, karyawan, dan masyarakat.

4. Values

- a. *Act with integrity* (Bertindak dengan integritas)
- b. *Make it happen* (Wujudkanlah)
- c. *Life matters most* (Hidup adalah yang terpenting)
- d. *Respect our planet and communities* (Hargai planet dan komunitas kita)
- e. *Value the people who build our company* (Hargai orang-orang yang membangun perusahaan kita)

B. Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini diperoleh dengan mengamati area penampungan sementara air limbah di PT. Vale Indonesia. Dua titik area penampungan air limbah yang menjadi sampel peneliti yaitu Pond Lamangka 3 dan Pond Kathryin. Data yang dikumpulkan kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan di deskripsikan. Adapun media yang peneliti gunakan yaitu serbuk kayu kumea yang merupakan limbah dari usaha perkayuan yang ada di Desa Pekaloea Kabupaten Luwu Timur.

1. Konsentrasi Kromium Heksavalen (Cr6+)

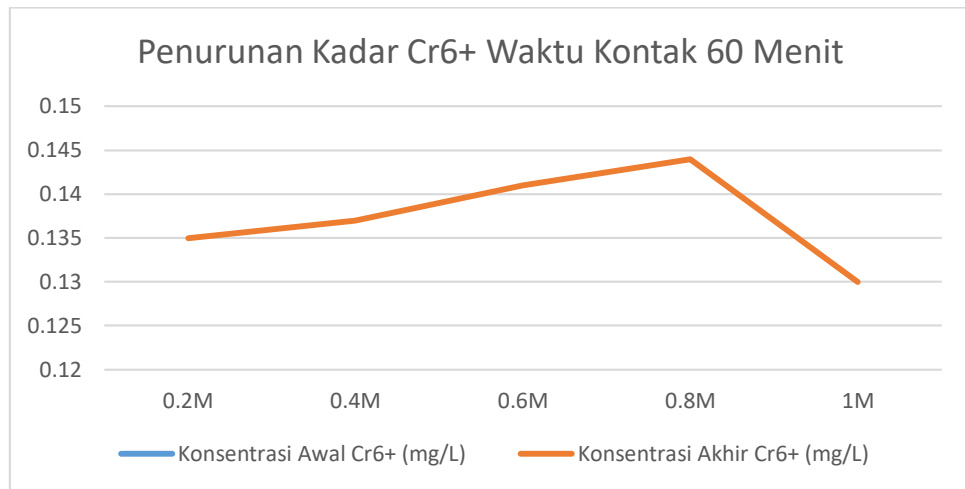
Hasil pemeriksaan laboratorium berdasarkan konsentrasi kromium heksavalen (Cr6+) pada limbah cair buangan dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 5.1
Data Hasil Analisa Metode UV-Vis Logam Berat Cr6+ Waktu
Kontak 60 Menit Pada Pond Lamangka 3

Konsentrasi HCl	Konsentrasi Awal Cr6+ (mg/L)	Konsentrasi Akhir Cr6+ (mg/L)	Selisih (mg/L)	% Penurunan	Keterangan
0.2M	0.147	0.135	0.012	8.16	Tidak efektif
0.4M		0.137	0.01	6.80	Tidak efektif
0.6M		0.141	0.006	4.08	Tidak efektif
0.8M		0.144	0.003	2.04	Tidak efektif
1M		0.130	0.017	11.56	Tidak efektif
Baku Mutu	0.1 mg/L				

Sumber. Data Primer, 2025

Berdasarkan Tabel 5.1, hasil analisis kromium heksavalen menggunakan metode UV-Vis menunjukkan adanya perbedaan setelah proses adsorpsi selama 60 menit. Efektivitas arang aktif dari kayu kumea paling tinggi diperoleh pada konsentrasi HCl 1M, yaitu sebesar 0,130 mg/L dengan penurunan sebesar 0.017 mg/L dan persentase mencapai 11,56%. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi penurunan konsentrasi logam berat kromium heksavalen setelah proses adsorpsi, namun hasil tersebut masih belum memenuhi batas maksimum yang diperbolehkan, yakni 0,1 mg/L, sesuai dengan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 9 Tahun 2006.



Grafik 5.1 Data Hasil Analisa Metode UV-Vis Logam Berat Cr6+ Waktu Kontak 60 Menit Pada Pond Lamangka 3

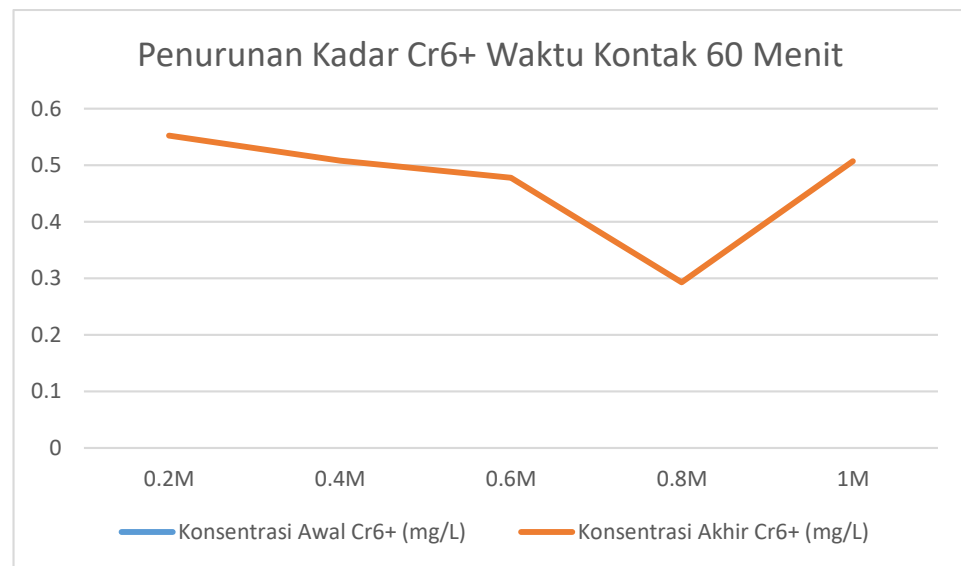
Tabel 5.2
Data Hasil Analisa Metode UV-Vis Logam Berat Cr6+ Waktu Kontak 60 Menit Pada Pond Kathryn

Konsentrasi HCl	Konsentrasi Awal Cr6+ (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Selisih (mg/L)	% Penurunan	Keterangan
0.2M	0.571	0.553	0.018	3.15	Tidak efektif
0.4M		0.508	0.063	11.03	Tidak efektif
0.6M		0.478	0.093	16.29	Tidak efektif
0.8M		0.293	0.278	48.69	Kurang efektif
1M		0.507	0.064	11.21	Tidak efektif
Baku Mutu	0.1 mg/L				

Sumber. Data Primer, 2025

Berdasarkan tabel 5.2, hasil analisis kromium heksavalen menggunakan metode UV-Vis menunjukkan adanya perbedaan setelah proses adsorpsi selama 60 menit. Efektivitas arang aktif dari kayu kumea paling tinggi diperoleh pada konsentrasi HCl 0.8M, yaitu sebesar 0.293 mg/L dengan penurunan sebesar 0.278 mg/L dan persentase mencapai 48.69%. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi penurunan konsentrasi logam berat kromium heksavalen

setelah proses adsorpsi, namun hasil tersebut masih belum memenuhi batas maksimum yang diperbolehkan, yakni 0,1 mg/L, sesuai dengan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 9 Tahun 2006.



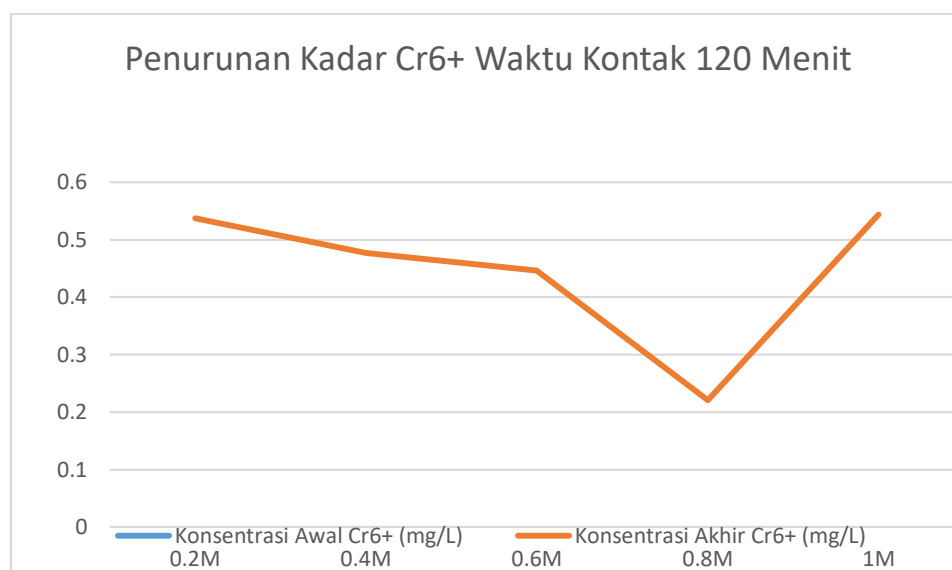
Grafik 5.2 Data Hasil Analisa Metode UV-Vis Logam Berat Cr6+ Waktu Kontak 60 Menit Pada Pond Kathryn

Tabel 5.3
Data Hasil Analisa Metode UV-Vis Logam Berat Cr6+ Waktu Kontak 120 Menit Pada Pond Kathryn

Konsentrasi HCl	Konsentrasi Awal Cr6+ (mg/L)	Konsentrasi Akhir Cr6+ (mg/L)	Selisih (mg/L)	% Penurunan	Keterangan
0.2M	0.571	0.537	0.034	5.95	Tidak efektif
0.4M		0.477	0.094	16.46	Tidak efektif
0.6M		0.446	0.125	21.89	Tidak efektif
0.8M		0.221	0.35	61.30	Kurang efektif
1M		0.544	0.027	4.73	Tidak efektif
Baku Mutu	0.1mg/L				

Sumber. Data Primer, 2025

Berdasarkan tabel 5.3 hasil analisis kromium heksavalen menggunakan metode UV-Vis menunjukkan adanya perbedaan setelah proses adsorpsi selama 120 menit. Efektivitas arang aktif dari kayu kumea paling tinggi diperoleh pada konsentrasi HCl 0.8M, yaitu sebesar 0.221 mg/L dengan penurunan sebesar 0.35 mg/L dan persentase mencapai 61.30%. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi penurunan konsentrasi logam berat kromium heksavalen setelah proses adsorpsi, namun hasil tersebut masih belum memenuhi batas maksimum yang diperbolehkan, yakni 0,1 mg/L, sesuai dengan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 9 Tahun 2006.



Grafik 5.3 Data Hasil Analisa Metode UV-Vis Logam Berat Cr6+ Waktu Kontak 60 Menit Pada Pond Kathryn

2. Konsentrasi Cr Total

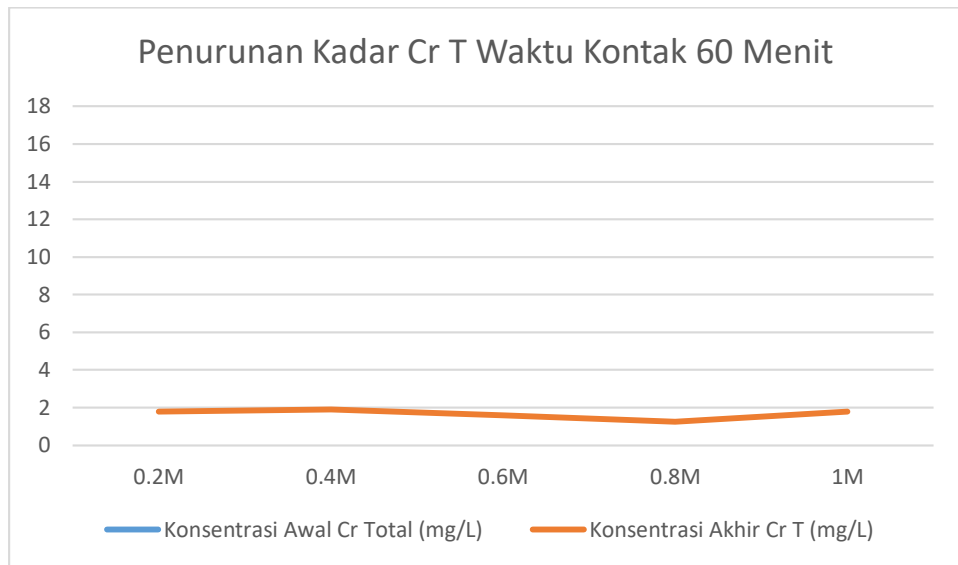
Hasil pemeriksaan laboratorium berdasarkan konsentrasi kromium total (Cr Total) pada limbah cairan buangan dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Tabel 5.4
Data Hasil Analisa ICP Logam Berat Cr Total Waktu
Kontak 60 Menit Pada Pond Kathryn

Konsentrasi HCl	Konsentrasi Awal Cr Total (mg/L)	Konsentrasi Akhir Cr Total (mg/L)	Selisih (mg/L)	% Penurunan	Keterangan
0.2M	16.63	1.8	14.83	89.18	Kurang efektif
0.4M		1.89	14.74	88.63	Kurang efektif
0.6M		1.59	15.04	90.44	Kurang efektif
0.8M		1.24	15.39	92.54	Kurang efektif
1M		1.8	14.83	89.18	Kurang efektif
Baku Mutu	0.5 mg/L				

Sumber Data Primer, 2025

Berdasarkan tabel 5.4, hasil analisis kromium total menggunakan metode ICP menunjukkan adanya perbedaan setelah proses adsorpsi selama 60 menit. Efektivitas arang aktif dari kayu kumea paling tinggi diperoleh pada konsentrasi HCl 0.8M, yaitu sebesar 1.24 mg/L dengan penurunan sebesar 15.39 mg/L dan persentase mencapai 92.54%. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi penurunan konsentrasi logam berat kromium total setelah proses adsorpsi, namun hasil tersebut masih belum memenuhi batas maksimum yang diperbolehkan, yakni 0,5 mg/L, sesuai dengan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 9 Tahun 2006.



Grafik 5.4 Data Hasil Analisa Metode ICP Logam Berat Cr T Waktu Kontak 60 Menit Pada Pond Kathryn

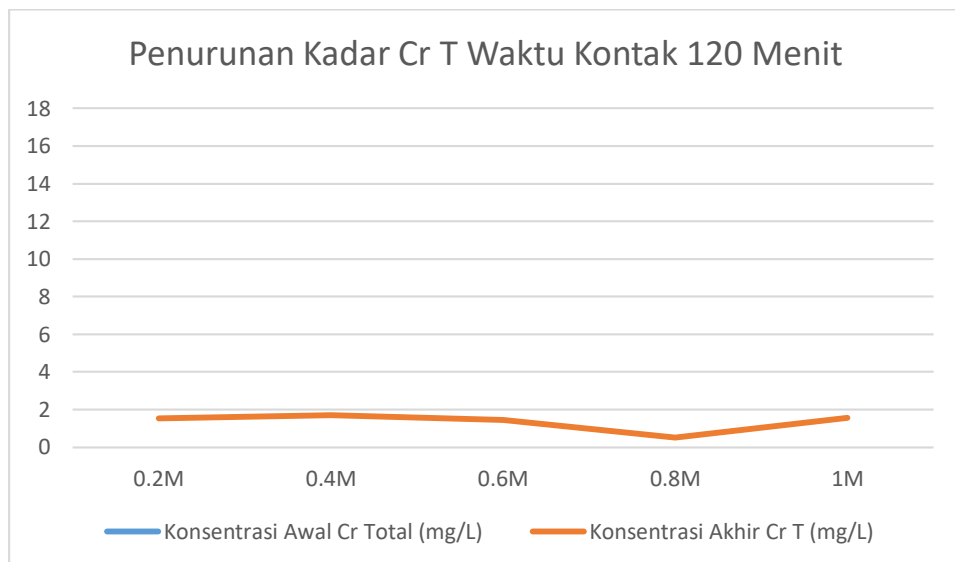
Tabel 5.5
Data Hasil Analisa ICP Logam Berat Cr Total Waktu Kontak 120 Menit Pada Pond Kathryn

Konsentrasi HCl	Konsentrasi Awal Cr Total (mg/L)	Konsentrasi Akhir Cr Total (mg/L)	Selisih (mg/L)	% Penurunan	Keterangan
0.2M	16.63	1.54	15.09	90.74	Kurang efektif
0.4M		1.7	14.93	89.78	Kurang efektif
0.6M		1.44	15.19	91.34	Kurang efektif
0.8M		0.52	16.11	96.87	Kurang efektif
1M		1.55	15.08	90.68	Kurang efektif
Baku Mutu	0.5 mg/L				

Sumber. Data Primer, 2025

Berdasarkan tabel 5.5, hasil analisis kromium total menggunakan metode ICP menunjukkan adanya perbedaan setelah proses adsorpsi selama 120 menit. Efektivitas karbon aktif

dari kayu kumea paling tinggi diperoleh pada konsentrasi HCl 1M, yaitu sebesar 0.52 mg/L dengan penurunan sebesar 16.11 mg/L dan persentase mencapai 96.87%. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi penurunan konsentrasi logam berat kromium total setelah proses adsorpsi, namun hasil tersebut masih belum memenuhi batas maksimum yang diperbolehkan, yakni 0,5 mg/L, sesuai dengan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 9 Tahun 2006.



Grafik 5.5 Data Hasil Analisa Metode ICP Logam Berat Cr T Waktu Kontak 120 Menit Pada Pond Kathryn

C. Pembahasan

Kromium adalah logam berat yang dapat mengalami oksidasi di lingkungan dan membentuk beberapa jenis ion, yaitu Cr (II), Cr (III), dan Cr (VI). Di antara bentuk-bentuk tersebut, kromium heksavalen (Cr VI) merupakan bentuk ionik yang paling berbahaya. Hal ini disebabkan oleh tingkat toksisitasnya yang sangat tinggi, di mana kromium heksavalen diketahui memiliki toksisitas sekitar 100

kali lebih besar dibandingkan kromium trivalen (Cr III). Dampak toksisitas kromium dapat dirasakan oleh manusia, hewan, maupun tumbuhan (Aminatun et al., 2024).

Dampak dari toksik kromium pada manusia yaitu menghasilkan efek pada saluran pernapasan, dengan perforasi dan ulserasi septum, bronkitis, penurunan fungsi paru, pneumonia, dan gatal serta nyeri pada hidung. Kerusakan pada insang ikan serta stress berkepanjangan akibat gangguan keseimbangan ion pada tubuh ikan menjadi salah satu dampak toksik kromium heksavalen yang mencemari lingkungan perairan. Tanda keracunan kromium heksavalen pada tanaman dapat dilihat dari terhambatnya pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Selain itu, gejala keracunan kromium heksavalen yang terjadi yaitu pertumbuhan daun kerdil, daun berwarna coklat pada ujung dan tepinya, daun menjadi kering, klorosis dan nekrosis (Aminatun et al., 2024).

Berdasarkan dari uraian dampak yang ditimbulkan dari logam berat kromium heksavalen, maka diperlukan adanya pengelolaan yang dapat menetralkan logam berat tersebut agar tidak memberikan dampak negatif.

Salah satu metode pengurangan konsentrasi logam berat pada limbah cair yaitu adsorpsi. Kemampuan yang dimiliki metode adsorpsi yaitu adsorbat yang terjerap pada permukaannya yang

dicirikan berupa senyawa-senyawa organik, warna zat, dan ion logam yang menempel di larutan. (Muharti et al., 2024).

Adsorpsi adalah penyerapan molekul zat terlarut antara partikel pada permukaan adsorben. Proses adsorpsi dapat terjadi karena adanya gaya tarik menarik atom atau molekul yang tidak seimbang pada permukaan adsorben. Adsorpsi adalah metode pengolahan air limbah yang lebih disukai yang lebih unggul dari teknik lainnya. Proses adsorpsi memiliki fleksibilitas dan keunggulan dalam desain dan operasi seperti sumber bahan adsorben yang mudah diperoleh, adsorben yang dapat digunakan kembali, murah dan mudah dikerjakan (Iswara et al., 2022).

Karbon aktif atau sering disebut *activated charcoal* adalah produk dari metode karbonisasi yang komponen utamanya sebagian besar dari karbon yang selanjutnya mengalami proses dengan pemanasan yang tinggi atau di reaksi dengan bahan kimia, sehingga pori-pori pada yang dimiliki arang terbuka dan mampu menjadi zat penyerap pada permukaan (adsorben). Daya serap yang besar dari arang aktif inilah yang menjadikan arang aktif banyak digunakan pada produk kecantikan dan kesehatan. Daya serap pada arang aktif terjadi karena adanya pori-pori berukuran mikro yang jumlahnya banyak (Nenohai et al., 2023).

1. Konsentrasi kromium heksavalen pada air limbah

Kromium heksavalen adalah salah satu bentuk kromium yang memiliki tingkat toksisitas tinggi dan dapat memberikan dampak serius jika terpapar. Cr^{6+} sering ditemukan dalam industri yaitu komponen metal, verifikasi melalui spektrofotometer UV-Vis sangat penting untuk membedakan antara Cr^{6+} dan bentuk kromium lain yang kurang berbahaya (seperti Cr^{3+}) (Andini, 2025).

Pada penelitian ini adsorben yang digunakan adalah arang aktif dari serbuk kayu kumea. Serbuk kayu kumea dapat diperoleh di salah satu desa di kabupaten Luwu Timur yaitu Desa Pekaloo. Berdasarkan uji laboratorium diperoleh kadar Cr^{6+} di Lamangka 3, sebelum perlakuan dengan nilai sebesar 0.147 mg/L dan setelah perlakuan dengan rata-rata sebesar 0.1374 mg/L. Pengolahan yang dilakukan oleh peneliti yaitu penambahan karbon aktif arang kayu kumea yang diaktivasi dengan variasi konsentrasi HCl 0.2M, 0.4M, 0.6M, 0.8M dan 1M dan waktu pengendapan selama 60 menit. Kadar Cr^{6+} menggunakan konsentrasi HCl 0.2M mengalami penurunan sebesar 0.012 mg/L dengan persentase 8.16%. Pada konsentrasi HCl 0.4M mengalami penurunan sebesar 0.01 mg/L dengan persentase 6.80%. Pada konsentrasi HCl 0.6M mengalami penurunan sebesar 0.006 mg/L dengan persentase 2.08%. Pada konsentrasi HCl 0.8M mengalami penurunan

sebesar 0.003 mg/L dengan persentase penurunan 2.04%. Dan pada konsentrasi HCl 1M mengalami penurunan sebesar 0.017 mg/L dengan persentase 11.56%.

Pada Pond Kathryn menggunakan variasi waktu 60 menit dan 120 menit. Hasil uji laboratorium pada pengendapan 60 menit didapatkan kadar Cr^{6+} menggunakan konsentrasi HCl 0.2M mengalami penurunan sebesar 0.018 mg/L dengan persentase 3.15%. Pada konsentrasi HCl 0.4M mengalami penurunan sebesar 0.063 mg/L dengan persentase 11.03%. Pada konsentrasi HCl 0.6M mengalami penurunan sebesar 0.093 mg/L dengan persentase 16.29%. Pada konsentrasi HCl 0.8M mengalami penurunan sebesar 0.278 mg/L dengan persentase 48.69%. Dan pada konsentrasi HCl 1M mengalami penurunan sebesar 0.064 mg/L dengan persentase 11.21%. Sedangkan hasil uji laboratorium pada pengendapan 120 menit didapatkan kadar Cr^{6+} menggunakan konsentrasi HCl 0.2M mengalami penurunan sebesar 0.034 mg/L dengan persentase 5.95%. Pada konsentrasi HCl 0.4M mengalami penurunan sebesar 0.094 mg/L dengan persentase penurunan 16.46%. Pada konsentrasi HCl 0.6M mengalami penurunan sebesar 0.125 mg/L dengan persentase 21.89%. Pada konsentrasi HCl 0.8M mengalami penurunan 0.35 mg/L dengan persentase

61.30%. Dan pada konsentrasi HCl 1M mengalami penurunan sebesar 0.027 mg/L dengan persentase 4.73%.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Anggraini dkk (2023) hasil penelitiannya menunjukkan proses adsorpsi menggunakan karbon aktif batu bara muda pada air limbah industri tahu dengan variasi waktu, memperlihatkan terjadinya penurunan nilai COD dalam air limbah industri tahu. Penurunan tertinggi nilai COD dalam air limbah industri tahu terjadi pada variasi pengadukan dengan waktu 15 menit sebanyak 3218,65 mg/l. Pada waktu kontak 5 menit masih tersedia pori-pori adsorben yang belum terisi dengan adsorbat, sehingga pada saat terjadi penambahan waktu kontak masih terdapat menyerap adsorbat yang dapat terserap ke dalam adsorben. Waktu kontak optimum terjadi pada waktu 15 menit dengan kapasitas adsorpsi sebesar 66,35%. Penurunan penyerapan COD dalam air limbah industri tahu terjadi pada waktu telah memasuki 30 menit kemudian dengan %removal penyerapan COD oleh adsorben sebesar 64,31%, penyerapan terus menurun seiring dengan penambahan waktu kontak. Penurunan penyerapan COD pada air limbah industri tahu terjadi pada 30 menit, 45 menit dan 60 menit ini terjadi karena proses desorpsi yaitu proses adsorpsi telah mengalami kesetimbangan pada % Removal 64 %. Proses desorpsi yaitu pelepasan kembali

adsorbat dari dalam pori-pori adsorben karena karbon aktif telah mendekati jenuh oleh adsorbat yang teradsorpsi dan mengalami kesetimbangan sehingga COD yang awalnya terjerap oleh adsorben terlepas kembali, sehingga persentase penyerapan di waktu 30 menit lebih terjadi penurunan penyerapan oleh adsorben.

2. Konsentrasi kromium total pada air limbah

Krom total (Cr) merupakan logam berat yang memiliki sifat mudah larut, karsinogenik, dan dalam jumlah besar dapat mengakibatkan kematian pada makhluk hidup (Putri et al., 2024).

Penggunaan bahan alami sebagai adsorben dalam pengolahan air limbah menjadi salah satu pendekatan yang semakin banyak dikembangkan. Dalam hal ini, arang kumea dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk mengurangi kadar logam berat kromium total dalam air. Berdasarkan uji laboratorium pengedapan 60 menit kadar Cr Total menggunakan konsentrasi HCl 0.2M mengalami penurunan sebesar 14.83 mg/L dengan persentase -8.24%. Pada konsentrasi HCl 0.4M mengalami penurunan sebesar 14.74 mg/L dengan persentase -13.65%. Pada konsentrasi HCl 0.6M mengalami penurunan sebesar 15.04 mg/L dengan persentase 4.39%. Pada konsentrasi HCl 0.8M mengalami penurunan sebesar 15.39 mg/L dengan persentase 25.44%. Dan pada konsentrasi HCl 1M mengalami penurunan

sebesar 14.83 mg/L dengan persentase -8.24%. Sedangkan untuk pengendapan 120 menit kadar Cr Total menggunakan konsentrasi HCl 0.2M mengalami penurunan sebesar 15.09 mg/L dengan persentase 7.40%. Pada konsentrasi HCl 0.4M mengalami penurunan sebesar 14.93 mg/L dengan persentase -2.22%. Pada konsentrasi HCl 0.6M mengalami penurunan sebesar 15.19 mg/L dengan persentase 13.41%. Pada konsentrasi HCl 0.8M mengalami penurunan sebesar 16.11 mg/L dengan persentase 68.73%. Dan pada konsentrasi HCl 1M mengalami penurunan sebesar 15.08 mg/L dengan persentase 6.79%.

Berbeda dengan penelitian lain yang dilakukan oleh Sylvia dkk (2021) hasil penelitiannya menunjukkan proses adsorpsi menggunakan karbon aktif kulit singkong didapatkan kapasitas adsorpsi tertinggi terjadi pada konsentrasi aktivator 30% dengan waktu kontak 120 menit yaitu 470,35 mg/g, sedangkan kapasitas adsorpsi terendah didapat pada konsentrasi aktivator 10% dengan waktu kontak 30 menit yaitu 374,61 mg/g. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi konsentrasi aktivator dapat mengikat zat pengotor atau senyawa tersisa karbonisasi untuk keluar melewati mikro pori-pori dari karbon sehingga permukaan karbon aktif semakin porous yang mengakibatkan semakin besar daya adsorpsi karbon aktif tersebut. Pada penelitian pemanfaatan kulit

singkong sebagai bahan baku arang aktif dengan variasi konsentrasi NaOH dan suhu Ariyani (2017) menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi NaOH maka semakin besar untuk meyerap logam Fe pada air sungai dan lebih optimum sehingga konsentrasi Fe mengalami penurunan pada setiap konsentrasi NaOH.

Pemberian variasi konsentrasi HCl pada karbon aktif dari arang kumea dalam penelitian ini tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap penurunan kadar Cr⁶⁺ dan Cr total. Hal ini diduga karena dipengaruhi oleh waktu pengadukan. Waktu pengadukan yang optimal sangat penting dalam proses koagulasi-flokulasi karena memberikan kesempatan bagi partikel-partikel untuk saling bertumbukan dan membentuk flok yang stabil dan berkualitas. Semakin lama waktu pengadukan, jumlah flok yang terbentuk cenderung lebih banyak. Namun, jika waktu pengadukan terlalu lama, flok yang sudah terbentuk dapat pecah kembali. Sebaliknya, jika pengadukan terlalu cepat atau terlalu singkat, proses pembentukan flok belum maksimal, sehingga efisiensi penurunan logam berat menjadi rendah.

Selain itu, lama waktu pengendapan juga mempengaruhi hasil proses koagulasi-flokulasi. Dalam penelitian ini, waktu pengendapan yang digunakan adalah 60 menit dan 120 menit. Semakin lama waktu pengendapan, maka flok-flok yang terbentuk memiliki

kesempatan lebih besar untuk mengendap ke dasar, menghasilkan filtrat yang lebih jernih. Waktu pengendapan yang ideal umumnya berkisar antara *2 hingga 4 jam*, tergantung pada karakteristik limbah dan ukuran flok. Oleh karena itu, waktu pengendapan yang digunakan dalam penelitian ini diduga masih kurang optimal, sehingga tidak semua flok berhasil mengendap sempurna ke dasar.

Dengan demikian variasi konsentrasi HCl yang paling efektif dalam menurunkan kadar Cr⁶⁺ dan Cr Total pada limbah cair hasil kegiatan pertambangan di PTVI yaitu 0.8M.

Berdasarkan hasil analisa di laboratorium ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi HCl maka akan cenderung semakin besar tingkat penurunan logam berat Cr⁶⁺ dan Cr Total. Akan tetapi hasilnya tidak sepenuhnya konsisten seperti apa yang diharapkan. Contohnya pada sampel di titik Lamangka 3 konsentrasi HCl 1M dengan waktu kontak 60 menit terjadi penurunan dari konsentrasi awal 0.147 mg/L menjadi 0.130 mg/L dengan daya penyerapan 11.56%.

Hal ini juga serupa terjadi pada sampel di titik Kathryn terjadi penurunan logam berat Cr⁶⁺, namun pada konsentrasi 0.8M dengan waktu kontak 60 menit dari kadar awal 0.571 mg/L menjadi 0.293 mg/L dengan daya penyerapan 92.54%. Sama halnya dengan waktu kontak 120 menit terjadi penurunan dari kadar awal 0.571 mg/L menjadi 0.221 mg/L dengan daya penyerapan 61.29%. Secara

teori, konsentrasi 1M seharusnya lebih kuat dan lebih banyak menurunkan kadar logam Cr6+ dan Cr Total, tapi kenyataanya penurunan tertinggi ada pada konsentrasi 0.8M. Ini menunjukkan bahwa selain konsentrasi, ada faktor lain juga yang berpengaruh seperti kondisi lokasi, waktu kontak, atau karakteristik sampelnya.

Secara umum arang aktif kayu kumea memiliki kemampuan dalam menurunkan kadar Cr6+ dan Cr Total pada air limbah, meskipun efektivitasnya bervariasi tergantung pada karakteristik awal limbah. Hal ini mengindikasikan bahwa arang aktif kumea berpotensi sebagai adsorben alternatif untuk pengolahan air limbah yang mengandung logam berat, khususnya logam berat Cr6+ dan Cr Total namun belum berhasil memenuhi syarat baku mutu 0.1 mg/L dan 0.5mg/L berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 9 Tahun 2006.

D. Keterbatasan Penelitian

Hal-hal ini yang menjadi kelemahan dan keterbatasan pada penelitian ini dalam memperoleh hasil yang lebih tepat dan akurat, antara lain :

1. Pada saat proses penelitian berlangsung di laboratorium , terjadi kendala yang mengakibatkan proses penelitian peneliti dihentikan sementara sehingga membuat pengaruh terhadap hasil dari proses uji coba penelitian.
2. Alat pengaduk yang terbatas sehingga pengadukan sampel tidak dilakukan dalam waktu yang bersamaan.

3. Alat penyaringan hanya tersedia 2 sehingga pada saat waktu pengendapan sampel selesai, bertabrakan dengan waktu pekerjaan para analist di laboratorium.
4. Adanya keterbatasan waktu sehingga peneliti tidak dapat melakukan replikasi percobaan penelitian