

**SORTASI LOGAM BERAT KROMIUM HEKSAVALEN PADA PERAIRAN
DAN TANAH DI LINGKUNGAN INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT
BANYAKAN KAPANEWON PIYUNGAN BANTUL**

***SORTING OF HEXAVALENT CHROMIUM HEAVY METALS IN WATERS AND
SOILS IN THE TANNING INDUSTRY ENVIRONMENT OF KAPANEWON
BANYAKAN PIYUNGAN BANTUL***

Agung Kurniawan¹⁾ dan Djoko Mulyanto^{1*)}

¹⁾Program Studi Ilmu Tanah, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

^{*)}Corresponding Author: j.mulyanto@upnyk.ac.id

ABSTRACT

The study was conducted around the Banyakan Tannery Industrial Area, Kapanewon Piyungan, Bantul Regency. The background of this research is due to the existence of a tannery industry adjacent to irrigation streams and settlements. This study aims to determine the distribution of chromium, determine the effect of waste discharge distance on hexavalent chromium levels and determine soil properties that affect hexavalent chromium levels. The methods used are surveys and laboratory analysis. Sampling is carried out by purposive sampling techniques based on those passed by the waste stream. Samples were taken on irrigation water, river water, well water, irrigated soil, rice fields and rice plants with a distance range of 100 meters between sample points. The research parameters used were hexavalent chromium, total chromium, H₂O pH, organic matter, electrical conductivity, and percent clay. The results showed a hexavalent chromium range between 0,0019 – 0,0032 ppm in waters and between 0,04 – 0,07 ppm in soil. There is no relationship between distance and hexavalent chromium levels. In soil, electrical conductivity is directly proportional to hexavalent chromium and pH is inversely proportional to hexavalent chromium.

Keywords: Tanning waste, hexavalent chromium, water and soil pollution.

ABSTRAK

Penelitian dilakukan di sekitar Kawasan Industri Penyamakan Kulit Banyakan, Kapanewon Piyungan, Kabupaten Bantul. Latar belakang penelitian ini disebabkan adanya industri penyamakan kulit yang berdekatan dengan aliran irigasi dan permukiman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui persebaran kromium, mengetahui pengaruh jarak buangan limbah terhadap kadar kromium heksavalen serta mengetahui sifat-sifat tanah yang mempengaruhi kadar kromium heksavalen. Metode yang digunakan yaitu survey dan analisis laboratorium. Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik purposive sampling berdasarkan yang dilewati oleh aliran limbah. Sampel diambil pada air irigasi, air sungai, air sumur, tanah irigasi, tanah sawah dan tanaman padi dengan rentang jarak 100 meter antar titik sampel. Parameter penelitian yang digunakan yaitu kromium heksavalen, kromium total, pH H₂O, bahan organik, daya hantar listrik, dan persen lempung. Hasil penelitian menunjukkan rentang kromium heksavalen antara 0,0019 – 0,0032 ppm pada perairan dan antara 0,04 - 0,07 ppm pada tanah. Tidak ada hubungan antara jarak dengan kadar kromium heksavalen. Di tanah, DHL berbanding lurus dengan kromium heksavalen dan pH berbanding terbalik dengan kromium heksavalen.

Kata kunci: Limbah penyamakan kulit, kromium heksavalen, pencemaran air dan tanah.

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi telah mengalami perkembangan yang sangat cepat di era globalisasi, khususnya di bidang industri. Adanya perkembangan tersebut tidak dapat dipungkiri memiliki dampak yang positif maupun negatif. Salah satu dampak negatif yang timbul yaitu berupa adanya pencemaran. Salah satu bentuk dari pencemaran yaitu pencemaran yang ditimbulkan oleh berbagai bahan kimia yang beracun. Dari sekian banyak unsur bahan kimia, terdapat beberapa unsur yang cukup berbahaya, yaitu unsur yang dikenal dengan logam berat. Logam Cr merupakan salah satu unsur logam berat. Logam ini tergolong rendah dalam koefisien pemindahannya, sehingga unsur tersebut sangat rendah mobilitasnya (Bjerre & Schierup 1985).

Kromium merupakan logam berat yang memiliki beberapa bentuk ion pada saat teroksidasi di lingkungan, yaitu Cr (II), Cr (III), dan Cr (VI). Diantara ketiga bentuk tersebut, kromium heksavalen merupakan bentuk ionik dari logam berat kromium yang paling berbahaya. Hal tersebut dikarenakan tingkat toksisitasnya yang tinggi, diketahui bahwa kromium heksavalen 100 kali lebih toksik dibandingkan dengan kromium trivalen. Toksisitas kromium dapat berdampak terhadap manusia, hewan hingga tanaman. 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 (Saha *et al*, 2011). 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 (Sartini *et al*, 2019)

Di Indonesia banyak wilayah pertanian yang saluran pengairannya tercemar dengan saluran pembuangan limbah dari industri. Hal ini jika terus menerus dibiarkan akan berdampak pada pencemaran terhadap produk pertanian yang pada akhirnya berakibat pada manusia kesehatan manusia, mengingat sifat unsur krom yang memiliki tingkat toksisitas yang tinggi. Salah satu lokasi pembuangan limbah industri yang berada pada saluran pengairan pertanian yaitu terdapat di Kawasan Industri Penyamakan Kulit Banyakan yang berada di Kapanewon Piyungan Kabupaten Bantul. Hal tersebut didukung oleh penelitian yang dilakukan Rahardjo (2014) tentang profil cemaran krom di lingkungan kawasan industri diperoleh hasil bahwa ditemukan 3 perusahaan pengolahan kulit membuang limbah ke saluran irigasi dan kemudian masuk ke sungai. Limbah dari industri penyamakan kulit tersebut mengandung krom ke lingkungan dengan konsentrasi yang tinggi dan berlangsung secara terus menerus sehingga menyebabkan logam berat krom terdistribusi secara luas ke berbagai komponen lingkungan desa Banyakan, baik air irigasi, air sumur, sedimen, tanah, berbagai jenis tanaman pangan dan hewan akuatik. Menurut Rahardjo, pada penelitiannya ditemukan bahwa kadar kromium heksavalen pada air sungai sebesar 0.04 -9.06 ppm, tanah sebesar 0.27 - 56.19 ppm, sedimen sebesar 2.11 - 327.28 ppm, dan tanaman sebesar 0.02 - 193.93 ppm (Rahardjo, 2014).

Seperti logam berat lainnya, perubahan kadar kromium heksavalen di lingkungan perairan dan tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor selain dari akumulasi pembuangan limbah industri. Faktor yang mempengaruhi kromium heksavalen di tanah dinilai lebih

kompleks dibandingkan dengan di perarian. Hal tersebut dikarenakan adanya karakteristik tanah yang bermacam-macam dan setiap jenis tanah memiliki sifat yang berbeda dengan jenis lainnya. Alloway (1990) menyatakan bahwa selain kandungan liat, sifat-sifat tanah seperti pH, kandungan bahan organik, dan kapasitas pertukaran kation akan mempengaruhi ambang batas logam berat dalam tanah, dan akhirnya memengaruhi kemampuan tanah dalam menahan logam kromium.

Maka dari itu, perlu dilakukan penelitian mengenai kadar logam berat kromium heksavalen pada tanah dan perairan di kawasan tersebut, sehingga dapat diketahui distribusi serta persebaran logam berat kromium heksavalen di lokasi sekitar buangan limbah. Persebaran logam berat kromium heksavalen pada penelitian ini disortasi berdasarkan jarak dari buangan limbah tersebut ke lingkungan sekitar kawasan industri Banyakan terutama pada daerah pertanian dan permukiman. Selain itu, juga dapat diketahui sifat tanah yang mempengaruhi perubahan kadar logam berat kromium heksavalen di tanah pada lokasi sekitar lingkungan industri penyamakan kulit Banyakan terkhusus pada area pertaniannya.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di sekitar kawasan industri penyamakan kulit Banyakan, Kalurahan Sitimulyo, Kapanewon Piyungan, Kabupaten Bantul, D.I Yogyakarta. Analisis tanah dan air dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta, Laboratorium Kimia Analitik FMIPA Universitas Gadjah Mada, Laboratorium Kualitas Lingkungan FTSP Universitas Islam Indonesia, dan Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan Dan Pengendalian Penyakit Kementerian Kesehatan, D.I Yogyakarta. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Peta Aliran Pembuangan Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit Banyakan, Peta *Flownet* Kawasan Sekitar Industri Penyamakan Kulit Banyakan, sampel tanah, sampel air, sampel tanaman dan kemikalia laboratorium. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat tulis, komputer, kamera, *software* ArcGIS 10.8, *software* Google Earth Pro 7.3.6.9326, aplikasi Coordinator Pro 7.4.2, plastik sampel, timbangan, meteran, pH meter, Ec meter, spektrofotometer dan alat untuk analisis laboratorium lainnya.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode penelitian survei dan analisis laboratorium. Teknik yang digunakan pada penelitian ini adalah *purposive sampling* yaitu teknik yang pengambilan sampelnya tidak berdasarkan random, daerah atau strata, melainkan berdasarkan adanya pertimbangan yang berfokus pada tujuan penelitian. Dasar dari pengambilan sampel yaitu berdasarkan arah aliran air buangan limbah pabrik yang masuk melalui saluran irigasi serta melalui infiltrasi masuk ke dalam aliran air tanah dengan didasarkan pada peta aliran irigasi serta *flownet* (arah aliran air tanah). Jarak pengambilan sampel dari sumber buangan limbah merupakan variabel pengamatan bebas. Jarak yang diamati yaitu pada jarak 0 m, 100 m, 200 m dan 300 m pada saluran irigasi. Kemudian dibuat pengambilan sampel tanah sawah dengan jarak yang bervariasi juga yaitu 100 m, 200 m, dan 300m. Sedangkan untuk air tanah pada sumur yaitu 400 m, 500 m dan 600 m. Air Sungai Opak diambil pada jarak 700 m, 800 m dan 900 m dari outlet buangan limbah. Variabel terikat yang digunakan sebagai parameter pengamatan hasil laboratorium dibagi menjadi dua yaitu variabel terikat utama dan variabel terikat penunjang. Untuk variabel terikat utama yaitu kadar kromium heksavalen dalam air dan tanah. Variabel terikat penunjang yaitu beberapa sifat-sifat tanah seperti kadar bahan organik, pH H₂O, daya hantar listrik, kadar kromium total dan persen

lempung. Data hasil analisis laboratorium kemudian diolah menggunakan uji korelasional Pearson pada aplikasi SPSS V 25 untuk menentukan pengaruh dan kekuatan hubungan terhadap perubahan kadar kromium heksavalen.

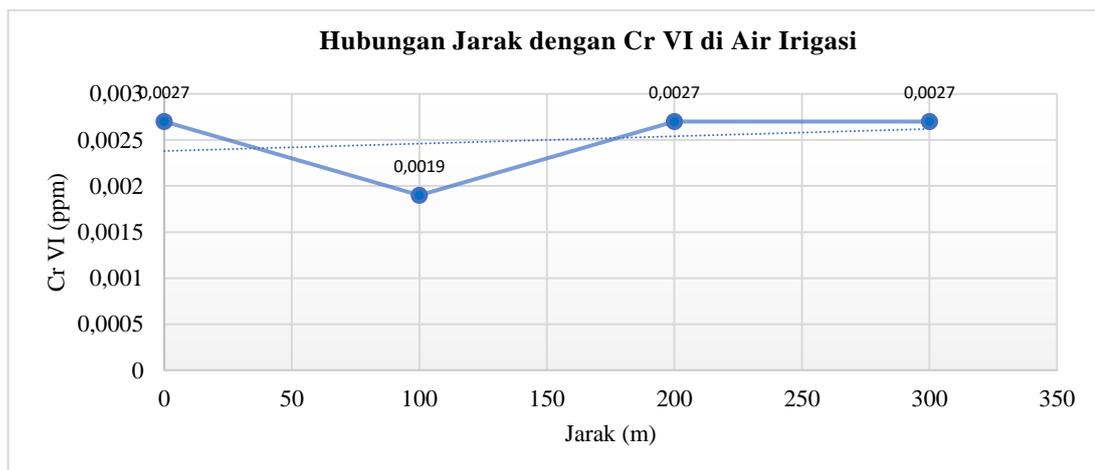
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengaruh Jarak Terhadap Kromium Heksavalen di Perairan

Hasil dari analisis korelasional Pearson menggunakan aplikasi SPSS V 25 menunjukkan bahwa tidak ada hubungan nyata antara jarak pembuangan limbah terhadap kadar kromium heksavalen di lingkungan perairan. Hal ini ditunjukkan dengan nilai *significant* (sig) pada semua perlakuan tidak memenuhi syarat yang besarnya yaitu $< 0,05$. Akan tetapi, berdasarkan nilai korelasi (nilai r) terdapat kekuatan hubungan yang bervariasi tiap perlakuannya serta terdapat jenis korelasi negatif dan positif pada lingkungan perairan ini.

Tabel 1. Hubungan antara Jarak Pembuangan Limbah terhadap Kadar Kromium Heksavalen di Lingkungan Perairan

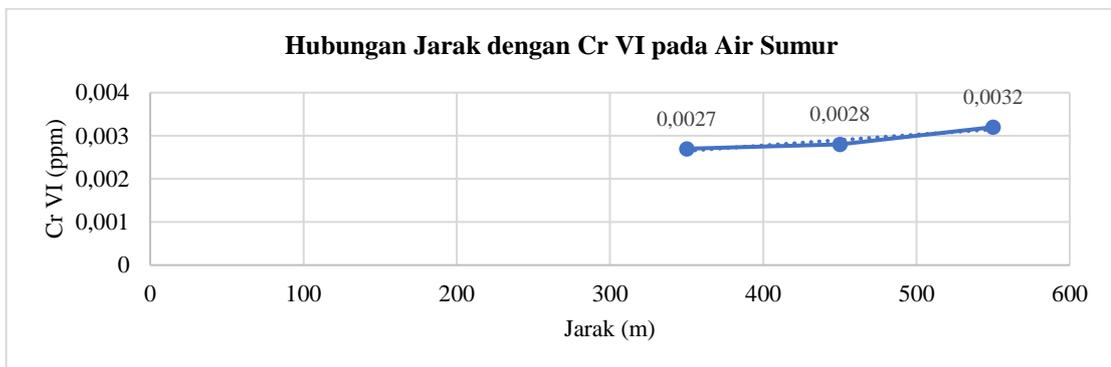
No	Pengaruh	Data		r	sig
		Jarak (m)	Kadar Cr VI (ppm)		
1.	Kadar Cr VI pada Air Irigasi >> Jarak	0	0,0027	0,258	0,742
		100	0,0027		
		200	0,0019		
		300	0,0027		
2.	Kadar Cr VI pada Air Sumur >> Jarak	350	0,0027	0,945	0,212
		450	0,0028		
		550	0,0032		
3.	Kadar Cr VI pada Air Sungai >> Jarak	700	0,0027	-0,918	0,260
		800	0,0020		
		900	0,0019		



Grafik 1 Hubungan antara jarak pembuangan limbah dengan kadar kromium heksavalen di air irigasi

Berdasarkan grafik dari hubungan jarak sumber buangan limbah terhadap kadar kromium heksavalen di lingkungan perairan kawasan penyamakan kulit Banyakan (Grafik 1) terdapat pola persebaran kromium heksavalen yang berbeda-beda antar jenis lokasi penelitian. Lokasi irigasi menunjukkan persebaran kadar kromium heksavalen yang sama hampir di semua jarak namun kadarnya turun pada jarak 100 m. Lokasi sumur menunjukkan pola persebaran tiap jarak yang berkorelasi positif terhadap kadar kromium heksavalen, yaitu semakin meningkat kadar kromium heksavalen berbanding lurus dengan semakin jauhnya jarak. Kondisi berkebalikan ditunjukkan pada pola persebaran kromium heksavalen di lokasi Sungai Opak, terjadi korelasi negatif antara kadar kromium heksavalen dengan jarak atau dapat dikatakan semakin jauh jaraknya maka kadar kromium heksavalen akan semakin turun.

Lokasi titik sampel air irigasi memiliki nilai hubungan jarak terhadap kadar kromium heksavalen yang positif sebesar 0,258 (nilai r) atau dapat dikatakan bahwa kekuatan hubungan jarak terhadap kadar kromium heksavalen yaitu pada korelasi cukup. Berdasarkan pola persebaran tiap jarak di lokasi irigasi terdapat kesamaan kadar pada titik 0 m, 200 m, dan 300 m dengan nilai sebesar 0,0027 ppm. Hal berbeda ditunjukkan pada titik 100 m dengan penurunan kadar kromium heksavalen menjadi 0,0019 ppm. Adanya pola persebaran kromium heksavalen yang hampir merata diakibatkan laju aliran air dari aliran irigasi yang relatif konstan atau tidak banyak berubah akibat dari kedalaman serta lebar irigasi yang sama. Selain itu, bentuk saluran irigasi yang lurus dengan tidak adanya belokan akan mempermudah persebaran kromium heksavalen oleh aliran air secara merata tiap jarak di air irigasi. Terjadinya penurunan kadar kromium heksavalen pada jarak 100 m dinilai masuk akal, dikarenakan adanya peningkatan nilai pH pada lokasi tersebut yang semakin menunjukkan suasana basa yaitu sebesar 7,81 (agak alkalis), sedangkan pada jarak yang lain dengan nilai kromium heksavalen yang lebih tinggi, nilai pHnya dibawah titik sampel 200 m yaitu dalam rentang 7,15 – 7,20. pH yang rendah di lingkungan perairan akan menyebabkan terjadinya peningkatan kadar logam berat termasuk logam kromium heksavalen. Hal ini dikarenakan pada pH rendah (asam), Cr (VI) cenderung lebih stabil dan lebih sedikit mengalami reduksi menjadi bentuk Cr (III) yang kurang larut. Namun, pada pH yang tinggi (basa), Cr (VI) dapat mengalami reduksi menjadi bentuk Cr (III) yang lebih larut dan kurang beracun (Sukoasih, 2017).



Grafik 2 Hubungan antara jarak pembuangan limbah dengan kadar kromium heksavalen di air sumur

Pengaruh jarak buangan limbah terhadap kadar kromium heksavalen di lingkungan air sumur bernilai 0,954 (nilai r) atau dapat dikatakan bahwa jarak memiliki hubungan dengan kekuatan korelasi sangat kuat terhadap perubahan kadar kromium heksavalen di air sumur. Hubungan dari jarak buangan limbah dengan kadar kromium heksavalen dapat dilihat pada grafik 2 yang dapat diartikan bahwa korelasi antara jarak dengan kadar kromium heksavalen di air sumur memiliki korelasi yang positif atau semakin jauh jarak buangan limbah maka kadar kromium heksavalen akan semakin meningkat. Hal tersebut menandakan bahwa distribusi logam berat kromium heksavalen masih terus berlanjut di dalam air tanah. Distribusi yang terus menerus berlanjut tersebut terjadi akibat perbedaan kontur muka air tanah pada titik pengambilan sampel air sumur dari titik sumur 350 m hingga titik sumur 550 m ke arah barat dari sumber pembuangan limbah pabrik. Air tanah yang membawa logam berat kromium heksavalen akan terus menerus bergerak mengalir menuju tempat yang lebih rendah (ke arah barat menuju Sungai Opak) sehingga akan memungkinkan terjadinya akumulasi dari logam berat kromium heksavalen pada sumur 550 m yang lebih tinggi dibandingkan dengan kedua sampel sumur yang lain. Hal ini sesuai dengan pernyataan Arkianti *et al* (2019) dalam penelitiannya yang menyebutkan bahwa air bergerak dari tempat tinggi ke tempat rendah dengan serta membawa bahan-bahan organik maupun non-organik yang terkandung didalamnya.



Grafik 3 Hubungan antara jarak pembuangan limbah dengan kadar kromium heksavalen di air sungai

Hubungan jarak buangan limbah terhadap kadar kromium heksavalen di air sungai memiliki kekuatan hubungan korelasi sebesar -0,918 (nilai r) atau dapat dikatakan bahwa hubungan jarak buangan limbah terhadap kadar kromium heksavalen yaitu berkorelasi sangat kuat. Hubungan antara jarak dengan kadar kromium heksavalen di sungai dapat dilihat pada grafik 3 yang menunjukkan kecenderungan grafik dari hubungan tersebut berkorelasi negatif. Korelasi tersebut menunjukkan bahwa semakin jauh jarak pembuangan limbah dari sumber maka kadar kromium heksavalen akan semakin menurun. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi akumulasi dan pengendapan logam berat kromium heksavalen pada jarak awal lokasi penelitian sehingga kadarnya akan semakin menurun pada jarak yang semakin jauh. Akumulasi yang lebih tinggi ada jarak awal (700 m) ini terjadi akibat lokasinya yang mendekati hilir dari pipa pembuangan limbah cair penyamakan kulit Banyakan yang bermuara di Sungai Opak tersebut. Semakin rendahnya kadar kromium heksavalen pada jarak yang semakin jauh ini dapat diakibatkan juga karena pada saat perjalanan

terjadi pengendapan logam berat tersebut di sedimen serta logam berat kromium heksavalen tersebut mengalami proses pengenceran sehingga kadarnya dalam air akan semakin menurun (Murtini & Rosmawaty, 2006).

Berdasarkan hasil analisis kadar kromium heksavalen pada lingkungan perairan di sekitar kawasan penyamakan kulit Banyakan menunjukkan bahwa kadar kromium heksavalen di 3 jenis lokasi lingkungan perairan masih dibawah ambang baku mutu. Hal ini merujuk pada Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 20 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Air di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta yang besaran maksimal dari kadar kromium heksavalen untuk pengairan tanaman dan air minum yaitu masing-masing adalah 1 ppm dan 0,05 ppm sedangkan rentang dari kadar kromium heksavalen di lokasi perairan kawasan industri penyamakan kulit Banyakan berada pada kadar 0,0019 – 0,0031 ppm. Rendahnya kadar kromium heksavalen di lingkungan perairan ini dapat disebabkan karena adanya pengendapan kromium heksavalen, hal ini sesuai dengan pernyataan dari Begum *et al* (2009) yang mengatakan bahwa pada saat buangan limbah industri masuk ke dalam suatu perairan maka akan terjadi proses pengendapan dalam sedimen. Selain itu, pengelolaan air limbah yang dilakukan pada saat limbah cair dibuang juga dapat berkontribusi terhadap penurunan kadar kromium heksavalen di perairan sekitar kawasan industri penyamakan kulit Banyakan, seperti yang dilakukan oleh salah satu pabrik penyamakan kulit dilokasi tersebut yaitu UD. Setia Kulit Mandiri. Salah satu proses pengelolaan limbah dilakukan dalam bak penampung dengan penambahan kapur untuk menaikkan pH sehingga akan terjadi pengendapan logam berat pada bak penampung sebelum pada akhirnya air limbah cair dibuang ke lingkungan.

B. Pengaruh Jarak Terhadap Kromium Heksavalen di Tanah

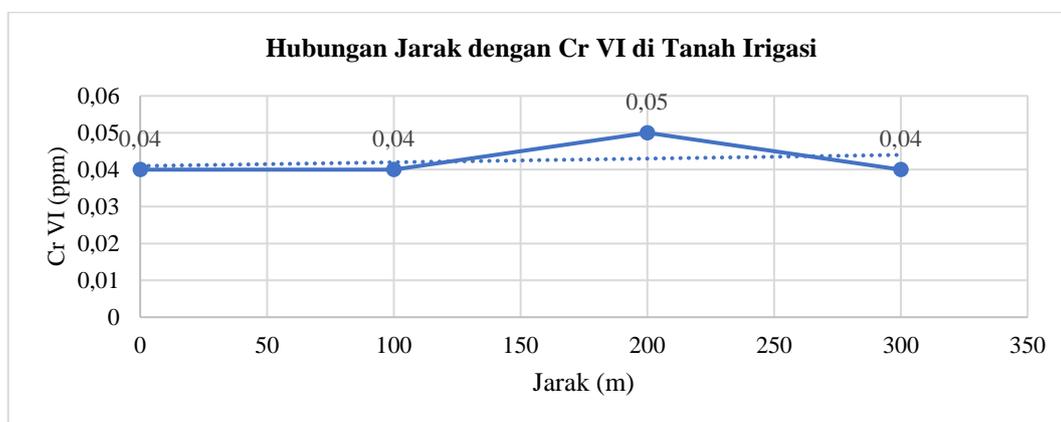
Diketahui bahwa tidak ada hubungan nyata antara jarak dengan kadar kromium heksavalen pada semua lingkungan di lokasi penelitian, baik pada tanah irigasi maupun tanah sawah yang ditandai dengan nilai sig tidak kurang dari 0,05. Akan tetapi, ada perbedaan besarnya kekuatan hubungan korelasi jarak terhadap kadar kromium heksavalen di tanah sawah dan tanah irigasi yang cukup jauh. Tanah irigasi memiliki kekuatan hubungan korelasi yaitu ($r = 0,258$) atau dapat dikatakan bahwa hubungan jarak terhadap kadar kromium heksavalen di tanah irigasi berkorelasi cukup. Tanah Sawah memiliki besaran pengaruh jarak terhadap kadar kromium heksavalen sebesar ($r = -0,866$) atau dapat dikatakan hubungan jarak terhadap perubahan kadar kromium heksavalen di tanah sawah yaitu berkorelasi sangat kuat. Tidak adanya korelasi nyata antara jarak terhadap perubahan kadar kromium heksavalen disebabkan adanya faktor lain yang dapat berpengaruh terhadap distribusi logam berat kromium heksavalen di tanah seperti sifat tanah (pH dan DHL) maupun faktor lainnya seperti laju aliran air.

Grafik 4 menunjukkan bahwa distribusi logam berat kromium heksavalen di tanah irigasi merata hampir pada semua jarak yaitu sebesar 0,04 ppm pada titik sampel 0 m, 100 m, dan 300 m namun mengalami kenaikan pada titik sampel 200 m dengan nilai 0,05 ppm. Persebaran logam berat kromium heksavalen yang merata hampir disemua titik jarak disebabkan karena aliran air pada irigasi yang relatif konstan dan tidak terjadi fluktuasi yang berbeda. Hal ini dapat terjadi karena kondisi irigasi yang lurus tidak banyak belokan serta lebarnya kecil sehingga distribusi logam berat yang dibawa oleh air irigasi akan dapat terdispersi secara merata pada setiap bagian tanah

irigasi. Hal tersebut sama dengan yang terjadi pada titik sampel air irigasi dimana besarnya logam berat kromium heksavalen merata hampir disemua titik jarak.

Tabel 2 Hubungan antara Jarak Pembuangan Limbah terhadap Kadar Kromium Heksavalen di Lingkungan Tanah

No	Pengaruh	Data		r	sig
		Jarak	Kadar Cr VI		
1	Kadar Cr VI pada Tanah Irigasi >< Jarak	0 m	0,04	0,258	0,742
		100 m	0,04		
		200 m	0,05		
		300 m	0,04		
2.	Kadar Cr VI pada Tanah Sawah >< Jarak	100 m	0,07	0,866	0,333
		200 m	0,07		
		300 m	0,06		

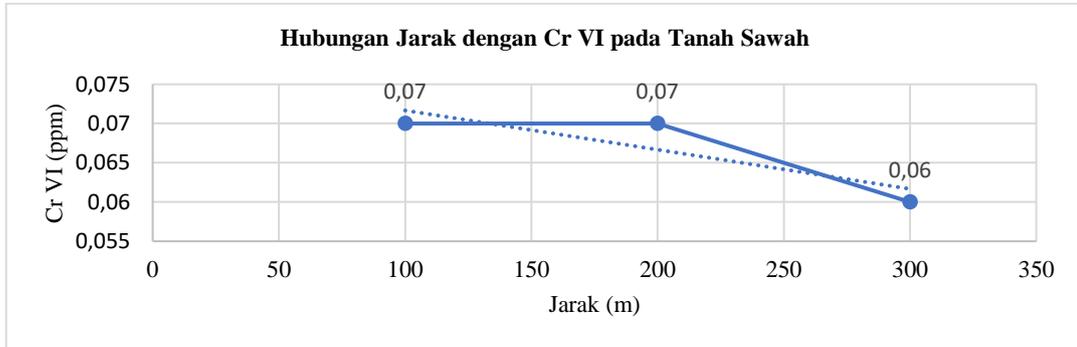


Grafik 4 Hubungan antara jarak pembuangan limbah dengan kadar kromium heksavalen di tanah irigasi

Nilai pH tanah juga berpengaruh dalam perubahan kadar kromium heksavalen di tanah irigasi, dimana semakin tinggi nilai pH maka kadar logam berat pada tanah akan semakin berkurang akibat dari pengendapan pada koloid tanah. Hal ini terlihat dari nilai pH titik sampel 0 m, 100 m, dan 300 m yang memiliki kadar kromium heksavalen sama memiliki rentang pH yang sangat berdekatan yaitu 6,40, 6,41, dan 6,43. Nilai pH titik sampel 200 m yang lebih rendah yaitu sebesar 6,06 menyebabkan meningkatnya pula kadar logam berat kromium heksavalen.

Berdasarkan grafik 5 dapat diketahui bahwa distribusi logam berat di tanah sawah yaitu sama di jarak 100 m dan 200 m dengan nilai 0,07 ppm namun mengalami penurunan kadar di jarak terjauh yaitu 300 m dengan kadar sebesar 0,06 ppm. Pola persebaran tersebut menunjukkan adanya distribusi yang merata di jarak 0 – 200 meter dari sumber limbah dan terjadi penurunan pada titik terjauh yaitu 300 meter. Penurunan di jarak terjauh tersebut dapat diartikan bahwa kadar kromium heksavalen yang dibawa oleh aliran air pada pengairan sawah banyak terjerap di jarak-jarak awal oleh koloid tanah khususnya yaitu fraksi lempung. Tingginya jerapan logam berat dalam tanah salah satunya dipengaruhi oleh kadar lempung aktif yang tinggi. Tekstur tanah memegang peranan penting dalam mengikat atau melepas logam (Zulaehah et al, 2020). Hal ini dapat dilihat dari persen lempung titik 300 m dengan nilai yang

paling rendah dibandingkan kedua titik lainnya yaitu sebesar 49,75%. Tanah dengan tekstur lempung cenderung memiliki drainase yang lebih buruk dibandingkan dengan tanah dengan tekstur pasir. Drainase yang buruk dapat menyebabkan penumpukan air di dalam tanah, yang kemudian dapat meningkatkan peluang terjadinya proses reduksi yang mendukung pelarutan dan penyerapan logam berat oleh koloid tanah



Grafik 5 Hubungan antara jarak pembuangan limbah dengan kadar kromium heksavalen di tanah sawah

Berdasarkan hasil analisis laboratorium terhadap kadar kromium heksavalen pada tanah di kawasan sekitar industri penyamakan kulit Banyak didapatkan kadar yang lebih tinggi dibandingkan dengan di perairan. Hal ini disebabkan karena logam berat dalam air akan lebih mudah terlarut serta terbawa oleh aliran air menuju ke tempat yang lebih rendah (semakin jauh). Berbeda dengan kadar logam berat di tanah yang keberadaannya relatif stabil akibat banyak dijerap oleh koloid tanah serta kondisi pH tanah yang tidak terlalu fluktuatif. Tingginya kadar kromium heksavalen di tanah dapat diakibatkan adanya akumulasi dari limbah cair industri penyamakan kulit yang melewati saluran irigasi. Logam berat kromium heksavalen yang terbawa oleh air irigasi tersebut lama kelamaan seiring berjalannya waktu dan meningkatnya produksi dari industri penyamakan kulit Banyak akan mengendap di dalam tanah dan terakumulasi sehingga jumlahnya meningkat. Meskipun nilainya lebih tinggi dibandingkan dengan sampel perairan, namun kadar kromium heksavalen di lokasi tanah irigasi dan tanah sawah masih dibawah ambang batas untuk aktivitas pertanian yaitu pada nilai 1 ppm berdasarkan Peraturan Gubernur DIY No. 20 tahun 2008.

C. Hubungan dan Pengaruh Antara Beberapa Sifat Tanah dengan Kadar Kromium Heksavalen di Tanah

Terdapat beberapa sifat tanah yang memungkinkan dapat berpengaruh dalam perubahan kadar kromium heksavalen di tanah. Sifat tanah tersebut meliputi beberapa sifat fisik dan sifat kimia. Sifat kimia terdapat parameter kromium total, pH tanah, daya hantar listrik dan bahan organik. Sifat fisik tanah terdapat persen lempung yang berasal dari perhitungan tekstur tanah. Sifat-sifat tanah tersebut kemudian dimasukkan ke dalam analisis korelasi Pearson dengan kadar kromium heksavalen di tanah untuk mengetahui pengaruhnya terhadap perubahan kadar kromium heksavalen. Diketahui bahwa sifat tanah yang memiliki korelasi terhadap perubahan kadar kromium heksavalen di tanah berdasarkan nilai *significant* dibawah 0,05 maupun 0,01 yaitu pH dan DHL. Nilai pH pada masing-masing jenis lokasi penelitian lingkungan tanah memiliki hubungan sebesar -0,998 pada tanah irigasi dan tanah sawah. Nilai DHL memiliki kekuatan korelasi masing-masing yaitu sebesar 0,969

pada tanah irigasi dan 0,997 pada tanah sawah. Sifat tanah yang lain tidak berhubungan terhadap perubahan kadar kromium heksavalen di tanah dengan variasi besarnya kekuatan korelasi yang beragam mulai dari berkorelasi cukup (-0,358) hingga berkorelasi sangat kuat (-0,948).

Tabel 3 Hubungan Kadar Kromium Heksavalen di Tanah dengan Beberapa Sifat Tanah

No	Nilai r dan sig	Sifat Tanah					
		Krom Total	pH H ₂ O	DHL	Bahan Organik	Persen Lempung	
1.	Cr VI Tanah Irigasi	r	0,667	-0,998**	0,969*	-0,587	-0,358
		Sig	0,333	0,002	0,031	0,413	0,642
2.	Cr VI Tanah Sawah	r	-0,693	-0,998*	0,997*	-0,948	0,744
		Sig	0,512	0,042	0,048	0,206	0,466

Keterangan

- * : berhubungan nyata pada taraf 0,05
- ** : berhubungan nyata pada taraf 0,01

1. Pengaruh Kromium Total terhadap Kromium Heksavalen di Tanah

Kromium total pada tanah irigasi memiliki kekuatan korelasi sebesar 0,667 terhadap perubahan kadar kromium heksavalen sedangkan kromium total di tanah sawah memiliki pengaruh sebesar -0,693 terhadap perubahan kadar kromium heksavalen. Hal ini dapat diartikan bahwa kadar kromium total di tanah irigasi dan tanah sawah memiliki kekuatan korelasi yang kuat. Terdapat perbedaan korelasi antara kromium total dengan kromium heksavalen pada tanah irigasi dan tanah sawah, perbedaan tersebut terlihat dari korelasi pada tanah irigasi bernilai positif atau dapat dikatakan berbanding lurus sedangkan pada tanah sawah bernilai negatif atau berbanding terbalik. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar nilai kromium total di tanah irigasi maka kadar kromium heksavalennya akan meningkat sedangkan pada tanah sawah yaitu semakin besar nilai kromium total maka kadar kromium heksavalennya akan semakin menurun.

Adanya korelasi negatif dan positif pada kedua lokasi penelitian menunjukkan bahwa jumlah kromium total di tanah yang tinggi tidak selalu menginterpretasikan tingginya kromium heksavalen dan sebaliknya kadar kromium total yang rendah tidak berarti kadar kromium heksavalennya tinggi. Hal ini dikarenakan kromium total merupakan jumlah keseluruhan dari berbagai bentuk logam berat kromium baik dalam bentuk Cr (II), Cr (III), Cr (VI) maupun bentuk lain dari persenyawaan logam berat kromium. Maka dari itu tinggi rendahnya kromium total pada suatu sampel dapat diakibatkan oleh akumulasi dari beberapa bentuk logam berat kromium selain kromium heksavalen.

2. Pengaruh pH Tanah terhadap Kromium Heksavalen di Tanah

pH tanah memiliki korelasi yang nyata terhadap perubahan kadar kromium heksavalen di tanah irigasi dan tanah sawah dengan nilai korelasi Pearson (r) yang sama yaitu sebesar -0,988. Korelasi dari pH tanah dengan perubahan kadar kromium heksavalen di tanah yaitu berkorelasi negatif atau dapat dikatakan bahwa semakin tinggi nilai pH tanah maka kadar kromium heksavalen di tanah akan semakin berkurang (rendah). Hal ini dikarenakan pada pH rendah (asam), kromium heksavalen (Cr VI) cenderung lebih stabil dan lebih sedikit mengalami reduksi menjadi bentuk kromium trivalen (Cr III) yang kurang larut. Akan tetapi, pada pH yang tinggi (basa), kromium heksavalen dapat mengalami reduksi menjadi bentuk kromium trivalen yang lebih larut dan kurang beracun. Pada pH yang lebih tinggi (netral hingga basa), kromium trivalen (Cr^{3+}) umumnya lebih stabil dan tidak mudah teroksidasi menjadi kromium heksavalen (Cr^{6+}). Ion hidroksida (OH^-) yang hadir dalam lingkungan basa dapat membentuk kompleks dengan kromium trivalen (Cr^{3+}), membantu mempertahankan bentuk trivalen dan menghambat oksidasi menjadi heksavalen (Sukoasih, 2017).

Mekanisme perubahan kromium trivalen yang stabil dan aman bagi lingkungan menjadi kromium heksavalen yang 100 kali lebih beracun dari kromium trivalen yang dipengaruhi oleh pH dapat terjadi pada kondisi asam. Reaksi oksidasi kromium trivalen menjadi kromium heksavalen umumnya terjadi dalam kondisi asam atau pH rendah. Lingkungan asam meningkatkan keberadaan ion hidrogen (H^+) yang dapat berpartisipasi dalam reaksi oksidasi. Berikut merupakan salah satu reaksi kimia yang dapat terjadi (Liang *et al.*, 2021):



Dalam reaksi ini, dua molekul kromium trivalen (Cr^{3+}) bereaksi dengan tujuh molekul ion hidrogen (H^+) dan tiga molekul peroksida (H_2O_2) untuk menghasilkan dua molekul kromium heksavalen (Cr^{6+}) dan sepuluh molekul air (H_2O) sebagai produk samping. Selain itu, dapat terjadi reaksi Cr^{3+} menjadi Cr^{6+} dalam bentuk kromium dikromat, untuk mengubah kromium (Cr) trivalen (Cr^{3+}) menjadi ion dikromat ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$), diperlukan oksidasi yang melibatkan reagen tertentu. Berikut adalah reaksi kimia yang menggambarkan perubahan tersebut:



Dalam reaksi ini, dua molekul kromium trivalen (Cr^{3+}) bereaksi dengan tujuh molekul peroksida (H_2O_2) dan delapan molekul ion hidrogen (H^+) untuk menghasilkan ion dikromat ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) dan 14 molekul air (H_2O) sebagai produk samping. Proses ini melibatkan oksidasi Cr^{3+} menjadi $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$. Ion hidrogen (H^+) dan peroksida (H_2O_2) berperan sebagai oksidator dalam reaksi ini. Reaksi tersebut mengubah status oksidasi kromium dari +3 (trivalen) menjadi +6 (heksavalen) pada ion dikromat.

3. Hubungan antara Daya Hantar Listrik dengan Kromium Heksavalen di Tanah

Daya hantar listrik atau konduktivitas listrik pada lingkungan tanah baik pada tanah irigasi dan tanah sawah memiliki korelasi yang nyata terhadap

perubahan kadar kromium heksavalen di tanah. Tanah irigasi memiliki nilai korelasi Pearson (r) sebesar 0,969 terhadap perubahan kadar kromium heksavalen dan tanah sawah yaitu sebesar 0,997. Kekuatan korelasi hubungan dari kedua lokasi penelitian tersebut termasuk ke dalam korelasi sangat kuat. Korelasi antara kadar kromium heksavalen tanah sawah dan tanah irigasi terhadap daya hantar listriknya yaitu berkorelasi positif atau dapat dikatakan bahwa semakin tinggi nilai daya hantar listrik maka kadar kromium heksavalennya semakin meningkat pula. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan dari Purbalisa dan Mulyadi (2013) yang menyatakan bahwa selain dipengaruhi oleh garam-garam terlarut, daya hantar listrik juga dipengaruhi oleh logam berat terlarut yang membentuk ion. Logam berat kromium yang dibawa oleh limbah cair yaitu dalam bentuk kromium kromat (CrO_4^{2-}) dan kromium dikromat ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$).

4. Pengaruh Bahan Organik terhadap Kromium Heksavalen di Tanah

Bahan organik pada semua sampel tanah baik tanah irigasi dan tanah sawah tidak memiliki korelasi yang nyata terhadap perubahan kadar kromium heksavalen di tanah. Besar hubungan bahan organik di tanah irigasi terhadap perubahan kadar kromium heksavalen yaitu sebesar -0,587 sedangkan besar pengaruh bahan organik di tanah sawah terhadap perubahan kadar kromium heksavalen yaitu sebesar -0,948. Kekuatan hubungan korelasi antara bahan organik dengan kromium heksavalen pada tanah sawah yaitu berkorelasi kuat sedangkan pada tanah irigasi yaitu berkorelasi sangat kuat. Nilai korelasi yang negatif menunjukkan bahwa semakin banyak bahan organik di dalam tanah maka kadar kromium heksavalen akan semakin menurun.

Kemampuan bahan organik dalam menurunkan kadar kromium heksavalen pada tanah dapat terjadi akibat adanya proses khelasi. Khelasi merupakan proses terikatnya unsur logam berat oleh molekul dalam bahan organik seperti asam humat dan asam fulvat. Ikatan tersebut akan membuat terbentuknya kompleks jerapan sehingga kromium heksavalen dalam keadaan tidak bebas dan mudah larut. Selain itu, bahan organik dalam tanah, seperti humus, dapat berperan dalam proses reduksi kromium heksavalen menjadi kromium trivalen. Gugus fungsional di dalam bahan organik, seperti hidroksil (OH^-) dan gugus karboksilat (COO^-), dapat berinteraksi dengan kromium heksavalen dan mengurangi oksidasi menjadi kromium trivalen yang lebih stabil dan kurang beracun. Bahan organik juga dapat bersaing dengan kromium heksavalen untuk berikatan dengan permukaan tanah. Jika bahan organik dalam tanah memiliki muatan negatif yang tinggi dan kapasitas pertukaran kation yang baik, bahan organik tersebut dapat mengurangi kontak langsung kromium heksavalen dengan tanah akibat bentuk kromium heksavalen yang beroksidasi negatif.

5. Pengaruh Persen Lempung terhadap Kromium Heksavalen di Tanah

Persen lempung pada tanah irigasi dan tanah sawah tidak berkorelasi terhadap kadar kromium heksavalen. Besarnya hubungan persen lempung di tanah irigasi terhadap kromium heksavalen berdasarkan nilai korelasi Pearsonnya (r) yaitu sebesar -0,358 dengan kekuatan hubungan korelasi yaitu berkorelasi cukup kuat sedangkan besarnya hubungan persen lempung di tanah sawah terhadap kromium heksavalen sebesar 0,744 dengan kekuatan hubungan korelasi yaitu

sangat kuat. Terdapat perbedaan bentuk korelasi antara tanah sawah dengan tanah irigasi yaitu pada tanah irigasi persen lempung berkorelasi negatif yang mengartikan bahwa semakin tinggi persen lempung maka kromium heksavalen akan semakin rendah, sedangkan pada tanah sawah yaitu berkorelasi positif yang berarti bahwa semakin tinggi persen lempung di dalam tanah maka semakin tinggi juga kadar kromium heksavalennya.

Adanya perbedaan korelasi antara persen lempung terhadap perubahan kadar kromium heksavalen yang terjadi pada kedua lokasi tanah yaitu korelasi negatif dan korelasi positif disebabkan oleh muatan pada fraksi lempung tanah yang dapat bersifat negatif maupun positif akibat dipengaruhi beberapa faktor seperti bahan organik, tipe mineral, dan kapasitas pertukaran kation. Kromium heksavalen merupakan bentuk ionisasi dari logam berat kromium yang bermuatan negatif (kromium heksavalen yang berasal dari limbah cair penyamakan kulit banyak ditemukan dalam bentuk muatan negatif yaitu kromium kromat (CrO_4^{-2}) dan kromium dikromat ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{-2}$)) sehingga tanah yang banyak mengandung muatan positif akan dapat banyak menyerap kromium heksavalen tersebut. Hal tersebut menandakan bahwa muatan positif pada fraksi lempung tanah sawah lebih tinggi sedangkan pada tanah irigasi muatan negatifnya yang lebih tinggi atau muatan positif pada tanah irigasi rendah.

KESIMPULAN

1. Terdapat persebaran kadar kromium heksavalen yang didapatkan yaitu pada air irigasi sebesar 0,0027 ppm (0 m), 0,0019 ppm (100 m), 0,0027 ppm (200 m), dan 0,0027 ppm (300 m); pada air sumur sebesar 0,0027 ppm (350 m), 0,0028 ppm (450 m), dan 0,0032 ppm (550 m); pada air sungai sebesar 0,0027 ppm (700 m), 0,0020 ppm (800 m), dan 0,0019 ppm (900 m); pada tanah irigasi sebesar 0,04 ppm (0 m), 0,04 ppm (100 m), 0,05 ppm (200 m), dan 0,04 ppm (300 m); dan pada tanah sawah sebesar 0,07 ppm (100 m), 0,07 ppm (200 m), dan 0,06 ppm (300 m).
2. Tidak terdapat pengaruh antara jarak pembuangan limbah cair penyamakan kulit Banyakan terhadap perubahan kadar kromium heksavalen di lingkungan perairan dan tanah sekitar kawasan industri penyamakan kulit Banyakan.
3. Terdapat pengaruh nyata antara sifat tanah terhadap perubahan kadar kromium heksavalen di tanah irigasi dan tanah sawah yaitu pada parameter daya hantar listrik dan pH tanah. Semakin tinggi nilai daya hantar listrik maka semakin tinggi pula nilai kromium heksavalen sedangkan semakin rendah nilai pH maka semakin tinggi kadar kromium heksavalennya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alloway, B.J. 1990. *Soil Processes and Behaviour of Metal*. In: Alloway, B.J (ed). *Heavy Metals in Soils*. Blackie Glasgow and London Halsted Press John Wiley and Sons Inc. New York.
- Arkianti, N., Dewi, N. K., dan Martuti, N. K. T., 2019. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Ikan di Sungai Lamat Kabupaten Magelang. *Life Science*. 8(1): 54-63
- Begum, A., Ramaiah, M., Khan, H.I. and Veena, K. (2009) Analysis of Heavy Metals Concentration in Soil and Lichens from Various Localities of Hosur Road, Bangalore, India. *E-Journal of Chemistry*, 6, 13-22.

- Bjerre, G.K. dan H. Schierup. 1985. Uptake of Six Heavy Metals by Oats as Influenced by Soil Type and Addition of Cadmium, Lead, Zine and Copper. *In Plant and Soil* 88: 25-28.
- Liang, J., Huang, X., Yan, J., Li, Y., Zhao, Z., Liu, Y., ... & Wei, Y. (2021). A review of the formation of Cr (VI) via Cr (III) oxidation in soils and groundwater. *Science of The Total Environment*, 774, 145762.
- Murtini, J., & Rosmawaty. (2006). Kandungan Logam Berat pada Kerang Kepah (*meritrix meritrix*) dan Air Laut di Perairan Banjarmasin. *Jurnal Perikanan*, 8(2), 177- 184.
- Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 20 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Air di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta
- Purbalisa, W., & Mulyadi. 2013. Pb dan Cu Pada Badan Air dan Tanah Sawah SubDAS Solo Hilir Kabupaten Lamongan. *Agrologia*, 2(2), hal. 116–123.
- Rahardjo, D., 2014. *Profil Cemar Krom pada Air Permukaan, Sedimen, Air Tanah dan Biota serta Akumulasi pada Rambut dan Kuku Warga Masyarakat di Sekitar Kawasan Industri Kulit Desa Banyakan, Piyungan Bantul*. Laporan Penelitian-LPPM, UKDW.
- Saha, R., Nandi, R., & Saha, B. 2011. Sources and toxicity of hexavalent chromium. *Journal of Coordination Chemistry*. *Journal of Coordination Chemistry*, 64(10), 1782-1806.
- Sartini, A. Z., & Ambardini, S. Efek Logam Krom Terhadap Pertumbuhan Tanaman Binahong (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis) dan Akumulasinya. *Prosiding Seminar Nasional Biologi, Jurusan Biologi FMIPA UHO*, Kendari 2019. Hal. 254-259.
- Sukoasih, A., & Widiyanto, T. 2017. Hubungan Antara Suhu, pH dan Berbagai Variasi Jarak Dengan Kadar Timbal (Pb) pada Badan Air Sungai Rompang dan Air Sumur Gali Industri Batik Sokaraja Tengah Tahun 2016. *Buletin Keslingmas*, 36(4), 360-368.
- Zulaehah, I., Sukarjo, E. S., & Harsanti, E. S. 2020. Pengujian Baku Mutu Logam Nikel pada Tekstur Tanah yang Berbeda dengan Indikator Tanaman Padi. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan Vol*, 7(2), 263-271.