

Analisis Cemaran Logam Berat Cr (VI) Dan Isolasi Bakteri Pereduksinya Pada Limbah Cair Pewarna Batik di Kota Tasikmalaya

The Analysis of Hexavalent Chromium and Isolation of Bacteria Degrade Batik Wastewater in Tasikmalaya City

Edi Hernawan, Vita Meylani*

Jurusan Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Siliwangi, Indonesia

Diterima: 15 Maret 2024; Direview: 15 Maret 2024; Disetujui: 18 Maret 2024

*Corresponding Email: vibriovita@unsil.ac.id

Abstrak

Cigeureung, Kelurahan Nagarasari, Kecamatan Cipedes Kota Tasikmalaya merupakan daerah sentra batik yang ada di Priangan Timur yang banyak ditemukan limbah cair pewarna batik. Pewarna tekstil merupakan unsur yang tidak dapat dipisahkan pada proses pembuatan batik dan banyak mengandung logam berat yang dapat mencemari lingkungan sehingga dapat merusak unsur hara air tanah, salah satu diantaranya yang berbahaya bagi kesehatan lingkungan adalah Kromium Heksavalen (Cr (VI)). Selain itu, limbah cair batik terkandung sejumlah mikroorganisme alamiah yang dapat mendegradasi pewarna maupun tidak. Tujuan penelitian ini digunakan untuk mengetahui kandungan logam berat dan cara mendegradasinya menggunakan unsur biologis (mikroorganisme). Sehingga dalam hal ini melalui metode kualitatif dan kuantitatif, untuk mengetahui kandungan Cr (VI) yang terdapat pada pewarna tekstil tersebut kami menggunakan teknik *Neutron Activation Analysis* (NAA). Serta untuk mengetahui bakteri yang dapat mendegradasi pewarna dilakukan isolasi dari limbah cair dan identifikasi secara morfologi dan fisiologi yang mengacu pada buku taksonomi *Bergeys Manual*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah cair batik yang diambil secara random pada jarak yang berbeda menunjukkan adanya kandungan Cr (VI) < 0,04 yang masih memenuhi baku mutu kualitas lingkungan. Selain itu, terdapat beberapa genus bakteri yang ditemukan pada limbah cair batik diantaranya adalah genus *Streptococcus*, *Bacillus*, dan *Streptobacillus*.

Kata Kunci: Bakteri Pereduksi Logam Berat Cr (VI); Limbah Cair Batik; Logam Berat Cr (VI); NAA

Abstract

The location of Cigeureung, Nagarasari Village, Cipedes District, Tasikmalaya City is a prominent hub for batik production in East Priangan, where a significant amount of liquid waste from batik dye is generated. Textile dyes are integral components of the batik-making process and encompass a multitude of heavy metals that possess the potential to contaminate the environment and negatively impact groundwater nutrients. Among these heavy metals, Hexavalent Chromium (Cr (VI)) stands out as a hazardous element for environmental well-being. In addition, batik liquid waste harbors many indigenous microorganisms capable of decomposing pigments. This study sought to ascertain the concentration of heavy metals and explore methods for their degradation through the utilization of biological agents, specifically microorganisms. In this particular instance, the Neutron Activation Analysis (NAA) approach was employed to ascertain the concentration of Cr (VI) present in the textile dye, utilizing both qualitative and quantitative methodologies. Isolation is conducted to identify bacteria capable of degrading colors. This process involves isolating bacteria from liquid waste and subsequently identifying them visually and physiologically, following the guidelines outlined in the *Bergeys Manual* taxonomy book. The study revealed that batik liquid waste collected at various distances exhibited a Cr (VI) concentration below 0.04, thereby satisfying the criteria for environmental quality. In addition, batik liquid waste contains many genera of bacteria, including as *Streptococcus*, *Bacillus*, and *Streptobacillus*.

Keywords: Heavy Metal Cr(VI) Reducing Bacteria; Batik Liquid Waste; Heavy Metal Cr(VI); NAA

How to Cite: Hernawan, E. & Meylani, V. (2024). Analisis Cemaran Logam Berat Cr (VI) Dan Isolasi Bakteri Pereduksinya Pada Limbah Cair Pewarna Batik Di Kota Tasikmalaya. *Journal of Natural Sciences*. 5 (1): 10-22



PENDAHULUAN

Di Jawa Barat, industri batik telah berkembang di 18 Kabupaten dan Kota (Nur, 2011; Sunarya et al., 2011). Salah satunya wilayah Tasikmalaya sudah sejak lama dikenal sebagai kawasan sentra batik terkemuka se-Priangan Timur di Jawa barat. Di daerah ini banyak terdapat lokasi sentra batik seperti Cigeureung, Sukaraja, Gudang Jero, dan sebagainya. Sampai saat ini jenis batik Sukapura khas Tasikmalaya yang masih menjadi komoditas unggulan yang memberikan hasil usaha cukup menjanjikan di Tasikmalaya sehingga semakin banyak perusahaan batik bermunculan baik skala rumahan (*home industry*) maupun pabrik (menengah dan besar). Akan tetapi, dengan bertambahnya perusahaan batik bisa berdampak negatif pada lingkungan karena proses produksinya tidak terlepas dari tahap pewarnaan, sehingga mengakibatkan timbulnya bahan pencemar seperti bahan logam berat yang mencemari badan permukaan air (Sasongko & Tresna, 2010). Limbah cair batik yang berwarna tak lepas dari penggunaan pewarna tekstil dan bahan lainnya. Adapun jenis pewarna sintetik yang banyak digunakan di sentra batik Cigeureung adalah indigosol, reaktif Procion, Remazol, dispersi, dan direk yang mana diketahui mengandung senyawa azo dan logam berat yang saat bereaksi dengan air dapat bersifat karsinogenik (Mutiara et al., 2022). Oleh karena itu, keberadaan logam berat dalam limbah pembuangan pabrik batik dapat merusak kualitas kesehatan lingkungan sekitarnya.

Pencemaran air merupakan penyimpangan sifat air dari keadaan normal, yang mana salah satunya adalah adanya limbah cair batik yang mengandung polutan berupa logam berat seperti timbal (Pb), kadmium (Cd), kromium (Cr), seng (Zn), tembaga (Cu), mangan (Mn), dan nikel (Ni) yang merupakan salah satu karakter fisikokimia limbah (Fuji et al., 2020; Yudo, 2006). Logam berat tersebut ikut terbawa oleh pewarna batik pada saat proses pencucian batik dan diperkirakan sekitar 10-15 % pewarna tercuci dan masuk dalam limbah cair (Dewi et al., 2019; Vaidya & Datye, 1982). Dari berbagai logam berat dalam limbah batik, Kromium (Cr) menjadi salah satu logam paling beracun menurut *Agency for Toxic Substances and Diseases Registry* (ATSDR) dan terdaftar sebagai karsinogen manusia tingkat 'A' oleh Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat (US-EPA) (ZDHC Programme, 2015). Keberadaan logam Kromium terdiri dari bentuk trivalen (Cr(III)) dan heksavalen (Cr(VI)) yang mana kromium heksavalen lebih berbahaya dan bersifat mutagenik karena memiliki potensi oksidasi yang kuat, kelarutan



yang lebih tinggi dalam air, dan permeabilitas yang cepat melalui membran sel biologis, serta saat terkena tubuh manusia bisa menyebabkan infeksi kulit, mata, saluran pernafasan, bahkan bersifat karsinogen (Ahmad et al., 2020; Gong et al., 2018; Mutiara et al., 2022; Rashid et al., 2013). Guna menganalisis kadar kromium heksavalen dalam suatu zat, maka dapat dilakukan dengan berbagai metode seperti NAA (*Neutron Activation Analysis*), spektrometri massa pasangan induktif (ICP-MS), spektrometri serapan atom (SSA) tungku grafit (GFAAS), spektrometri serapan atom-atomisasi elektrotermal (ET-AAS) (Chandra, 2015; Hasan & Miah, 2014; Wilbur et al., 2012). Selain itu, pewarna tekstil yang digunakan tergolong pewarna azo yang mana kontaminasi ikatan antar gugus azo dan kromium heksavalen merupakan masalah kompleks dalam proses biodegradasi. Sehingga logam berat kromium heksavalen (Cr(VI)) menjadi salah satu kandungan logam berat berbahaya dalam limbah batik yang perlu dianalisis dan diminimalisir keberadaannya.

Meskipun demikian, logam berat pada limbah cair dapat didegradasi oleh mikroorganisme alami di dalamnya. Hal ini disebabkan karena pada dasarnya mikroorganisme dapat mengonsumsi limbah untuk kebutuhan metabolisme dengan cara mengubahnya menjadi tidak beracun yang menghasilkan banyak metabolit untuk menyederhanakan senyawa kompleks menjadi sederhana karena mikroorganisme ini telah mengembangkan banyak mekanisme ketahanan untuk bertahan hidup. Bentuk degradasi dan reduksi Cr (VI) oleh mikroorganisme dapat berupa penyerapan logam (bioakumulasi atau biosorpsi), dan biotransformasi (reduksi) yang mengubah keadaan oksidatif (Fernández et al., 2018). Sejumlah bakteri seperti *Agrobacterium* sp. pendegradasi Cr (VI) (Pramono et al., 2013); bakteri gram positif *Bacillus* dan *Coccus* serta bakteri gram negatif *Bacillus* (K.C.A et al., 2006); serta genus *Bacillus*, *Geobacillus*, dan *Pseudomonas* yang diisolasi dari limbah batik dapat mendegradasi Cr(VI) (Wijastuti et al., 2015). Isolat bakteri tersebut dapat mendegradasi logam berat baik berupa isolat tunggal maupun campuran. Hal ini juga berlaku dalam limbah cair batik yang didalamnya terdapat mikroba alami yang berpotensi mendegradasi logam berat Cr (VI) sebagai upaya bioremediasi meminimalisir toksisitas limbah batik. Para peneliti melaporkan bahwa terdapat sejumlah bakteri, dan jamur mikrofungi ditemukan dalam limbah cair batik. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui cemaran logam berat pada limbah cair batik di Kota Tasikmalaya dengan menggunakan teknik *Neutron Activation*



Analysis (NAA) dan isolasi bakteri pereduksinya sehingga dapat diketahui kadar logam berat dan bakteri pereduksinya.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif dalam mengukur kadar Cr (VI) menggunakan teknik *Neutron Activation Analysis* (NAA) dan kualitatif berupa analisis deskriptif dalam mengetahui genus isolat mikroba yang terdapat dalam limbah cair batik.

1. Pengukuran Kadar Kromium Heksavalen (Cr (VI))

a. Pengambilan Sampel

Sampel penelitian diambil secara acak dalam satu waktu dan tempat (*grab sampling*) dari industri batik Sukapura di Kawasan Sentra Batik Cigeureung Kota Tasikmalaya yang dilaksanakan pada bulan Desember 2019. Pengukuran analisis kadar Cr (VI) menggunakan metode NAA dan isolat mikroba pada limbah cair batik dilaksanakan di Lab. Sucofindo dan Lab. Mikrobiologi, FKIP Universitas Siliwangi.

b. Preparasi sampel untuk Metode *Neutron Activation Analysis* (NAA)

Sampel air diambil 1,5 liter, disaring dengan kertas saring kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur. Sebelum dipekatkan sampel air ini ditambah dengan HNO₃ sebanyak 5 mL sebagai asam kuat hingga warna cuplikan berubah sedikit cerah, HNO₃ ini berfungsi untuk merusak ikatan senyawa organik yang mengikat logam dan melarutkan logam tersebut. Kemudian cuplikan dipanaskan dengan kompor listrik hingga volumenya menjadi 150 mL. Hasil pemekatan tersebut diambil dengan pipet sebanyak 1 mL, kemudian dimasukan ke dalam *vial polyetilene*. Setelah tahap ini sampel air sudah siap untuk diiradiasi.

c. Preparasi Sedimen Metode *Neutron Activation Analysis* (NAA)

Untuk sedimen preparasi dilakukan dengan cara membersihkan sedimen dari kotoran-kotoran yang mengganggu dan dikeringkan dengan kompor listrik. Kemudian sedimen ditambah dengan H₂O₂ sebanyak 10 tetes sebagai asam kuat dan diaduk hingga merata. kemudian sedimen ini diabukan dalam *furnace* bersuhu 500°C selama 4 jam. Setelah benar-benar kering cuplikan akan berwujud tanah halus seperti pasir yang berwarna coklat muda. Hasil ini ditumbuk agar lebih halus lagi dan di ayak

dalam ayakan dengan ukuran 50 mesh. Setelah tahap ini sedimen sudah siap untuk diiradiasi.

d. Iradiasi Cuplikan Metode *Neutron Activation Analysis* (NAA)

Iradiasi dilakukan selama kurang lebih selama 6 jam. Pada awal pengangkatan dilakukan pengukuran radiasi paparan dan diperoleh hasil 31,5 mR, hasil tersebut masih tergolong tinggi sehingga cuplikan harus didiamkan untuk mengurangi paparan radiasinya. Cuplikan didiamkan selama 385 jam, 22 menit, 12 detik. Selain untuk menurunkan radiasi paparan, fase ini juga untuk menghilangkan unsur-unsur pengotor yang ikut teraktivasi.

e. Pencacahan Cuplikan Metode *Neutron Activation Analysis* (NAA)

Setelah iradiasi selesai, cuplikan dicacah menggunakan spektrometer γ . Penentuan isotop secara kualitatif dan kuantitatif didasarkan pada analisis spektrum energi γ yang dipancarkan oleh radioisotop.

f. Kalibrasi Spektrometri Sinar Gamma Metode *Neutron Activation Analysis* (NAA)

Spektrometri sinar gamma adalah suatu metode pengukuran yang bersifat nisbi (relatif). Oleh karena itu, sebelum suatu perangkat spectrometer sinar gamma dapat dipakai untuk melakukan analisis alat tersebut harus dikalibrasi terlebih dahulu secara cermat dan teliti. Ada dua macam kalibrasi yang perlu dilakukan, yaitu kalibrasi energi dan kalibrasi efisiensi.

g. Analisis Data

Data yang diperoleh akan dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif. Teknik pengumpulan data yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah melalui pengamatan secara kualitatif dengan secara kuantitatif dengan menghitung spektrum sinar gamma yang memancar. Teknik analisis data digunakan secara kualitatif dengan cara menentukan energi tiap puncak spektrum sinar gamma dan menyesuaikan energi sinar gamma dari puncak spektrum dengan energi berbagai isotop yang tercantum dalam tabel energi isotop sehingga dapat ditentukan isotop apa saja yang terdapat dalam tiap cuplikan. Sedangkan analisis kuantitatif akan dilakukan dengan cara menghitung spektrum puncak sinar gamma masing-masing sampel.

2. Metode Isolasi Bakteri Pendegradasi Logam Berat

a. Isolasi bakteri

Sampel limbah atau lumpur aktif limbah tekstil diencerkan menggunakan larutan garam fisiologis (0,9% NaCl) steril hingga pengenceran bertingkat 10^{-8} . Lalu sebanyak 0,1 mL dari pengenceran sampel ke-4 (mulai 10^{-6} sampai 10^{-8}) diinokulasikan pada medium nutrisi agar (NA) yang mengandung pewarna tekstil batik dengan konsentrasi 80 mg/L. Selanjutnya media tersebut diinkubasi statis pada suhu 37° C. selama 48 jam. Koloni yang muncul dan berbentuk zona bening dimurnikan atau dikultur lebih lanjut.

b. Identifikasi bakteri

Koloni yang telah dimurnikan, diidentifikasi lebih lanjut dengan mengamati karakteristik morfologi dan fisiologinya dengan mikroskop electron dan pewarnaan gram bakteri. Berdasarkan sifat-sifat morfologi dan fisiologinya, lalu ditentukan nama jenis (genera atau spesies) bakteri tersebut menurut Bergeys Manual of Systematic Bacteriology (De Vos et al., 2009)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Kadar Kromium Heksavalen (Cr(VI))

Kromium heksavalen dalam keadaan teroksidasi menjadi perhatian utama dalam kesehatan, keselamatan kerja dan lingkungan hidup karena toksisitasnya yang ekstrim dan bersifat karsinogen pada manusia (OSHA, 2013). Kromium digunakan sebagai campuran utama pada stainless steel. Penyepuhan krom pewarna, sebagai katalis dalam pencelupan dan penyamakan kulit, impregnasi kayu, refraktori batu bata, dan untuk pembuatan pita magnetik (Jacobs & Testa, 2005). Menurut Factfish (2014), Indonesia mengimpor kromium trioksida sebesar 739.347 kg tahun 2012 dan tahun 2011 Indonesia mengekspor barang-barang, limbah/sisa dan bubuk yang mengandung Cr sebesar 86.711 kg. Industri yang menghasilkan limbah dengan kandungan logam-logam berat tidak dapat dibuang langsung ke sungai, waduk atau laut karena keberadaan logam berat sangat berbahaya bagi kehidupan manusia, hewan dan lingkungan (Karamah, Setijo, & Simbolon, 2008). Limbah logam berat Cr (VI) merupakan salah satu jenis limbah berbahaya sehingga diperlukan proses pengolahan limbah agar Cr (VI) tereduksi menjadi Cr (III) karena toksisitas Cr (III) jauh lebih rendah bila dibandingkan dengan Cr (VI), yaitu sekitar 1/100 kali (Slamet & Arbianti, 2005). Fatmawati et.al., (2010) melakukan pemeriksaan parameter logam kromium (Cr) pada limbah cair industri tekstil dan menemukan bahwa



kandungan logam Cr (VI) 1.108 mg/L dengan pH 6,88. Hasil pengujian yang dilakukan oleh Sunardi (2011) menunjukkan bahwa kandungan Cr (VI) dari limbah industri batik di Solo yaitu 74.298 ppm.

Beberapa cara dapat digunakan untuk mereduksi bentuk Cr (VI) menjadi bentuk trivalen, metode paling mudah dan murah adalah dengan menggunakan bakteri pereduksi kromat yang memiliki enzim Cr (VI) reduktase. Penggunaan bakteri penghasil kromat reduktase dalam bioremediasi memiliki peran penting dalam proses reduksi biologis Cr (VI) menjadi Cr (III). Pattanapitpaisal & Reakyai (2013) menyatakan bahwa kromat reduktase dapat bekerja pada variasi suhu dari 28-80°C pada pH 7.0. Pengamatan serupa dilaporkan pada kromat reduktase dari *Pseudomonas putida* MK 1 yang menunjukkan aktivitas tertinggi pada suhu yang sama (80°C) namun pH optimal berbeda (pH 5.0) (Park et al., 2000; Venkatesan & Subramani, 2019).

Adapun hasil pengukuran kadar kromium heksavalen menunjukkan sebesar <0,04 mg/L yang artinya masih memenuhi baku mutu kualitas lingkungan apabila mengacu pada Peraturan Pemerintah Nomor 05 tahun 2014 tentang Baku Mutu Kualitas Air Limbah (BMAL). Hasil pengukuran kadar kromium heksavalen limbah cair di beberapa industri batik di Indonesia seperti: (i) limbah batik di Solo sebelum dan setelah dilakukan pengolahan memiliki kadar kromium rata-rata 16,6747 mg/L dan 10,1181 mg/L dengan pH 14, serta setelah dibuang di aliran air sungai yang berjarak 2 km dari pabrik memiliki konsentrasi 7,6277 mg/L, pH 5 (Fuji et al., 2020), (ii) limbah batik di Kauman, Tulungagung sebelum dilakukan pengolahan memiliki kadar kromium 2,3 mg/L, pH 10, kadar BOD 377 mg/L, kadar COD 568 mg/L (Fidiastuti et al., 2020), (iii) limbah batik Laweyan Solo sebelum pengolahan memiliki kadar kromium 74,298 mg/L, dan pH 2 (Sunardi, 2011), serta (iv) limbah batik di Sokaraja, Banyumas sebelum pengolahan adalah kadar (Cr(VI)) 1,1 mg/L, pH 8,0 (Dewi et al., 2019). Sehingga sebagian besar kadar logam kromium heksavalen (Cr(VI)) yang terdapat dalam limbah cair batik memiliki kadar yang melebihi batas baku ketentuan mutu limbah di kegiatan industri dan dikhawatirkan dalam jangka panjang kromium yang terdapat pada limbah cair dapat menimbulkan pencemaran air dan merusak ekosistem badan perairan. Baku mutu maksimal perairan diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah standar nasional menunjukkan bahwa kadar maksimal Cr (VI) pada limbah adalah <0,1 mg/L. Akan tetapi, hasil penelitian yang kami lakukan menunjukkan sebaliknya yang bisa

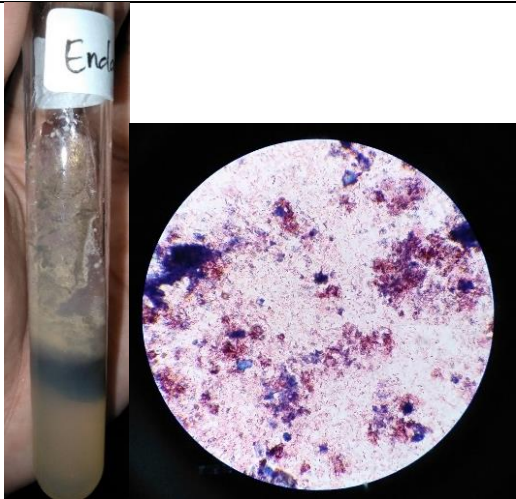
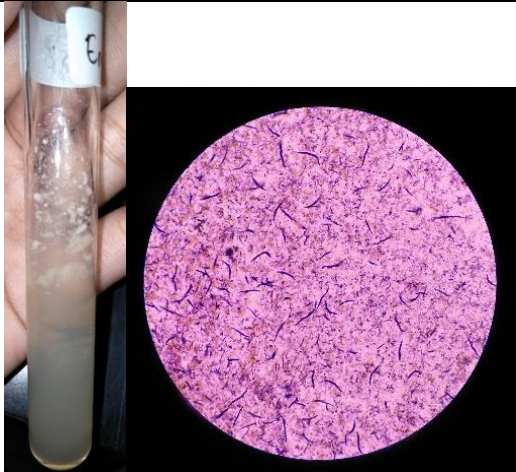


disebabkan oleh faktor terakumulasinya kromium heksavalen dengan berbagai logam berat dan senyawa organik lainnya pada limbah batik serta secara tidak langsung terjadi biodegradasi alami oleh mikroorganisme indigenus yang memanfaatkannya dalam waktu yang lama.

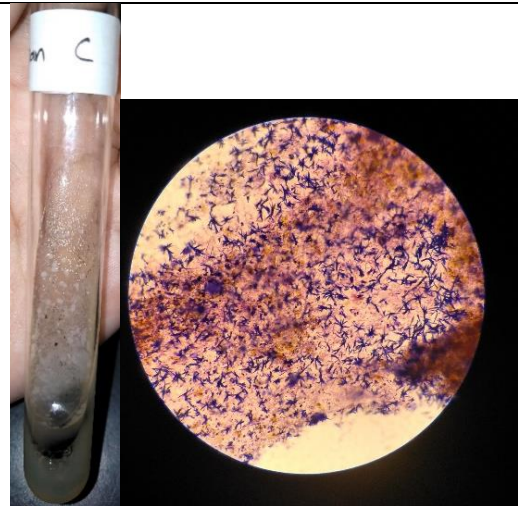
Isolat Bakteri dari Limbah Pengolahan Batik

Limbah pengolahan batik yang digunakan dalam isolasi bakteri berasal dari proses pewarnaan, perebusan dan pencucian batik. Isolat yang diperoleh dari limbah pewarnaan adalah isolat A, B dan C. isolat dari limbah perebusan adalah isolat D, E. dan F sedangkan isoalt dari limbah pencucian adalah isolat G. Masing-masing isolat dibedakan berdasarkan karakteristik koloni seperti yang tercantum pada tabel 1.

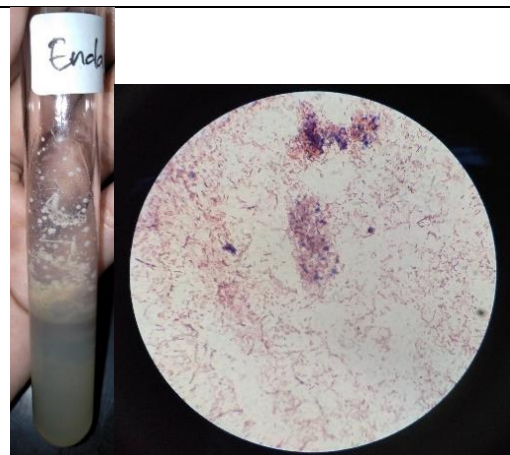
Tabel 1. Isolat Limbah Pengolahan Batik

Kode Isolat	Karakteristik Koloni	Dokumentasi
A	Berwarna putih berbentuk bulat dengan tepian rata dan elevasinya flat atau datar	
B	Berwarna hijau transparan berbentuk bulat dengan tepian rata dan elevasinya menonjol	

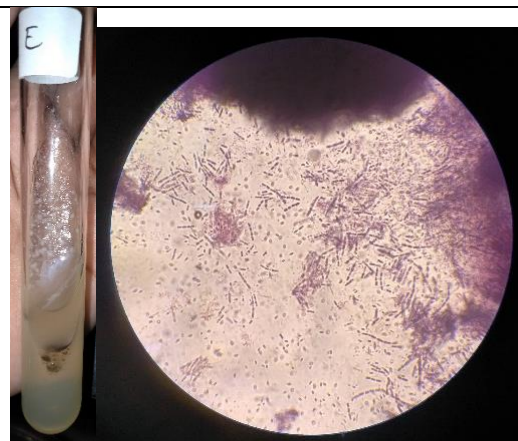
C Berwarna krem berbentuk irregular dengan tepian undulate/bergelombang dan elevasinya menonjol

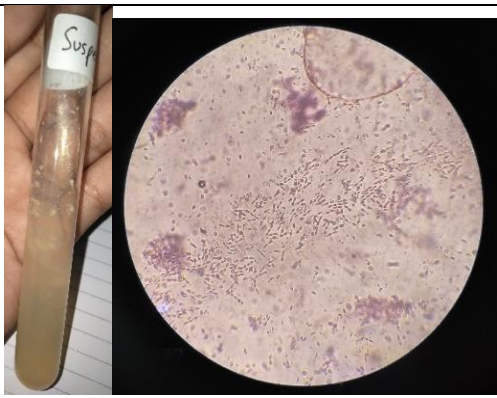
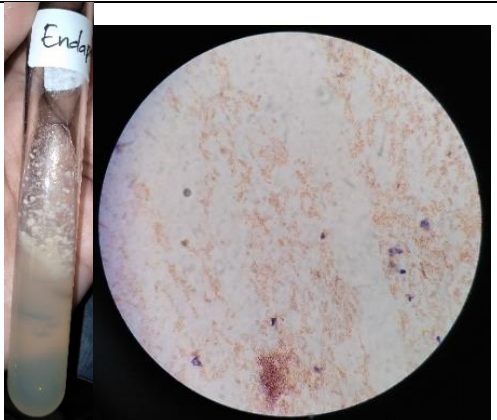


D Berwarna krem bentuk irregular tepiannya undulate/bergelombang dan elevasinya menonjol



E Berwarna krem bentuk irregular tepiannya undulate/bergelombang dan elevasinya umbonate



F	Berwarna putih bentuk irregular dengan tepain undulate/bergelombang dan elevasinya menonjol	
G	Berwarna krem bentuk irregular tepiannya undulate/bergelombang dan elevasinya menonjol	

Sumber Tabel Dokumentasi Pribadi

Isolat bakteri dari hasil isolasi tersebut dimurnikan dengan memindahkan masing-masing isolat pada media NA dan diperoleh isolat murni. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa yang memperlihatkan aktivitas biodegradasi Cr (VI) adalah sampel isolat A, B, dan D yang teridentifikasi sebagai *Streptococcus* sp., *Bacillus* sp., *Streptobacillus* sp., dan *Staphylobacillus* sp. Bakteri dapat mereduksi Cr (VI) secara ekstra dan intraseluler (Cheng et al., 2012). Pada penelitian ini reduksi yang terjadi diduga dilakukan oleh enzim kromat reduktase. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Ramírez-Díaz et al. (2008) bahwa bakteri mereduksi Cr (VI) dengan enzim ekstraseluler yang terdapat pada bagian periplasma sel. Sebaliknya, jika Cr (VI) masuk ke dalam sel, akan terjadi stress oksidatif yang dapat merusak protein dan DNA. Selain itu, pada limbah cair batik dilaporkan telah ditemukan mikroorganisme *indigenous local* yang didominasi bakteri seperti: (i) *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp., *Geobacillus* sp. (Wijiastuti et al., 2015), (ii) *Lactobacillus delbrueckii* (Siti Zuraida et al., 2013), (iii) *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumonia*, serta *Pantoea* sp. (Apriyani, 2018; Fatmawati et al., 2010), (iv) *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Citrobacter freundii*, serta *Alcaligenes* sp. (Oktaviani, 2018), dan (v) *Bacillus subtilis* NAP1 (Fidiastuti et al., 2020) yang dikultur

dalam kondisi aerob maupun anaerob. Hal ini kemungkinan menunjukkan bahwa genus *Bacillus* sebagai bakteri kosmopolit banyak terdapat pada limbah cair batik yang dapat dikembangkan sebagai agen biodegradasi kromium heksavalen.

Penelitian sebelumnya juga telah melakukan uji aktivitas enzim kromat reduktase pada bakteri-bakteri seperti *Bacillus fusiformis* NTR9, *Pseudomonas putida*, *Thermus scotoductus* (Opperman & Heerden, 2008; Park et al., 2000; Pattanapipitpaisal & Reakyai, 2013). Penelitian menurut Chaturvedi (2011), strain *Bacillus circulans* MN1 mereduksi Cr (VI) lebih efisien pada suhu 30°C dibanding pada suhu 25°C dan 35°C dan pH optimum awal 5,6. pH optimum enzim dalam mereduksi Cr (VI) adalah pH 7,0 dalam buffer fosfat, penurunan aktivitas terjadi pada saat pH sama dengan buffer Tris-HCl. Pada suhu 20°C terdeteksi adanya aktivitas enzim mencapai 80%. Kecepatan reaksi meningkat hingga suhu 30°C. peningkatan suhu hingga 40°C mengakibatkan penurunan aktivitas, mungkin karena terjadi denaturasi enzim (Conceição D.P. et al., 2009).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa terdapat beberapa isolat genus bakteri pereduksi Cr (VI) yang ditemukan pada limbah cair batik yang ada di Kawasan Sentra Batik Cigeureung Kota Tasikmalaya diantaranya adalah *Streptococcus* sp., *Bacillus* sp., *Streptobacillus* sp., dan *Staphylobacillus* sp. Sedangkan untuk kandungan Cr (VI) pada sampel diketahui <0,04 mg/L yang artinya masih memenuhi baku mutu kualitas lingkungan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada para pengrajin dan pemilik usaha batik di kawasan sentra batik Kota Tasikmalaya yang telah memberikan kontribusi dalam penelitian ini dan LPPM Universitas Siliwangi yang telah memberikan dana penelitian melalui skema Penelitian Unggulan Universitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Z., Zhong, H., Mosavi, A., Sadiq, M., Saleem, H., Khalid, A., ... Nabipour, N. (2020). Machine learning modeling of aerobic biodegradation for azo dyes and hexavalent chromium. *Mathematics*, 8(6), 1–17. <https://doi.org/10.3390/MATH8060913>
- Apriyani, N. (2018). Industri Batik: Kandungan Limbah Cair dan Metode Pengolahannya. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*, 3(1), 21–29. <https://doi.org/10.33084/mitl.v3i1.640>



- Chaturvedi, M. K. (2011). Studies on Chromate Removal by Chromium-Resistant Bacillus sp. Isolated from Tannery Effluent. *Journal of Environmental Protection*, 02(01), 76–82. <https://doi.org/10.4236/jep.2011.21008>
- Cheng, Y., Holman, H. Y., & Lin, Z. (2012). Remediation of Chromium and Uranium Contamination by Microbial Activity. *Elements*, 8(2), 107–112. <https://doi.org/10.2113/gselements.8.2.107>
- Conceição D.P., Passos, D., Jacques, R. J. S., Bento, F. M., Simonetti, A. B., & Camargo, F. A. O. (2009). A Novel Chromate Reductase from Bacillus sp. ES29: Characterization and Partial Purification. *Revista Ciências Exatas e Naturais*, 11(2), 237–256.
- De Vos, P., Garrity, G., Jones, D., Krieg, N. R., Ludwig, W., Rainey, F. A., & Schleifer, Karl-Heinz Whitman, W. B. (2009). *Bergeys Manual of Systematic of Bacteriology* (2nd ed.; A. C. Parte, Ed.). <https://doi.org/10.1007/b92997>
- Dewi, R. S., Kasiamdari, R. S., Martani, E., & Purwestri, Y. A. (2019). Efficiency of Aspergillus sp. 3 to Reduce Chromium, Sulfide, Ammonia, Phenol, and Fat From Batik Wastewater. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 308(1), 1–8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/308/1/012003>
- Factfish. (2014). Indonesia: Chromium, articles thereof, waste or scrap, powders, export value. Retrieved from Factfish website website: <http://www.factfish.com>.
- Fatmawati, U., Sajidan, & Suranto. (2010). Potensi Mikroorganisme Sebagai Agen Bioremediasi Dalam Menurunkan Kadar Cr(VI) Pada Limbah Cair Batik Hasil Pewarnaan. *Seminar Nasional Pendidikan Biologi FKIP UNS 2010 266*, 266–276. Retrieved from <http://www.e-jurnal.com/2015/02/analisis-keragaman-dna-tanaman-durian.html>
- Fernández, P. M., Viñarta, S. C., Bernal, A. R., Cruz, E. L., & Figueroa, L. I. C. (2018). Bioremediation Strategies for Chromium Removal: Current Research, Scale-up Approach and Future Perspectives. *Chemosphere*, 208, 139–148. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.05.166>
- Fidiastuti, H. R., Lathifah, A. S., Amin, M., & Utomo, Y. (2020). Studies of Bacillus subtilis NAP1 to Degrade BOD, COD, TSS, and pH: The Indigenous Bacteria in Indonesia Batik Wastewater. *Journal of Physics: Conference Series*, 1511(1), 1–7. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1511/1/012060>
- Fuji, R., Ahdhianto, E., & Perdana, R. (2020). Analysis of Chromium (VI) Concentration in the Area Around the Wastewater Treatment Plant at the Batik Factory. *Journal of Xi'an University of Architecture & Technology*, 12(6), 1703–1709.
- Gong, K., Guo, S., Zhao, Y., Hu, Q., Liu, H., Sun, D., ... Guo, Z. (2018). Bacteria Cell Templated Porous Polyaniline Facilitated Detoxification and Recovery of Hexavalent Chromium. *Journal of Materials Chemistry A*, 6(35), 16824–16832. <https://doi.org/10.1039/c8ta06571c>
- Jacobs, J. A., & Testa, S. M. (2005). Overview of chromium (vi) in the environment: background and history. In *Chromium (VI) Handbook* (1st ed.). New York, USA: CRC Press.
- K.C.A., J., Alam, M. Z., Muyibi, S. A., & Jamal, P. (2006). Isolation and Purification of Bacterial Strains from Treatment Plants for Effective and Efficient Bioconversion of Domestic Wastewater Sludge. *American Journal of Environmental Sciences*, 2(1), 1–5. <https://doi.org/10.3844/ajessp.2006.1.5>
- Karamah, E. F., Setijo, B., & Simbolon, H. M. (2008). Pengaruh ozon dan konsentrasi zeolit terhadap kinerja proses pengolahan limbah cair yang mengandung logam dengan proses flotasi. *Makara Teknologi*, 12(1), 43–47.
- Mutiara, F., Hernawati, D., & Meylani, V. (2022). Differentiated of Batik Dyes and Environmental Effect in The Centre of Batik in Tasikmalaya City and Regency. *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 19(3), 693–710. <https://doi.org/https://doi.org/10.14710/presipitasi.v19i3.693-710>
- Nur. (2011). Industri Batik Asal Jabar Terus Berkembang. Retrieved from Berita Website Resmi Pemerintah Provinsi Jawa Barat website: https://jabarprov.go.id/index.php/news/2328/Industri_Batik_Asal_Jabar_Terus_Berkembang
- Oktaviani, N. (2018). Identifikasi Bakteri Pada Air Limbah Pencucian Pembuatan Batik di Pekalongan Selatan. *Jurnal PENA*, 32(02), 59–67. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Opperman, P., & Heerden, V. (2008). A Novel Chromate Reductase from Thermus scotoductus SA-01 Related to Old Yellow Enzyme. *Journal of Bacteriology*, 190(8), 3076–3082.
- OSHA. (2013). Hexavalent Chromium. Retrieved from Occupational Safety and Health Administration website: <https://www.osha.gov/hexavalent-chromium>
- Park, C. H., Keyhan, M., Wielinga, B., Fendorf, S., & Matin, A. (2000). Purification to Homogeneity and Characterization of a Novel Pseudomonas putida Chromate Reduktase. *Appl. Environ. Microbiol.*, 66(5), 1788. <https://doi.org/10.1128/AEM.66.5.1788-1795.2000>.

- Pattanapitpaisal, P., & Reakyai, T. (2013). Cr(VI) reduction by cell-free extract of thermophilic *Bacillus fusiformis* NTR9. *Songklanakarinn Journal of Science and Technology*, 35(4), 407–414.
- Pramono, A., Rosariastuti, M. R., Ngadiman, & Prijambada, I. D. (2013). Bacterial Cr (VI) Reduction and Its Impact in Bioremediation. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 11(2), 120. <https://doi.org/10.14710/jil.11.2.120-131>
- Ramírez-Díaz, M. I., Díaz-Pérez, C., Vargas, E., Riveros-Rosas, H., Campos-García, J., & Cervantes, C. (2008). Mechanisms of Bacterial Resistance to Chromium Compounds. *Biometals*, 21(3), 321–332. <https://doi.org/10.1007/s10534-007-9121-8>
- Rashid, H. R., Sulaiman, N. M. N., Hashim, N. A., & Hassan, C. R. C. (2013). Synthetic Batik Wastewater Pretreatment Progress by Using Physical Treatment. *Advanced Materials Research*, 627(1), 394–398. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.627.394>
- Siti Zuraida, M., Nurhaslina, C. R., & Ku Halim, K. H. (2013). Adsorption of Colour from Batik Effluent by Bacterial, *Lactobacillus delbrueckii* and its Growth. *BEIAC 2013 - 2013 IEEE Business Engineering and Industrial Applications Colloquium*, 574–579. <https://doi.org/10.1109/BEIAC.2013.6560194>
- Slamet, & Arbiandi, D. (2005). Pengolahan limbah organik (fenol) dan logam berat (Cr⁶⁺ atau Pt⁴⁺) secara simultan dengan fotokatalis TiO₂, ZnO-TiO₂, dan CdS-TiO₂. *Makara Teknologi*, 9(2), 66–71.
- Sunardi. (2011). Penurunan Kadar Krom (Vi) Dengan Sargassum Sp , *Saccharomyces Cerevisiae* Dan Kombinasinya Pada Limbah Cair Industri Batik. *Jurnal EKOSAINS*, 3(1), 55–62.
- Sunarya, Y., Anas, B., & Syarief, A. (2011). Pemetaan Desain Batik Priangan (Jawa Barat) Modern dalam Konteks Industri Kreatif di Bandung. *Konferensi Internasional Budaya Sunda II : Revitalisasi Budaya Sunda : Peluang Dan Tantangan Dalam Dunia Global*, (December), 2–12. Bandung: Yayasan Kebudayaan Rancage.
- Vaidya, A., & Datye, K. (1982). Environmental pollution during chemical processing of synthetic fibers. *Colourage*, 14, 3–10.
- Venkatesan, G., & Subramani, T. (2019). Reduction of Hexavalent Chromium to Trivalent Chromium From Tannery Effluent using Bacterial Biomass. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, 48(4), 528–534.
- Wijastuti, Artika, I. M., & Nurhidayat, N. (2015). Isolation and Selection of Thermophilic Bacteria as Hexavalent Chromium Reducer from Batik Processing Waste Water. *Current Biochemistry*, 2(1), 22–31. <https://doi.org/10.29244/22-31>
- Yudo, S. (2006). Kondisi Pencemaran Logam Berat Di Perairan Sungai. *Lingkungan-Bppt, Pusat Teknologi*, 2(1), 1–15.
- ZDHC Programme. (2015). *Textile Industry Wastewater Quality Guideline Literature Review* (No. 1). Retrieved from <http://www.roadmaptozero.com/fileadmin/pdf/WastewaterQualityGuidelineLitReview.pdf>

