

JURNAL

PENERAPAN BAKTERI INDIGENUS UNTUK REMEDIASI LIMBAH CAIR BATIK PEWARNA NAPHTHOL MERAH DAN MENURUNKAN LOGAM Cu (TEMBAGA)

Disusun oleh:

Armae Dianrevy

NPM : 130801332



**UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNOBIOLOGI
PROGRAM STUDI BIOLOGI
YOGYAKARTA
2017**

ASBTRACT

The batik industry produces liquid wastes containing hazardous materials, thus making them harmful to living creatures and the environment. Overcoming environmental pollution needs environmentally friendly waste treatment that is bioremediation. Bioremediation can be done using bacteria to remodel the material in the waste. This study aims to obtain the dominant indigenous bacteria from and to know the indigenous bacteria mixture which is effective in the processing of batik liquid waste by using the method of adding mixture of dominant bacterial isolate. Result of bacterial isolation from batik liquid waste of red naphthol dye found 3 isolate of dominant bacteria that AD1 resembles genus Bacillus, AD2 resembles Pseudomonas and AD3 resembles Zoogloea. The bacterial isolates were prepared to vary the mixture of bacteria based on the volume of isolates AD1, AD2 and AD3 which were mixed 1 (50%: 25%: 25%), mixture 2 (25%: 50%: 25%), mixture 3 (25%: 25% : 50%) and a mixture of 4 (33%: 33%: 33%), whereas the control treatment was not done by adding bacteria mixture. Measurement of degradation of batik wastewater was done by measurement on day 7 and day 14. The results showed that in the treatment of the addition of bacterial mixture and the control treatment can perform remediation of batik liquid waste, but have different capabilities. Ability to vary the mixture of bacteria in remediation based on temperature parameters, pH (acidity degree), BOD (Biological Oxygen Demand), COD (Chemical Oxygen Demand), TDS (Total Dissolved Solid), TSS (Total Solved Solid) and Cu (Copper). Variation of mix 4 is considered to have an effective ability in remediation of batik liquid waste dye naphthol red. Mix 4 can reduce BOD concentration by 5.2%, COD by 13.88%, TDS by 17,63% and Cu metal by 74.63%.

Keywords: Batik wastewater, batik liquid waste of red naphthol dye, indigenous bacteria, remediation.

PENDAHULUAN

Peran Sumber Daya Manusia (SDM) melalui kreativitas serta partisipasi dilakukan dalam perkembangan sektor industri pariwisata. Salah satu usaha industri pariwisata yaitu sentra industri batik (Munawaroh, 2000). Produksi batik dapat ditemui di berbagai daerah dengan produksi yang dilakukan setiap hari menghasilkan limbah batik yang cukup banyak. Proses pewarnaan pada batik menghasilkan limbah B3 yang berbahaya apabila tidak dilakukan pengelolaan limbah (Riyanto, 2014).

Pada tahap proses pewarnaan diindikasikan adanya pencampuran dengan bahan kimia yang bersifat racun (Sasongko dan Tresna, 2010). Pewarna batik terbagi menjadi dua yaitu, alam dan sintetis. Pewarna sintetis yang umum

digunakan adalah naphthol, indigosol, remazol dan procion dengan masing-masing memiliki karakteristik yang berbeda. Pewarna alam dapat berasal dari kayu, kulit kayu, akar, kulit akar, biji, kulit biji, daun maupun bunga (Gratha, 2012).

Pewarnaan pada batik menyebabkan nilai BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) pada air berubah sehingga kandungan oksigen dalam air menurun. Penggunaan bahan pewarna naphthol masih digunakan saat ini karena murah, praktis dan warna yang cerah (Agung, 2013). Zat pewarna naphthol merupakan zat pewarna yang kuat dan terdiri dari dua komponen yaitu naphthol As (*Anilid Acid*) dan diazonium (garam). Zat warna yang terbentuk akan melekat pada serat dan memiliki gugus azo (Susanto, 1973).

Pengolahan limbah dengan kandungan organik dan anorganik menggunakan jasad hidup disebut bioremediasi. Bioremediasi pada lingkungan tercemar meminimalkan kandungan bahan tercemar pada limbah, tanpa merusak lingkungan serta dapat divariasikan dengan metode fisik dan kimia (Fahrudin, 2010). Mikroba pada lingkungan tercemar dapat mengurangi, mengeliminasi, mengubah kontaminan pada tanah, sedimen maupun air. Mikroba pada lingkungan tercemar memiliki kemampuan adaptasi terhadap lingkungannya seperti temperatur, pH serta melakukan oksidasi dan reduksi disebut mikroba indigenus (Fulekar, 2010).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang dilaksanakan pada bulan Februari 2017 sampai dengan Juni 2017. Limbah cair batik pewarna naphthol merah diperoleh pada salah satu industri batik di kawasan wisata Prawirotaman, Kelurahan Mantrijeron, Yogyakarta. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Pengolahan Limbah, Laboratorium Teknobilogik-Lingkungan, Universitas Atma Jaya Yogyakarta dan Laboratorium Kimia Air BBPTKLPP Yogyakarta. Penelitian ini menggunakan variasi isolat bakteri indigenus dominan yaitu bakteri AD 1, bakteri AD 2 dan bakteri AD3. Remediasi dilakukan selama 14 hari dengan pengulangan sebanyak tiga kali.

Penelitian dilakukan dalam beberapa tahap kerja diantaranya isolasi bakteri dominan yang diperoleh dari limbah cair batik pewarna naphthol merah, karakterisasi bakteri, pembuatan starter, pembuatan campuran isolat bakteri indigenus dan karakterisasi sampel limbah. Karakterisasi bakteri dilakukan dengan pengamatan morfologi koloni bakteri, pengecetan Gram, uji katalase, uji sifat biokimia, uji motilitas dan identifikasi bakteri dominan menggunakan buku *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 7th edition*.

Isolat bakteri yang telah dipilih 3 dominan dicampurkan dengan perbandingan volume isolat A : isolat B : Isolat C. Campuran 1 dengan perbandingan volume 50% : 25% : 25%, campuran 2 dengan perbandingan volume 25% : 50% : 25%, campuran 3 dengan perbandingan volume 25% : 25% : 50%, campuran 4 dengan perbandingan volume 33% : 33% : 33%. Perlakuan

kontrol tidak diberikan perlakuan penambahan campuran bakteri dominan. Karakterisasi sampel limbah cair batik pewarna naptol merah dilakukan dengan parameter BOD, COD, pH, TSS, Suhu, TDS dan logam Cu. Hasil pengukuran diukur pada hari ke- 7 dan ke- 14. Hasil yang diperoleh dilakukan analisis Anava menggunakan program SPSS, dilanjutkan dengan uji DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*). Tingkat kepercayaan 95%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Isolasi dan Permurnian Bakteri Indigenus Dominan

Sampel limbah batik dilakukan seri pengenceran dari 10^{-1} hingga 10^{-8} menggunakan akuades steril. Selanjutnya, dilakukan inkubasi selama 24 jam. Koloni bakteri pada setiap pengenceran dilakukan perhitungan dan penentuan koloni bakteri dominan berdasarkan keseragaman bentuk, warna, elevasi, tepi serta jumlah koloni.

Penentuan koloni bakteri dominan dilakukan dengan berdasarkan perbandingan dengan jumlah koloni bakteri lainnya. Koloni bakteri AD 1 memiliki jumlah koloni 155. Koloni bakteri AD 2 memiliki jumlah koloni 64. Koloni bakteri AD 3 memiliki jumlah koloni 52. Terdapat bakteri lainnya dengan yaitu AD4 berjumlah 45 dan AD5 berjumlah 14, oleh karena itu bakteri AD1, AD2 dan AD3 dipilih sebagai bakteri dominan karena memiliki jumlah yang lebih besar.

B. Karakterisasi dan Identifikasi Bakteri Dominan

Karakterisasi bakteri dilakukan dengan uji sifat kimia yaitu fermentasi karbohidrat, uji reduksi nitrat, uji indol, uji katalase. Pengujian morfologi dilakukan dengan pengecatan Gram dan uji motilitas dan morfologi koloni bakteri. Karakterisasi bakteri dominan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Karakterisasi Isolat Bakteri Dominan Limbah Batik Perwarna Napthol Merah.

Karakter	Isolat Bakteri		
	AD1	AD2	AD3
Bentuk Koloni	<i>Circulair</i>	<i>Circulair</i>	<i>Irregulair</i>
Elevasi Koloni	<i>Raised</i>	<i>Low convex</i>	<i>Low convex</i>
Tepi Koloni	<i>Entire</i>	<i>Entire</i>	<i>Lobate</i>
Warna Koloni	Putih kekuningan	Putih susu	Putih pucat
Pewarnaan Gram	+	-	-
Bentuk Sel	Batang	Bulat	Batang
Uji Katalase	+	+	+
Motilitas	+	+	+

Uji Biokimia	Fermentasi Karbohidrat	Glukosa	+	-	-
		Sukrosa	+	-	+
		Laktosa	+	-	-
	Indol		-	-	-
	Nitrat		+	+	+

Keterangan : Negatif (-), positif (+)

Berdasarkan hasil yang terdapat pada Tabel 6., bakteri AD1 termasuk dalam bakteri Gram positif dan bentuk sel batang menyerupai genus *Bacillus* sp. Isolat AD 2 termasuk dalam bakteri Gram negatif dan bentuk sel bulat dan menyerupai *Pseudomonas* sp. Bentuk sel isolat AD 3 termasuk dalam bakteri Gram negatif dengan bentuk sel batang dan menyerupai *Zoogloea* sp.

C. Kualitas Limbah Cair Batik Pewarna Naphthol Merah

Pengukuran kualitas limbah cair batik naphthol merah dilakukan pengujian murni sebelum dilakukan penambahan isolat bakteri. Hal ini bertujuan agar mengetahui perbedaan kualitas limbah sebelum dan sesudah dilakukan remediasi. Karakterisasi limbah cair batik, dilakukan dengan parameter pH, Suhu, BOD, COD, TSS, TDS, logam Cu. Baku mutu berdasarkan Peraturan Daerah DIY No. 7 Tahun 2001 dan baku mutu logam Cu berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001.

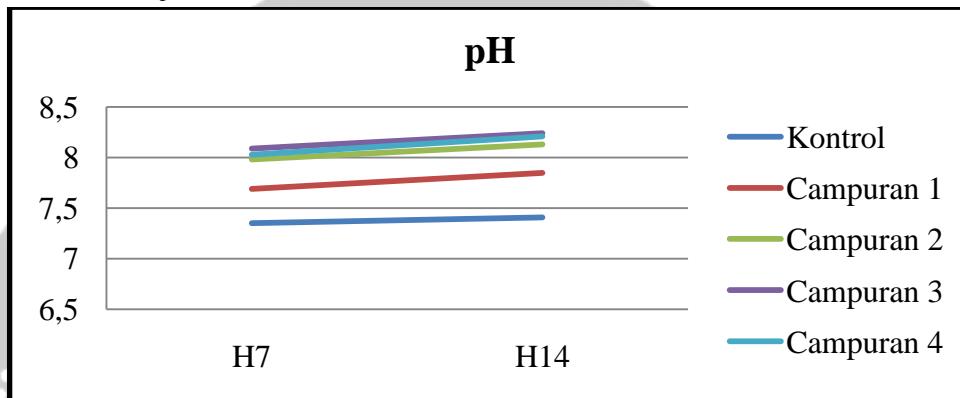
Parameter pH yang diperoleh yaitu 3,9 dengan baku mutu 6.0 – 9.0. Parameter suhu yang diperoleh yaitu 26.0°C dengan baku mutu $\pm 3^{\circ}\text{C}$ terhadap suhu udara. Parameter BOD yang diperoleh yaitu 1.829,4 mg/L dengan baku mutu 50 mg/L. Parameter COD yang diperoleh yaitu 4.192,5 mg/L dengan baku mutu 100 mg/L. Parameter TSS yang diperoleh yaitu 340 mg/L dengan baku mutu 200 mg/L. Parameter TDS yang diperoleh yaitu 7.800 mg/L dengan baku mutu 1000 mg/L. Parameter logam Cu yang diperoleh yaitu 0,2116 dengan baku mutu 0,2 mg/L.

Berdasarkan hasil yang diperoleh, diketahui bahwa limbah cair batik pewarna naphthol berada di atas ambang baku mutu. Hal ini dapat mencemari lingkungan dan memberikan dampak buruk bagi lingkungan jika tidak melalui proses pengolahan limbah. Mengurangi dampak yang terjadi dari limbah, maka dilakukan remediasi limbah dengan memanfaatkan bakteri indigenus dominan.

1. Derajat Keasaman (pH)

Pengukuran aktivitas degradasi dengan parameter pH dilakukan pada kondisi awal, hari ke- 7 dan hari ke- 14. Karakterisasi limbah cair batik murni dilakukan sebelum diberi perlakuan sebesar 3,9. Pada kondisi awal kadar pH dengan perlakuan kontrol menjadi 7,18, perlakuan campuran 1 sebesar 7,09, perlakuan campuran 2 sebesar 7,41, perlakuan campuran 3 sebesar 7,63 dan perlakuan campuran menjadi 7,47. Kondisi awal perlakuan kontrol yaitu 7,18, hari ke- 7 mengalami peningkatan pH menjadi 7,35 dan mengalami peningkatan lagi pada hari ke- 14 menjadi 7,41. Kondisi awal perlakuan campuran 1 sebesar 7,09, hari ke- 7 mengalami peningkatan menjadi 7,69 dan mengalami peningkatan lagi

pada hari ke- 14 menjadi 7,85. Kondisi awal perlakuan campuran 2 pH sebesar 7,41, di hari ke- 7 mengalami peningkatan sebesar 7,98 dan mengalami peningkatan lagi di hari ke- 14 menjadi 8,13. Kondisi awal perlakuan campuran 3 pH sebesar 7,63, di hari ke- 7 mengalami peningkatan menjadi 8,09 dan pada hari ke- 14 mengalami peningkatan menjadi 8,24. Kondisi awal perlakuan campuran 4 pH sebesar 7,47, di hari ke- 7 menjadi 8,03 dan mengalami peningkatan lagi pada hari ke- 14 menjadi 8,21.

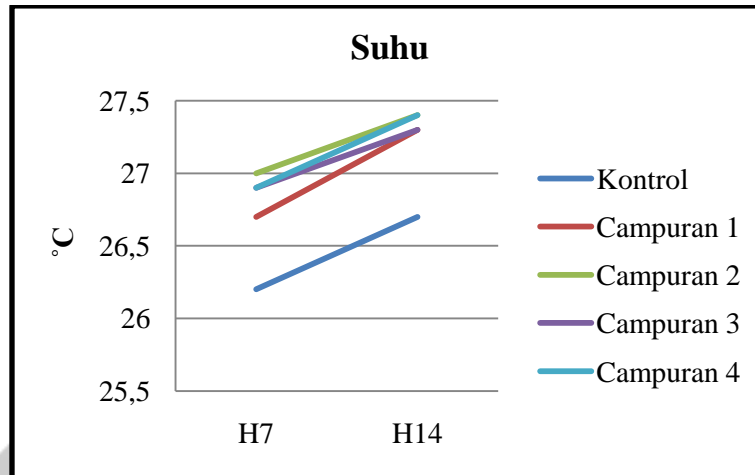


Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ibad (2013) dalam remediasi limbah cair menggunakan isolat bakteri indigenus dengan metode aerasi menunjukkan peningkatan pH yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode nonaerasi. Irshartanto (2009) dalam penelitiannya mengenai pengaruh aerasi dengan penambahan isolat *Bacillus* sp. dalam mereduksi kandungan organik pada limbah, menyatakan aerasi dengan jangka waktu lama menyebabkan pH meningkat dikarenakan gas yang bersifat asam seperti CO₂ akan terlepas ke lingkungan.

Berdasarkan data yang diperoleh pada pengolahan limbah cair batik ini, kelima perlakuan memiliki nilai pH yang berkisar antara 7,41 hingga 8,13, hal ini menunjukkan bahwa pH sesuai dalam aktivitas bakteri untuk bertumbuh dan melakukan degradasi limbah. Nilai pH pada masing-masing perlakuan berada pada batas baku mutu yaitu 6-9 yang ditetapkan Peraturan Daerah DIY No. 7 Tahun 2016.

2. Suhu

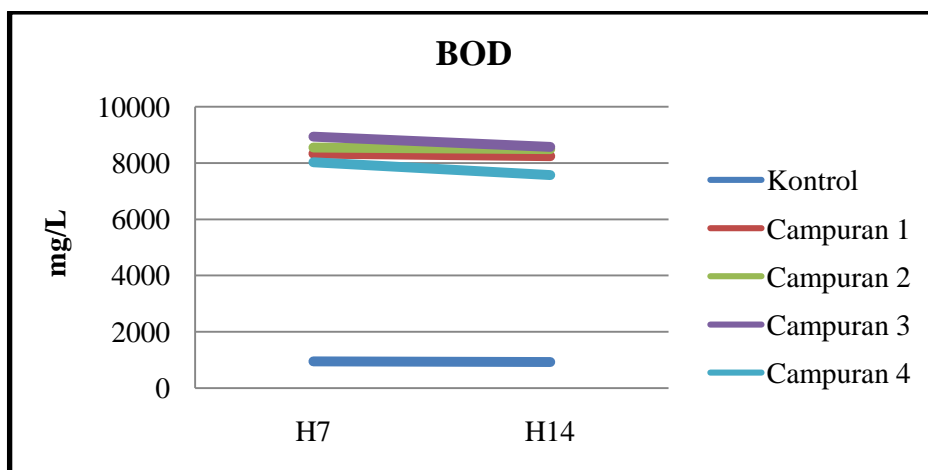
Peningkatan suhu terjadi pada kelima perlakuan yaitu pada perlakuan kontrol kondisi awal 26°C, hari ke-7 sebesar 26,2°C dan hari ke- 14 sebesar 26,76°C. campuran 1 pada kondisi awal 26,4°C, hari ke-7 sebesar 26,67°C dan hari ke-14 sebesar 27,36°C. Campuran 2 pada kondisi awal 26,7°C, hari ke-7 sebesar 27°C dan hari ke-14 sebesar 27,43°. Campuran 3 pada kondisi awal sebesar 26,7°C, hari ke-7 sebesar 26,9° dan hari ke-14 sebesar 27,36°. Campuran 4 pada kondisi awal 26,7°C, hari ke-7 sebesar 26,9° dan hari ke-14 sebesar 27,4°.



Pada kelima perlakuan diketahui bahwa adanya peningkatan suhu yang menunjukkan adanya aktivitas bakteri dalam menggunakan bahan organik untuk melakukan aktivitas metabolisme. Peningkatan suhu mengakibatkan reaksi kimia berlangsung cepat dan menurunkan kandungan gas dalam air (Kristanto, 2002). Berdasarkan persentase yang diperoleh pada gambar 16. diketahui bahwa kelima perlakuan mengalami peningkatan suhu. Peningkatan suhu yang paling besar terdapat pada perlakuan campuran 1 yaitu sebesar $27,36^{\circ}\text{C}$ dengan persentase kenaikan sebesar 2,63%. Hasil menunjukkan bahwa suhu pada kelima perlakuan masih berada pada batas baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Daerah DIY No. 7 Tahun 2016 yaitu $\pm 3^{\circ}\text{C}$ terhadap suhu udara.

3. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Karakterisasi kualitas limbah cair batik murni dilakukan untuk mengetahui kadar kandungan sebelum dilakukan perlakuan, diperoleh nilai 1.829,4 mg/L. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemberian perlakuan terhadap kandungan BOD pada limbah. Pada perlakuan kontrol, kondisi awal diperoleh 852,2 mg/L, di hari ke- 7 mengalami kenaikan sebesar 932,4 mg/L dan di hari ke- 14 mengalami penurunan sebesar 932 mg/L. Perlakuan campuran 1 pada kondisi awal diperoleh 4463,8 mg/L, di hari ke- 7 mengalami kenaikan sebesar 8326,5 mg/L dan penurunan di hari ke- 14 sebesar 8244,9 mg/L. Perlakuan campuran 2 di kondisi awal memiliki kadar sebesar 4869,6 mg/L, mengalami kenaikan di hari ke- 7 sebesar 8544,2 mg/L dan penurunan di hari ke- 14 sebesar 8571,4 mg/L. Perlakuan campuran 3 di kondisi awal sebesar 5254,1 mg/L mengalami peningkatan di hari ke- 7 sebesar 8938,9 mg/L. dan penurunan di hari ke- 14 sebesar 8571,4 mg/L. Perlakuan campuran 4 di kondisi awal sebesar 4560,7 mg/L mengalami kenaikan di hari ke- 7 sebesar 8027,2 mg/L dan penurunan di hari ke- 14 sebesar 7564,7 mg/L.



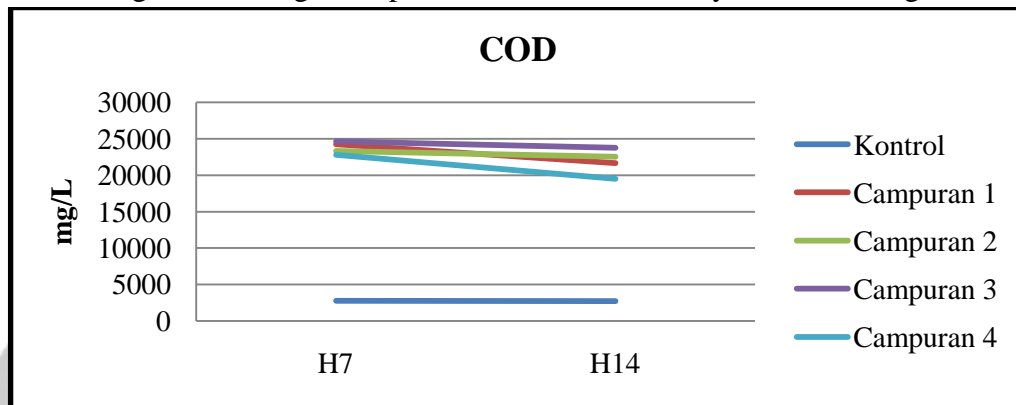
Manurung dkk (2004) dalam penelitiannya, menyatakan bahwa proses aklimatisasi pada limbah zat warna pada industri tekstil pada mikrobia memerlukan waktu ± 1 hingga 2 bulan. Tahap aklimatisasi menggunakan glukosa sebagai nutrisi untuk pertumbuhan mikroorganisme. Pancapalaga dkk (2014) dalam penelitian evaluasi pewarnaan kulit menggunakan metode batik, menggunakan batik *wax* (malam) yang terdiri dari parafin, *besswax* dan resina kolofonium yang mengandung monomer asam resin.

Citrapancayudha dan Soetarto (2016) dalam penelitiannya, bakteri dalam media yang mengandung *wax* memasuki fase lag setelah jam ke-24, yang menunjukkan adaptasi lebih lama. Sedangkan pada penelitian ini, peningkatan BOD dapat dikarenakan adanya adaptasi oleh bakteri, yang selanjutnya adanya peningkatan proses degradasi malam menjadi bahan organik, sehingga menyebabkan peningkatan kandungan bahan organik. Penggunaan bahan pencemar organik yang dihasilkan dari aktivitas bakteri, sehingga BOD menurun. Proses penurunan BOD diduga akan terus berlangsung seiring dengan lamanya waktu remediasi, pemberian oksigen dan pemecahan *wax* sebagai sumber karbon bagi bakteri, oleh karena itu perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai waktu inkubasi yang optimal dalam penurunan BOD. Penurunan paling besar terdapat pada perlakuan campuran 4 mampu menurunkan kadar BOD sebesar 7564,7 mg/L (5,52%). Nilai tersebut masih berada di atas baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Daerah DIY No. 7 Tahun 2016 sebesar 85 mg/L. Hal ini dapat terjadi dikarenakan jumlah biomassa sel isolat bakteri yang lebih kecil dan ketersediaan nutrisi bagi pertumbuhannya dan aktivitas penguraian limbah.

4. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Pada perlakuan kontrol, kondisi awal nilai COD yaitu 2.543,8 mg/L dan mengalami kenaikan di hari ke- 7 yaitu 2.773,3 mg/L, selanjutnya di hari ke- 14 mengalami penurunan menjadi 2.717,5 mg/L. Perlakuan campuran 1 di kondisi awal sebesar 12.356,2 mg/L mengalami kenaikan di hari ke- 7 yaitu 24.254,2 mg/L dan mengalami penurunan di hari ke- 14 menjadi 21.629,2 mg/L. Perlakuan campuran 2 pada kondisi awal sebesar 14.481,2 mg/L dan mengalami kenaikan di hari ke- 7 yaitu 23.337,5 mg/L dan di hari ke- 14 mengalami penurunan menjadi

22.504,2 mg/L. Perlakuan campuran 3 pada kondisi awal sebesar 14.543,8 mg/L mengalami kenaikan di hari ke- 7 sebesar 24.629,1 mg/L dan mengalami penurunan di hari ke- 14 menjadi 23.754,1 mg/L. Perlakuan campuran 4 pada kondisi awal sebesar 13.731,2 mg/L mengalami kenaikan di hari ke- 7 yaitu 22.795,8 mg/L dan mengalami penurunan di hari ke- 14 yaitu 19.587 mg/L.



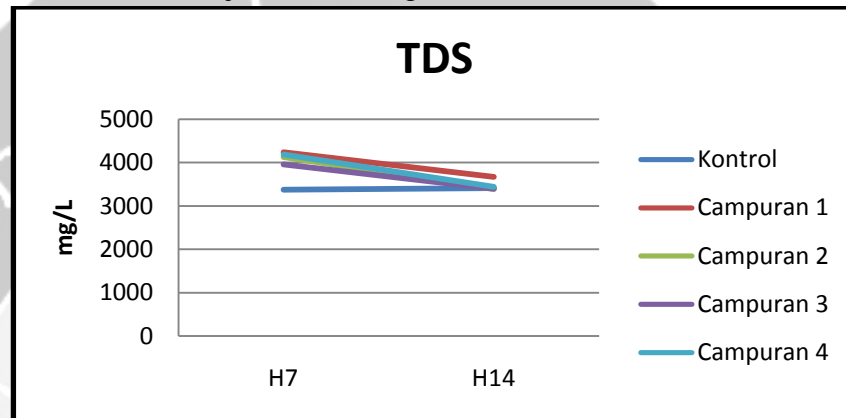
Bakteri bertumbuh dengan baik pada rentang pH 6,5 hingga 8,5 (Kristanto, 2002). Sedangkan pada penelitian ini, peningkatan COD terjadi dikarenakan masih berlangsungnya adaptasi dan aktivitas bakteri sehingga biomassa sel isolat bakteri yang masih kecil yang menyebabkan proses dekomposisi tidak maksimal. Faktor lain yang dapat menyebabkan peningkatan nilai COD adalah adanya isolat bakteri yang mengalami kematian yang berpengaruh pada jumlah biomassa isolat bakteri. Mulyani dkk (2012) dalam penelitiannya menyatakan, bahwa penurunan pertumbuhan massa mikroorganisme dipengaruhi waktu adaptasi dengan substrat. Laju pertumbuhan massa mikroorganisme yang lebih rendah menyebabkan peningkatan kadar COD pada limbah.

Penurunan nilai COD di hari ke-14 dapat dikarenakan faktor lain yaitu pemberian aerasi dengan waktu lebih lama menyebabkan besarnya kandungan oksigen sehingga tercukupi bagi aktivitas isolat bakteri dalam penguraian limbah. Susilo dkk (2013) dalam penelitiannya menyatakan, bahwa semakin lama waktu tinggal pengolahan limbah, maka semakin besar jumlah suplai oksigen dalam air limbah. Suplai oksigen yang besar memberikan peluang semakin besar terjadi reaksi oksidasi atau kontak terhadap oksigen oleh bakteri dalam melakukan dekomposisi. Berdasarkan Tabel 11, menunjukkan bahwa penurunan nilai COD terbesar terdapat pada campuran 4 sebesar 13,88% (di hari ke- 14). Penurunan tersebut masih berada di atas baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Daerah DIY No. 7 Tahun 2016 yaitu sebesar 250 mg/L.

5. TDS (*Total Dissolved Solid*)

Hasil pengukuran menunjukkan adanya peningkatan dan penurunan nilai TDS. Pada karakteristik limbah cair batik murni diperoleh nilai TDS yaitu 7.800 mg/L. Kondisi awal pada perlakuan kontrol yaitu 3400 mg/L, mengalami kenaikan di hari ke- 7 yaitu 3730 mg/L dan di hari ke- 14 mengalami penurunan

yaitu 3046,7 mg/L. Perlakuan campuran 1 kondisi awal sebesar 3400 mg/L, mengalami peningkatan di hari ke- 7 sebesar 4236,7 mg/L dan penurunan di hari ke- 14 yaitu 3670 mg/L. Perlakuan campuran 2 kondisi awal sebesar 3360 mg/L mengalami kenaikan di hari ke- 7 menjadi 4126,7 mg/L dan penurunan di hari ke- 14 sebesar 3390 mg/L. Perlakuan campuran 3 kondisi awal sebesar 3070 mg/L mengalami kenaikan di hari ke- 7 menjadi 3953,3 mg/L dan di hari ke- 14 mengalami penurunan menjadi 3395 mg/L. Perlakuan campuran 4 kondisi awal sebesar 3390 mg/L mengalami kenaikan di hari ke- 7 menjadi 4186,7 mg/L dan penurunan di hari ke- 14 menjadi 3436,7 mg/L.

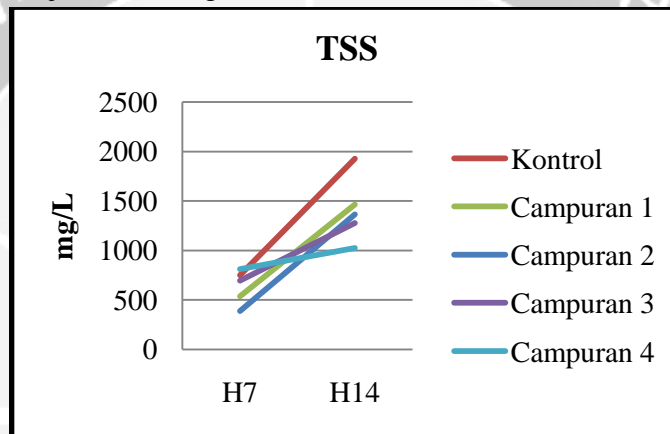


Pada tabel 12. diketahui bahwa terjadinya peningkatan nilai TDS di hari ke- 7 dari kondisi awal, kemudian mengalami penurunan nilai TDS di hari ke- 7. Hal ini dapat dikarenakan adanya pengaruh pemberian oksigen sehingga terjadi kontak dengan limbah. Mikroorganisme membentuk suspensi dengan limbah menghasilkan biomassa flok yang bergerak akibat adanya aerasi. Yulvizar (2011) dalam penelitiannya menurunkan kadar fenol menggunakan proses aerobik, menyatakan pada bak aerasi terjadi kontak antara oksigen dengan limbah membentuk flok (lumpur yang dapat diendapkan). Flok yang terbentuk akibat adanya perombakan zat organik mengalir dalam bak aerasi. Kecepatan terbentuknya flok dipengaruhi suhu, suhu yang tinggi menyebabkan semakin besar terjadinya kontak antar partikel. Pembentukan flok sampai pada titik jenuh akan larut kembali ketika telah mencapai suhu optimum (Karamah dan Septiyanto, 2008).

Pada penelitian ini, penurunan nilai TDS dapat terjadi karena terbentuk karena biomassa isolat bakteri melakukan proses oksidasi dan penguaraian padatan terlarut. Jumlah populasi bakteri dalam pengolahan limbah berperan penting dalam proses dekomposisi limbah, semakin besar jumlah populasi bakteri, maka semakin besar proses perombakan terjadi (Sastrawidana, 2009). Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa perlakuan dengan campuran 4 mampu menurunkan kadar TDS menjadi 3436,7 mg/L di hari ke- 14 (17,63%).

6. TSS (*Total Suspended Solid*)

Pada perlakuan kontrol dengan kondisi awal 352 mg/L mengalami peningkatan di hari ke- 7 menjadi 750 mg/L dan mengalami peningkatan kembali di hari ke- 14 menjadi 1926,6 mg/L. Perlakuan campuran 1 pada kondisi awal yaitu 930 mg/L mengalami penurunan di hari ke-7 menjadi 537 mg/L dan di hari ke- 14 mengalami peningkatan menjadi 1466,6 mg/L. Perlakuan campuran 2 pada kondisi awal sebesar 386 mg/L mengalami peningkatan menjadi 387 mg/L dan mengalami peningkatan kembali di hari ke- 14 menjadi 1363 mg/L. Perlakuan campuran 3 pada kondisi awal 985 mg/L mengalami penurunan di hari ke- 7 menjadi 696 mg/L dan mengalami peningkatan kembali di hari ke- 14 menjadi 1276,3 mg/L. Perlakuan campuran 4 kondisi awal 398 mg/L mengalami peningkatan di hari ke- 7 sebesar 810 mg/L dan mengalami peningkatan kembali di hari ke- 14 menjadi 1026 mg/L.



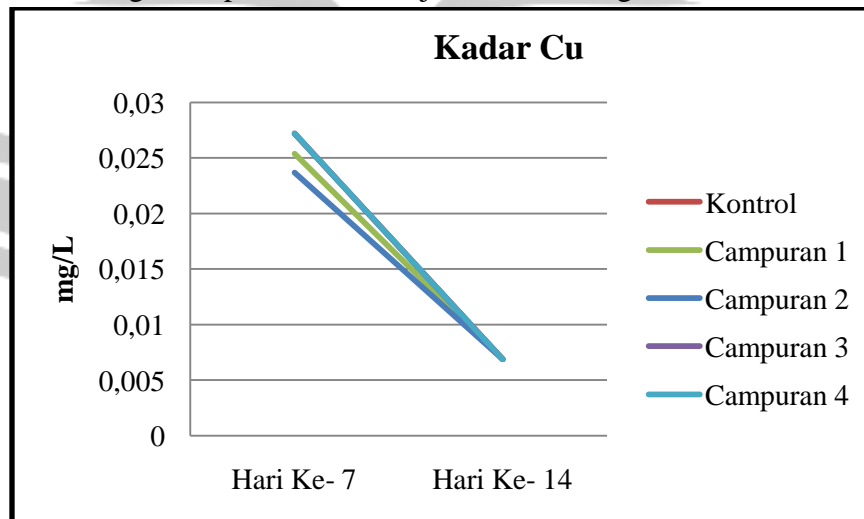
Pada penelitian ini penurunan nilai TSS dapat dikarenakan adanya pengaruh pertumbuhan massa isolat bakteri. Mulyani dkk, (2012) menyatakan dalam penelitiannya, penambahan massa mikroorganisme memiliki pengaruh terhadap BOD, COD dan TSS pada limbah. Peningkatan jumlah biomassa isolat bakteri berpengaruh dalam interaksi mikroorganisme terhadap limbah sehingga menyebabkan penurunan jumlah polutan.

Peningkatan di hari ke- 7 dan hari ke- 14 pada perlakuan kontrol, campuran 2 dan campuran 4 pada penelitian ini mengindikasikan adanya pengaruh adaptasi isolat bakteri dan pertumbuhannya. Sastrawidana (2009) dalam penelitiannya menyatakan, jumlah populasi bakteri memiliki pengaruh terhadap pengolahan limbah. Jumlah bakteri yang semakin besar, maka semakin cepat pengolahan limbah oleh bakteri terjadi. Arsawan dkk (2007) menyatakan, pemberian waktu aerasi berpengaruh terhadap nilai TSS, hal ini dikarenakan lama waktu aerasi mempengaruhi suplai oksigen kedalam air. Ketersediaan oksigen berpengaruh terhadap kontak mikroorganisme terhadap limbah. Oksigen oleh bakteri aerob dalam proses oksidasi dan sintesis sel. (Susilo, 2013 ; Kristanto, 2002).

Pada hari ke- 14 pada perlakuan campuran 1 dan campuran 3 menunjukkan adanya peningkatan nilai TDS. Meningkatnya nilai TSS pada penelitian ini mengindikasikan bahwa adanya pengaruh nutrisi terhadap kematian massa isolat bakteri. Wijayanti (2016) dalam penelitiannya menyatakan, pertumbuhan biomassa ditentukan berdasarkan jumlah nutrisi yang sesuai bagi mikroba. Koloid dapat terbentuk akibat adanya penguraian zat organik dan jasad renik menjadi sangat halus, serta adanya zat koloid yang serupa mengganggu ataupun tidak mengendap dengan cepat. Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat dilihat pada tabel 13 diketahui bahwa pada perlakuan campuran 1 mampu menurunkan nilai TSS menjadi 537 mg/L dengan efisiensi penurunan 42,26% pada hari ke- 7.

7. Logam Berat Tembaga (Cu)

Pada perlakuan kontrol, memiliki kondisi awal sebesar 0,0294 mg/L, mengalami penurunan di hari ke- 7 menjadi 0,0272 mg/L dan pada hari ke- 14 mengalami penurunan menjadi <0,0069 mg/L. Pada perlakuan campuran 1 kondisi awal sebesar 0,0294 mg/L mengalami penurunan menjadi 0,0254 mg/L dan mengalami penurunan kembali menjadi <0,0069 mg/L. Pada perlakuan campuran 2 kondisi awal sebesar 0,0293 mg/L mengalami penurunan di hari ke- 7 menjadi 0,0237 mg/L dan di hari ke- 14 mengalami penurunan menjadi <0,0069 mg/L. Perlakuan campuran 3 kondisi awal sebesar 0,0344 mg/L mengalami penurunan di hari ke- 7 menjadi 0,0272 mg/L dan mengalami penurunan kembali di hari ke- 14 menjadi <0,0069 mg/L. Perlakuan campuran 4 memiliki kondisi awal 0,0293 mg/L mengalami penurunan di hari ke- 7 menjadi 0,0272 mg/L dan di hari ke- 14 mengalami penurunan menjadi <0,0069 mg/L.



Pada penelitian ini mengindikasikan bahwa adanya peran dari isolat bakteri sebagai removal kandungan logam Cu pada limbah batik. Remediasi bahan pencemar logam berat terjadi karena adanya biosorpsi secara biologi. *Pseudomonas*, *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Citrobacter*, *Streptomyces*, *Saccharomyces* dan *Citrobacter* menghasilkan *exopolymers* untuk pertumbuhan, logam memiliki afinitas yang tinggi terhadap *anionic exopolymers* sehingga membentuk biofilm

yang dapat terlihat atau tidak terlihat dalam remediasi. *Zoogloea*, *Klebsiella* dan *Pseudomonas* spp. digunakan juga dalam pengolahan kandungan logam pada limbah domestik (Pepper, dkk 2015).

Gupta dan Diwan (2017) dalam penelitiannya, menyatakan bahwa kontaminasi logam berat dapat dilakukan remediasi melalui biosorpsi melalui biomassa mikroba dan produk yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan, adanya kandungan ekstraseluler polimerik yang merupakan campuran kompleks dari berat biopolimer mikroba. Ekstraseluler polimerik tersebut mengandung protein, polisakarida, *uronic acids*, kandungan *humic*, lemak dan bahan lainnya. Kandungan lainnya yang dan berperan penting adalah EPS yang dihasilkan saat kondisi mecekam diantaranya kelaparan, pH, suhu dan bahan fisika dan kimia. Martins dkk (2008) dalam penelitiannya menyatakan, bahwa kandungan EPS (*Extracellular polymeric substances*) pada konsorsium bakteri mampu meremediasi logam berat Cd, Zn dan Cu. Pada penelitiannya ini diketahui bahwa pada Campuran 4 memiliki kemampuan dalam penyerapan logam Cu lebih baik yaitu hari ke- 7 sebesar 7,17% dan hari ke- 14 sebesar 74,63%.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dalam penelitian dalam penerapan isolat bakteri untuk remediasi limbah cair batik pewarna naphthol merah dan menurunkan logam Cu yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Bakteri indigenus dominan yang terdapat pada limbah cair batik naphthol pewarna merah yaitu AD1 menyerupai genus *Bacillus*, AD2 menyerupai genus *Pseudomonas*, dan AD3 menyerupai genus *Zoogloea*.
2. Campuran 4 dengan pencampuran ketiga bakteri isolat dominan AD1, AD2 dan AD3 dengan perbandingan 33%:33%:33% mengindikasikan dapat melakukan bioremediasi limbah cair batik pewarna naphthol merah dengan BOD mengalami penurunan sebesar 5,2%, penurunan COD sebesar 13,88%, penurunan TDS sebesar 17,63% dan penurunan logam Cu sebesar 74,63%.

SARAN

saran yang dapat diberikan pada penelitan penerapan isolat bakteri indigenus dominan dalam bioremediasi limbah cair batik dan menurunkan logam Cu sebagai berikut:

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai identifikasi bakteri dengan metode yang lebih akurat, misalnya menggunakan teknologi DNA.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai waktu yang remediasi penggunaan campuran bakteri dalam memperbaiki kualitas limbah cair batik yang sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan.
3. Perlu adanya kajian lebih lanjut mengenai kemampuan campuran isolat bakteri menggunakan metode yang lebih mendukung proses remediasi. Misalnya menggunakan metode *biofilm*, filtrasi dan lumpur aktif

DAFTAR PUSTAKA

- Agung. 2013. Edia: Kurangi Pencemaran, Hidupkan Kembali Pewarna Alami. *Liputan*. <http://ugm.ac.id/id/post/page?id=5464>. Diakses 28 November 2016.
- Arsawan, M., Suyasa, I. W. B., dan Suarna, W. 2007. Pemanfaatan Metode Aerasi Dalam Pengolahan Limbah Berminyak. *Jurnal Ecotrophic* 2 (2) : 1-9.
- Citrapancayudha, D. R. dan Soetarto, E. S. 2016. Biodegradasi Residu Wax dari Limbah Industri Batik oleh Bakteri. *Proceeding Biology Education Conderence* 13 (1) : 800-806.
- Fahrudin. 2010. *Bioteknologi Lingkungan*. Penerbit Alfabeta, Bandung
- Fulekar, M. H. 2010. *Environmental Biotechnology*. CRC Press Taylor & Francis Group, Florida.
- Gratha, B. 2012. Panduan Mudah Belajar Membuat Batik. DeMedia, Jakarta.
- Gupta, P. dan Diwan, B. 2017. Bacterial Exopolysaccharide Mediated Heavy Metal Removal: A Review on Biosynthesis, Mechanism and Remediation Strategies. *Biotechnology Reports* 13 : 58-71.
- Ibad, M. M. 2013. Bioremediasi Limbah Cair PT. Petrokimia Gresik dengan Bakteri Indigenus. <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-paper-31842-1509100009-Paper.pdf>. Diakses tanggal 2 Juni 2017.
- Ishartanto, W. A. 2009. Pengaruh Aerasi dan Penambahan Bakteri *Bacillus* sp. Dalam Mereduksi Bahan Pencemar Organik Air Limbah Domestik. *Skripsi*. Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Karamah, E. F., dan Septiyanto, A. 2008. Pengaruh Suhu dan Tingkat Keasman (pH) Pada Tahap Pralakuan Koagulasi (Koagulan Aluminum Sulfat) Dalam Proses Pengolahan Air Menggunakan Membran Mikrofiltrasi Polipropilena Serat Berlubang. *Jurnal Teknologi Edisi Maret*. <http://staff.ui.ac.id/user/1574/publications>. Diakses tanggal 10 Juni 2017.
- Kristanto, P. 2002. *Ekologi Industri*. ANDI, Yogyakarta.
- Manurung, R., Hasibuan, R., dan Irvan. 2004. *Perombakan Zat Warna Azo Reaktif Secara Anaerob-Aerob*. <http://library.usu.ac.id/download/ft/tkimia-renita2.pdf>.
- Martins, P. S. O., Almeida, N. F., dan Leite, S. G. F. 2008. Application of A Bacterial Extracellular Polymeric Substance In Heavy Metal Adsorption In A Co-Contaminated Aqueous System. *Brazilian Journal of Microbiology* 39 : 780-786.
- Mulyani, H., Sasongko, S. B., dan Soetrisno, D. 2012. Pengaruh Preklorinasi Terhadap Proses Start Up Pengolahan Limbah Cair Tapioka Sistem Anaerobic Baffled Reactor. *Jurnal Momentum* 8 (1) : 21-27.
- Munawaroh, S. 2000. *Peranan Kebudayaan Daerah Dalam Perwujudan Masyarakat Industri Pariwisata di Daerah Istimewa Yogyakarta*. Yogyakarta: Proyek Pengkajian dan Pembinaan Nilai-Nilai Budaya Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Direktorat Sejarah dan Nilai Tradisional, Dirjen Kebudayaan, Depdikbud.
- Pancapalaga, W., Bintoro, P., Pramono, Y. B., dan Triatmojo, S. 2014. The Evaluation of Dyeing Leather Using Batik Method. *International Journal of Applied Science and Technology* 4 (2) : 236-242.

- Pemerintah Republik Indonesia. 2001. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*. Pemerintah Republik Indonesia, Jakarta.
- Pepper, I. L., Gerba, C. P., dan Gentry, T. J. 2015. *Environmental Microbiology Third Edition*. Academic Press, United Kingdom. Hal 435.
- Peraturan Daerah Istimewa Yogyakarta. 2016. Peraturan Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta No. 7 Tahun 2016 *Tentang Baku Mutu Air Limbah Tentang Baku Mutu Air Limbah*. Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta, Yogyakarta.
- Sasongko, D. P. dan Tresna, W. P. 2010. Identifikasi Unsur dan Kadar Logam Berat Pada Limbah Pewarna Batik Dengan Metode Analisis Pengaktifan Neutron. *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (TELAAH)* 27 : 22 – 27.
- Sastrawidana, I D., K. 2009. Isolasi Bakteri Dari Lumpur Limbah Tekstil Dan Aplikasinya Untuk Pengolahan Limbah Tekstil Menggunakan Sistem Kombinasi Anaerob-Aerob. *Disertasi*. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Susanto, S. S. K. 1973. *Seni Kerajinan Batik Indonesia*. Balai Penelitian Batik dan Kerajinan, Lembaga Penelitian dan Pendidikan Industri, Departemen Perindustrian Republik Indonesia.
- Susilo, F. A. P., Suharto, B. dan Susanawati, L. D. 2013. Pengaruh Variasi Waktu Tinggal Terhadap Kadar BOD dan COD Limbah Tapioka dengan Metode *Rotating Biological Contactor*. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan* 2 (1) L 21-26.
- Wijayanti, A. W. 2016. Pemanfaatan Bakteri Indigenus Dalam Remediasi Limbah Cair Binatu “X” Dengan Media Lumpur Aktif. *Skripsi*. Universitas Atma Jaya Yogyakarta Fakultas Teknobiologi Program Studi Biologi Program Studi Biologi, Yogyakarta.
- Yulvizar, C. 2011. Efektivitas Pengolahan Limbah Cair Dalam Menurunkan Kadar Fenol Di Rumah Sakit Umum dr. Zainoel Abidin (RSDUZA) Banda Aceh. *Jurnal ilmiah Pendidikan Biologi, Biologi Edukasi* 3 (2) : 9 – 15.