



Aspergillus* sp. 3 pada Pengolahan Limbah Cair Batik Kutawaru Cilacap dan Pengaruhnya terhadap *Zea mays* dan *Vigna radiata

Ratna Stia Dewi^{✉1)}, Khusnul Khotimah²⁾

¹⁾Fakultas Biologi, Universitas Jenderal Soedirman, Indonesia

²⁾Madrasah Aliyah Negeri 3, Cilacap, Indonesia

Info Artikel

Diterima: 10 September 2019
Disetujui: 20 Oktober 2019
Dipublikasikan: 25 November 2019

Keywords: *Aspergillus* sp. 3; batik waste Kutawaru; *Zea mays*; *Vigna radiata*.

Abstract

The Kutawaru written batik industry in Cilacap, Central Java developed rapidly but has the potential in environmental pollution. The wastewater of Kutawaru batik is still treated conventionally and need alternative method to minimize the pollution utilize microorganism agents, such as Aspergillus sp. 3. The purpose of this study was to determine the ability of Aspergillus sp. 3 in reducing the color of batik waste of Kutawaru and to determine the effect of the treatment results of Aspergillus sp. 3 in corn and green beans. The study was conducted by experimental methods. The results showed that isolate of Aspergillus sp.3 was able to reduce the color of Kutawaru written batik wastewater by 76.303% with an average mycelium dry weight of 0.153 g. Aspergillus sp. 3 effect on the growth of corn and green beans. The percentages of germination in corn for batik waste, water and wastewater after fungal treatment were 22%, 100%, 89%, while in green beans were 0,100,100%, respectively. Leafbuds length (cm) corn in batik wastewater, water and wastewater after fungal treatment were 0,2; 4,28; and 1,58, while in green beans were 0 in batik waste, 9,47 in water and 1,29 in waste after fungal treatment. The amount of leaves after fungal treatment on corn was 2 which was the same as the amount in clean water, while on the wastewater did not grow. Aspergillus sp. 3 can reduce the color of batik waste Kutawaru and good effect on plant growth.

Abstrak

Industri batik tulis Kutawaru di Cilacap-Jawa Tengah semakin berkembang, namun limbahnya berpotensi mencemari lingkungan. Air limbah batik sementara ini masih diolah secara konvensional. Diperlukan metode lain yang dapat digunakan dalam upaya meminimalisir dampak pencemaran menggunakan agen mikroorganisme, misalnya *Aspergillus*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan kemampuan jamur *Aspergillus* sp. 3 dalam menurunkan warna limbah batik tulis Kutawaru dan menentukan pengaruh perlakuan *Aspergillus* sp. 3 terhadap pertumbuhan tanaman jagung dan kacang hijau. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimental. Hasil penelitian menunjukkan isolat *Aspergillus* sp.3 mampu menurunkan warna limbah batik tulis Kutawaru sebesar 76,303% dengan rata-rata berat kering miselium sebesar 0,12 g. Hasil perlakuan *Aspergillus* sp. 3 berpengaruh terhadap pertumbuhan jagung dan kacang hijau. Persentase perkecambahan pada jagung untuk limbah batik, air bersih, dan limbah setelah perlakuan sebesar 22%, 100%, 89%, sedangkan pada kacang hijau berturut-turut sebesar 0, 100, 100%. Panjang tunas (cm) pada jagung di limbah batik, air bersih, dan limbah setelah perlakuan berturut-turut 0,2; 4,28; dan 1,58, sedangkan pada kacang hijau 0 pada limbah batik; 9,47 pada air bersih; dan 1,29 pada limbah setelah perlakuan. Jumlah daun jagung setelah perlakuan pada jagung= 2, sama seperti jumlah pada air bersih, sedangkan di limbah tidak tumbuh. Perlakuan *Aspergillus* sp. 3 dapat menurunkan warna limbah batik tulis Kutawaru dan berpengaruh baik pada pertumbuhan tanaman.

© 2019 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:

Jl. dr. Soeparno 63 Grendeng Purwokerto
E-mail: ratna.dewi0509@unsoed.ac.id

p-ISSN 2252-6277
e-ISSN 2528-5009

PENDAHULUAN

Cilacap merupakan kabupaten terluas di Jawa Tengah dan sebagai salah satu dari tiga kawasan industri utama di provinsi ini (selain Semarang dan Surakarta). Salah satu daerah industri di Cilacap adalah Kelurahan Kutawaru yang secara geografis terletak di sebelah barat Kota Cilacap, dipisahkan oleh laut. Di Kutawaru terdapat Ekowisata Hutan Bakau/Mangrove dan industri batik tulis yang terkenal corak khasnya. Seiring dengan perkembangannya, di sisi lain menghasilkan limbah yang masih menjadi permasalahan di masyarakat karena pewarna sintetik yang digunakan berbahaya pada lingkungan. Selain menjadi penyebab terhambatnya penetrasi sinar matahari ke dalam air, sehingga menyebabkan aktivitas fotosintesis dan keberlangsungan hidup mikroalga terganggu, selain itu limbah batik dapat berdampak negatif pada tanaman. Menurut Putri (2018), limbah batik berdampak pada penurunan tinggi tanaman, jumlah akar, jumlah daun, panjang akar, menyebabkan terjadinya nekrosis dan klorosis pada daun, dan *iron plaque* pada akar krisan. Tingginya konsentrasi limbah batik menyebabkan penurunan ketebalan jaringan epidermis, ukuran sel metaxylem dan floem, dan peningkatan stele, ketebalan jaringan korteks pada umur 1 minggu sesudah terpapar.

Telah banyak dilakukan metode pengolahan limbah cair pewarna misalnya secara fisika dan kimia, akan tetapi menurut Awaluddin *et al.* (2001) kedua cara pengolahan tersebut masih memiliki kelemahan, yaitu biaya operasional yang tinggi, penerapan yang terbatas serta menghasilkan sejumlah besar limbah baru berupa lumpur. Sementara ini, limbah batik diolah secara konvensional dengan metode filtrasi sederhana menggunakan pasir, kerikil, dan ijuk. Metode ini kurang efektif karena prosesnya yang cukup lambat dan tidak dapat digunakan dalam skala besar. Oleh karena itu, perlu dicari cara pengolahan limbah batik yang aman dan mudah diterapkan. Metode lain yang dapat diterapkan adalah dengan memanfaatkan teknologi pengolahan limbah secara biologi dengan menggunakan agen mikroorganisme. Jamur yang diisolasi dari limbah batik merupakan jamur yang secara alami tumbuh dan telah beradaptasi dalam lingkungan limbah batik (Darliana, 2011). Jenis jamur *indigenous* digunakan sebagai agen penurunan warna zat warna, selain diharapkan mempunyai ketahanan terhadap kondisi di bawah normal, jamur ini diharapkan tidak mati jika diberi perlakuan pada media yang dicampurkan pewarna (Dewi & Lestari, 2010).

Fungi unggul pendegradasi pewarna umumnya ditemukan di tanah atau air berupa limbah cair yang memiliki enzim degradatif kayu. Menurut Leonowicz *et al.* (2001), fungi pembusuk kayu adalah produsen utama lakase, oksidase ini telah diisolasi dari banyak anggota Ascomycota termasuk *Aspergillus* sp. *Aspergillus fumigatus* XC6 yang diisolasi dari jerami padi memiliki kemampuan untuk menurunkan warna limbah industri pewarna. Strain ini mampu menghilangkan pewarnaan limbah cair pada kisaran pH 3,0–8,0 dengan pewarna sebagai sumber karbon dan nitrogen tunggal (Jin *et al.*, 2007). Spesies *Aspergillus* penghasil beragam enzim hidrolitik dan oksidatif yang terlibat dalam pemecahan lignoselulosa. Bagi *Aspergillus*, proses degradasi adalah sarana memperoleh nutrisi. *Aspergillus* mendegradasi substrat xenobiotik, baik berupa kertas dan tekstil sangat rentan terhadap degradasi *Aspergillus* (Ciferri, 1999).

Aspergillus niger SA1 yang diisolasi dari kolam penyimpanan air limbah tekstil memiliki kemampuan mineralisasi yang besar terhadap pewarna *azo*, *acid red* (AR) 151 dan *orange* (Or) II dalam kondisi 24 jam, 100 ml limbah tekstil menggunakan 5 g pelet jamur yang baru tumbuh. Terjadi penurunan warna pada limbah AR 151 sebesar 95% dalam kondisi teragitasi dan 52% ketika tanpa agitasi. Dalam limbah Or II, hasilnya adalah 50 dan 61% dalam kondisi statis, sementara 65 dan 85% dalam kondisi statis (Ali *et al.*, 2008; 2009)

Penelitian ini menggunakan *Aspergillus* sp. 3 yang diperoleh dari penelitian sebelumnya dari isolasi limbah batik. *Aspergillus* sp. 3 merupakan jamur mikroskopis yang telah diteliti sebelumnya dapat mendegradasi limbah pewarna batik *Indigosol Blue* 04B. Genus ini menjanjikan untuk digunakan sebagai agen untuk pengolahan air limbah [12,13]. Isolat *Aspergillus* sp. 3 memiliki kemampuan tertinggi untuk menghilangkan warna air limbah batik *Indigosol Blue* dan mengurangi parameter fisikokimia. *Aspergillus* sp. 3 adalah isolat terbaik dibandingkan dengan *Aspergillus* spp. lainnya untuk menurunkan tingkat *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS), *Total Dissolved Solids* (TDS) dan *Electrical Conductance* (EC), dan pH, serta suhu (Dewi *et al.*, 2018a, b). Begitupula dengan komponen Cr, sulfida, amonia, fenol, dan minyak-lemak dari air limbah batik, isolat *Aspergillus* sp. 3 ini dilaporkan mampu untuk mengurangi konsentrasinya (Dewi *et al.*, 2019a, b).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan kemampuan jamur *Aspergillus* sp. 3 dalam menurunkan warna limbah batik tulis Kutawaru dan menganalisis pengaruh hasil perlakuan *Aspergillus* sp. 3 pada tanaman jagung dan kacang hijau.

METODE

Limbah cair batik yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah batik pewarna *Indigosol Ungu*, *Indigosol Hijau*, dan *Naftol* yang diperoleh dari Unit Usaha Kerajinan Batik Tulis Kelurahan Kutawaru, Cilacap. Medium yang digunakan adalah medium *Potato Dextrose Agar* (PDA) dan *Potato Dextrose Broth* (PDB). Isolat jamur mikroskopis yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Aspergillus* sp. 3 yang diisolasi dari limbah batik hasil penelitian sebelumnya (Dewi *et al.*, 2018a, b; Dewi *et al.*, 2019a, b).

Persiapan Limbah Batik

Limbah batik yang digunakan dalam penelitian ini diencerkan sebanyak 5 kali dan 10 kali. Pembuatan limbah batik dengan pengenceran 5 kali dilakukan dengan menambahkan limbah batik sebanyak 80 mL ke dalam 320 mL akuades sedangkan pembuatan limbah batik dengan pengenceran 10 kali dilakukan dengan menambahkan limbah batik sebanyak 40 mL ke dalam 360 mL akuades. Sehingga diperoleh volume akhir masing masing pengenceran sebanyak 400 mL.

Peremajaan dan Pembuatan Inokulum Jamur (Pilatin dan Kunduhoglu, 2011)

Isolat diremajakan 1 ose isolat pada 10 mL medium PDA pada cawan petri yang telah disterilkan sebelumnya dengan autoklaf selama 20 menit, 121°C tekanan 1 atm, kemudian diinkubasi pada suhu ruang selama 5 hari. Miselium yang tumbuh kemudian dengan diinokulasikan sebanyak 5 plug

dengan menggunakan *cork borer* Ø 5 mm ke dalam 50 mL medium PDB pada 250 mL labu Erlenmeyer secara aseptis kemudian diinkubasi selama 3 x 24 jam menggunakan *shaker* 75 rpm.

Pengukuran Pertumbuhan Isolat *Aspergillus* sp. 3 pada Limbah Batik

Miselium isolat *Aspergillus* sp. 3 yang terbentuk berupa *pellet* pada medium PDB kemudian dipisahkan dengan medium pertumbuhannya secara aseptis. *Pellet* jamur yang sudah dipisah ditambahkan dengan ketiga macam limbah batik masing-masing sebanyak 100 mL secara aseptis, kemudian diinkubasi menggunakan *shaker* dengan kecepatan 75 rpm pada suhu ruang selama 3 x 24 jam. *Pellet* miselium *Aspergillus* sp. 3 yang terbentuk kemudian disaring menggunakan kertas saring dengan alat penyaring bertekanan. Miselium isolat *Aspergillus* sp. 3 yang sudah disaring lalu dioven pada suhu 60°C sampai diperoleh bobot konstan. Pertumbuhan isolat diperoleh dari hasil pengukuran bobot miselium. Limbah batik dengan pertumbuhan tertinggi dipilih untuk dilakukan pada tahap selanjutnya.

Pengolahan Limbah Batik Terpilih

Panjang gelombang maksimum dari limbah batik terpilih sebelumnya diukur. Nilai panjang gelombang maksimum diperoleh dengan mengukur absorbansi zat warna menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada rentang 400-700 nm. Panjang gelombang maksimum merupakan absorbansi tertinggi yang diperoleh.

Isolat *Aspergillus* sp. 3 pada medium PDA ditumbuhkan kembali pada medium PDB kemudian dilakukan penambahan limbah seperti pada metode sebelumnya. Limbah cair batik pada setiap unit percobaan dipisahkan dari miseliumnya menggunakan kertas saring. Supernatan yang diperoleh kemudian diukur absorbansinya menggunakan UV-VIS spektrofotometer dengan panjang gelombang maksimum. Persentase penurunan warna hasil pengolahan limbah batik menggunakan diukur dengan rumus sebagai berikut.

$$\% \text{ Penurunan warna} = \frac{\text{Absorbansi awal} - \text{Absorbansi akhir}}{\text{Absorbansi awal}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

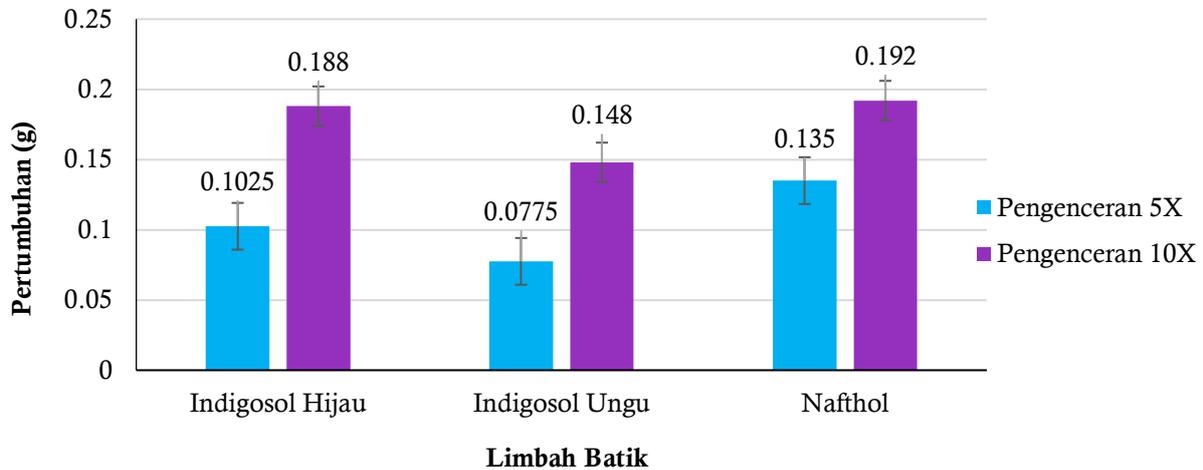
Pengaruh Hasil Pengolahan Limbah Batik dengan *Aspergillus* sp. 3 terhadap *Zea mays* dan *Vigna radiata*

Limbah hasil pengolahan dan tanpa pengolahan menggunakan isolat *Aspergillus* sp. 3 disiapkan sebagai sampel untuk diujikan pengaruhnya pada biji *Z. mays* dan *V. radiata* sebagai tanaman pertanian monokotil dan dikotil. Sekitar 20 biji ditaburkan pada pasir yang telah disterilisasi sebelumnya menggunakan autoklaf. Penelitian dilakukan dengan menyiram benih dengan 5 mL sampel. Kontrol dilakukan dengan menggunakan air bersih. Setelah 7 hari, persentase perkecambahan biji (germinasi) dicatat, panjang tunas diukur, dan jumlah helai daun dihitung (Ilyas & Rehman, 2013).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan miselium *Aspergillus* sp. 3 pada tiga jenis limbah batik disajikan dalam Gambar 1. Berat miselium dari *Aspergillus* sp. 3 yang ditumbuhkan dalam limbah batik pewarna Indigosol Ungu, Indigosol Hijau, dan Naftol pada pengenceran 5x adalah 0,1025; 0,0775; 0,135 g, sedangkan pada pengenceran 10x adalah 0,188; 0,148; 0,192 g. Data tersebut menunjukkan bahwa pertumbuhan

miselium pada pengenceran 10x lebih baik dibanding pengenceran 10x. Hal ini mengindikasikan bahwa pertumbuhan miselium *Aspergillus* sp. 3 tidak terlalu baik pada limbah yang lebih pekat atau dengan konsentrasi yang lebih tinggi. Data tersebut menggambarkan pula pertumbuhan *Aspergillus* sp. 3 paling baik pada limbah batik Naphtol, sehingga pada uji selanjutnya dipilih limbah batik Naphtol.



Gambar 1. Pertumbuhan miselium *Aspergillus* sp. 3 pada limbah batik yang berbeda.

Tabel 1. Limbah Pewarna Batik Naphtol Setelah Pengolahan Menggunakan *Aspergillus* Sp. 3

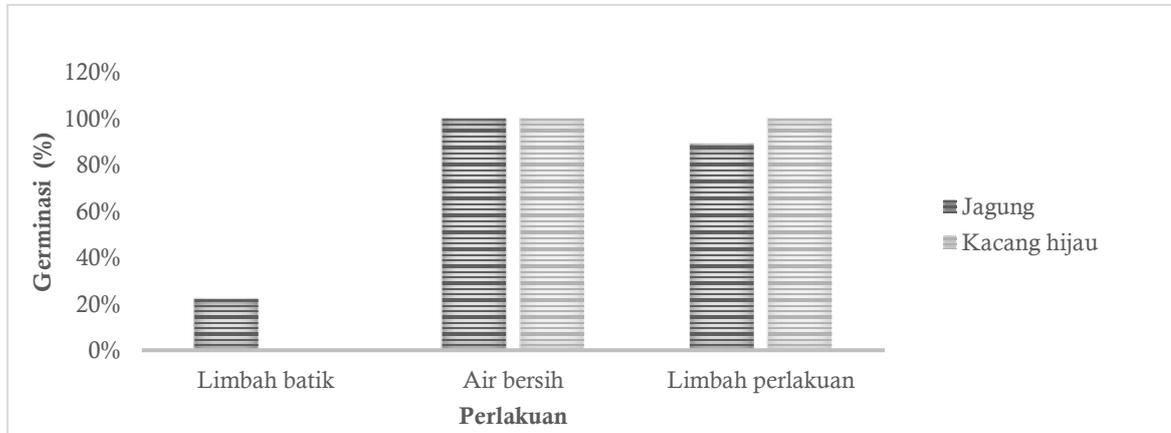
Penurunan warna (%)	Berat kering miselium (g)	pH	
		Sebelum	Sesudah
76,303	0,12	5,4 ± 0,4	6 ± 0,5

Tabel 1 menunjukkan kondisi limbah pewarna batik naphthol setelah pengolahan menggunakan *Aspergillus* sp. 3 yang diperlakukan pada panjang gelombang maksimum 792 nm. Data tersebut menunjukkan bahwa besarnya penurunan warna yang terjadi sebesar 76,303% dengan berat kering miselium sebesar 0,12 g. Hal ini menunjukkan bahwa *Aspergillus* sp. 3 mampu menurunkan warna pada proses pengolahan limbah batik yang digambarkan dengan terjadinya penurunan warna dengan nilai >75%. Menurut Parshetti *et al.* (2007) spesies *Aspergillus* dapat menghilangkan warna pewarna dengan biosorpsi dan biodegradasi.

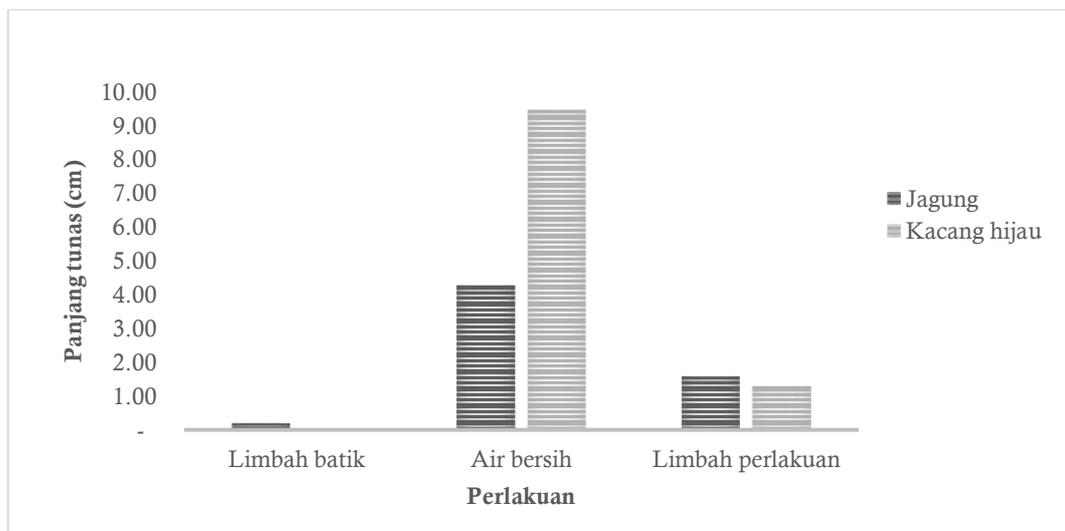
Tabel 1 juga menunjukkan derajat keasaman sebelum dan sesudah pengolahan menggunakan *Aspergillus* sp. 3. Isolat tersebut dapat menaikkan pH dari pH asam menjadi netral. Diketahui bahwa limbah dengan pH asam tidak baik dibuang ke lingkungan. pH yg baik adalah pH yang sesuai dengan nilai standar yang ditetapkan Pemerintah yaitu pH netral (6-7). Hal ini mengindikasikan bahwa *Aspergillus* sp. 3 mampu mengolah limbah batik.

Penurunan warna pada proses pengolahan limbah batik menggunakan *Aspergillus* sp.3 terjadi karena adanya mekanisme penjerapan dan penyerapan oleh miselium serta degradasi menggunakan

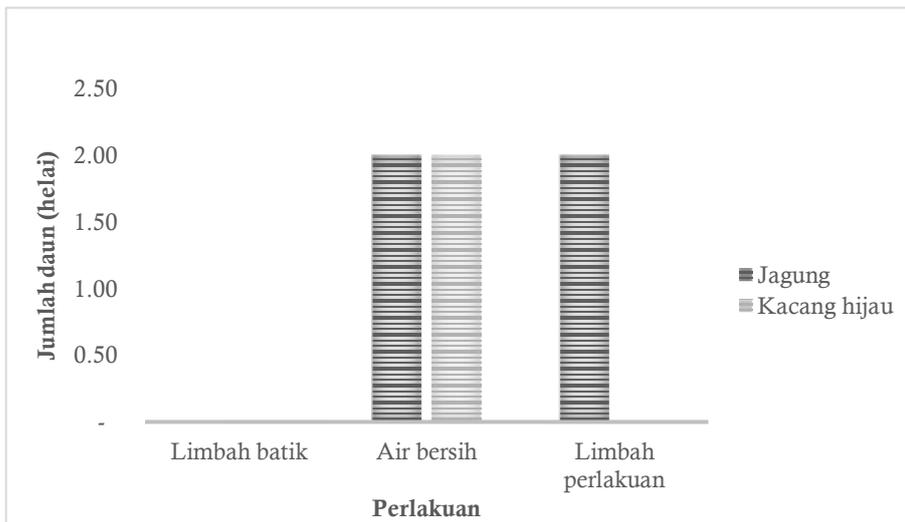
enzim. Menurut Ali *et al.* (2009) hilangnya zat warna pada limbah pewarna terjadi karena biosorpsi/bioadsorpsi dari biomassa jamur. Di samping itu adanya perubahan warna pewarna pada biomassa fungi sehingga terbentuk produk baru pada limbah terjadi karena adanya degradasi secara metabolik oleh strain fungi.



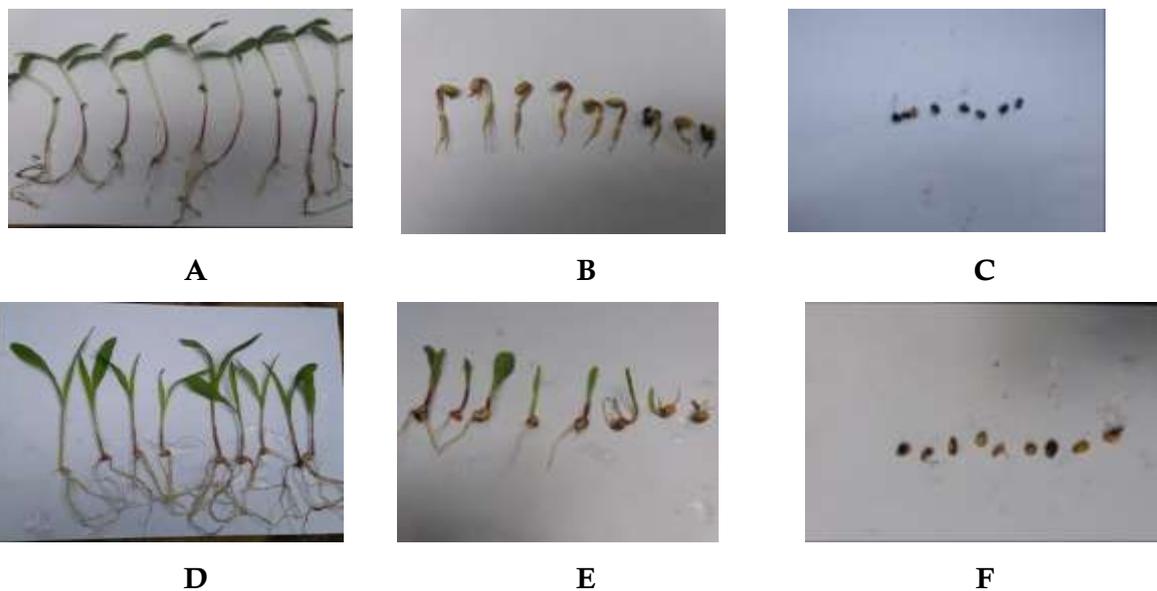
Gambar 2. Perkecambahannya biji jagung dan kacang hijau pada limbah batik dengan dan tanpa perlakuan *Aspergillus sp.3*.



Gambar 3. Panjang tunas jagung dan kacang hijau pada limbah batik dengan dan tanpa perlakuan *Aspergillus sp.3*



Gambar 4. Jumlah helai daun jagung dan kacang hijau pada limbah batik dengan dan tanpa perlakuan *Aspergillus* sp.3.



Gambar 5. Pertumbuhan kacang hijau dan jagung dengan penyiraman air limbah setelah pengolahan menggunakan *Aspergillus* sp.3, air limbah, dan air bersih.

Keterangan:

- A : Pertumbuhan kacang hijau dengan penyiraman air bersih.
- B : Pertumbuhan kacang hijau dengan penyiraman limbah batik dengan pengolahan *Aspergillus* sp.3.
- C : Pertumbuhan kacang hijau dengan penyiraman limbah batik tanpa pengolahan *Aspergillus* sp.3.
- D : Pertumbuhan jagung dengan penyiraman air bersih.
- E : Pertumbuhan jagung dengan penyiraman limbah batik dengan pengolahan *Aspergillus* sp.3.
- F : Pertumbuhan jagung dengan penyiraman limbah batik tanpa pengolahan *Aspergillus* sp.3.

Data persentase perkecambahan biji (germinasi), panjang tunas, dan jumlah helai daun pada biji jagung dan kacang hijau ditampilkan dalam Gambar 2, 3 dan 4. Dari Gambar tersebut diperoleh rata-rata pemunculan mata tunas jagung pada penyiraman dengan air limbah batik dengan pengolahan adalah 89% dengan rata-rata panjang tunas 1,58 cm. Hal itu menunjukkan hasil yang lebih baik jika dibandingkan dengan penyiraman dengan air limbah batik yang belum terolah. Bahkan biji kacang hijau tidak tumbuh sama sekali pada penyiraman dengan air limbah batik yang masih mengandung pewarna sintetik.

Kesuburan tanah tergantung pada kadar air. Dalam penelitian ini dipelajari bagaimana pengaruh air limbah cair batik tanpa dan dengan pengolahan menggunakan isolat *Aspergillus* sp.3 bila disiramkan pada tanaman. Pengolahan limbah batik menghasilkan berbagai produk degradasi. Penting untuk mempelajari bagaimana pengaruhnya, agar diketahui toksisitas pada tanaman. Dari Gambar 2 diketahui bahwa perkecambahan biji jagung sebesar 89% ketika diberikan perlakuan dengan limbah cair batik dengan perlakuan. Hasil ini lebih tinggi dibanding ketika diberi perlakuan limbah tanpa pengolahan (22%). Demikian pula, perkecambahan biji kacang hijau sebesar 100% yang lebih tinggi dibanding dengan limbah tanpa pengolahan (0%) (Gambar 2). Gambar 3 menunjukkan bahwa panjang tunas jagung dengan penyiraman air limbah sebesar 0,2 cm, sedangkan pada kacang hijau tidak terjadi pertumbuhan tunas. Rata-rata panjang tunas jagung pada perlakuan menggunakan limbah batik dengan pengolahan *Aspergillus* sp.3 sebesar 1,58 cm dan 1,29 cm pada biji kacang hijau. Sedangkan pada kontrol air bersih sebesar 4,28 cm pada biji jagung dan 9,47 pada kacang hijau. Data Gambar 4 menunjukkan jumlah helai daun yang tumbuh dengan perlakuan limbah yang melalui proses pengolahan sama jumlahnya dengan jumlah daun yang diberi perlakuan air bersih. Hal ini menunjukkan bahwa biji jagung dan kacang hijau masih dapat tumbuh setelah diberi perlakuan dengan air limbah setelah proses pengolahan limbah dengan *Aspergillus* sp.3. Hasil ini mengindikasikan bahwa produk hasil pengolahan limbah batik berkurang toksisitasnya. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Dewi *et al.* (2018a) dan Ilyas & Rehman (2013).

Gambar 5 menunjukkan kenampakan daun dan akar setelah perlakuan. Dari Gambar tersebut terlihat pertumbuhan akar yang hampir sama baiknya dengan perlakuan menggunakan air bersih. Hal ini menunjukkan bahwa dengan perlakuan pengolahan air limbah menggunakan *Aspergillus* sp.3 mengurangi efek toksik air limbah batik. Hasil ini juga hampir sama dengan beberapa penelitian sebelumnya oleh Watharkar dan Jadhav (2014) dan Mahmood *et al.* (2015), yaitu pertumbuhan akar jagung ketika diolah dengan limbah berwarna. Panjang akar jauh lebih pendek ketika diberi perlakuan dengan limbah cair yang tidak diolah dibandingkan dengan limbah cair yang melalui proses pengolahan dengan jamur.

Gambar 5 juga menggambarkan pertumbuhan biji setelah diberi perlakuan pengolahan menggunakan isolat jamur lebih baik dengan pertumbuhan dengan perlakuan limbah batik. Hal ini menurut Dewi *et al.* (2018a) menunjukkan bahwa limbah batik dengan melalui proses pengolahan dengan jamur tidak mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa dengan

pengolahan limbah batik menggunakan jamur *Aspergillus* sp. 3 tidak memberikan efek toksik pada jagung dan kacang hijau.

SIMPULAN

Kemampuan jamur *Aspergillus* sp. 3 dalam menurunkan warna limbah batik tulis Kutawaru jenis naphtol sebesar 76,303%. Perlakuan limbah batik menggunakan *Aspergillus* sp. 3 tidak memberikan pengaruh buruk pada tanaman jagung dan kacang hijau yang dibuktikan dengan perkecambah biji, panjang tunas, dan jumlah helai daun pada biji yang hampir sama dengan perlakuan dengan air bersih serta hasil yang tidak sama dengan perlakuan limbah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terima kasih kepada Madrasah Aliyah Negeri 3, Cilacap atas dukungan dana penelitian dan kepada Melika Citra Tania dan Risqi Afandi yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian di Laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, N., Hameed, A., Ahmed, S. & Khan, A.G. (2008). Decolorization of structurally different textile dyes by *Aspergillus niger* SA1. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 24: 1067-1072.
- Ali, N., Hameed, A., Siddiqui, M., Ghumro, P.B. & Ahmed, S. (2009). Application of *Aspergillus niger* SA1 for the enhanced bioremoval of azo dyes in simulated textile effluent. *African Journal of Biotechnology*, 8(16): 3839-3845.
- Awaluddin, R., Darah, S., Ibrahim C.D. & Uyub A.M. (2001). Decolorization of commercially available synthetic dyes by the white rot fungus *Phanerochaete chrysosporium*. *Journal of Fungi and Bactery*, 62: 55-63.
- Ciferri, O. (1999). Microbial degradation of paintings. *Applied Environmental Microbiology*, 65,879–885.
- Darlina, I., Rossiana, N. & Miranti, M. (2011). Dekolorisasi zat warna remazol biru menggunakan isolat jamur indigenous asal limbah batik. *IJAS*,1(2): 84-96.
- Dewi, R.S., Kasiandari, R.S., Martani, E. & Purwestri, Y.A. (2018a). Decolorization and detoxification of batik dye effluent containing Indigosol Blue-04B using fungi isolated from contaminated dye effluent. *Indonesian Journal of Biotechnology*, 23(2): 54-60.
- Dewi, R.S., Kasiandari, R.S., Martani, E., & Purwestri, Y.A. (2018b). Bioremediation of Indigosol Blue 04B Batik effluent by indigenous fungal isolates, *Aspergillus* spp. *Omni-Akuatika*, 14(2): 11-20.
- Dewi, R. S., & Lestari, S. (2010). Dekolorisasi limbah batik tulis menggunakan jamur indigenous hasil isolasi pada konsentrasi limbah yang berbeda. *Molekul*, 5(2): 75-82.
- Dewi, R.S., Kasiandari, R.S., Martani, E., & Purwestri, Y.A. (2019a). Optimization of the conditions for the decolorization of batik wastewater by *Aspergillus* sp. 3. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2094, No. 1, p. 020036). AIP Publishing.
- Dewi, R.S., Kasiandari, R.S., Martani, E., & Purwestri, Y.A. (2019b). Efficiency of *Aspergillus* sp. 3 to reduce chromium, sulfide, ammonia, phenol, and fat from batik wastewater. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 308, No. 1, p. 012003). IOP Publishing.
- Ilyas, S. & Rehman, A. (2013). Decolorization and detoxification of Synozol red HF-6BN azo dye, by *Aspergillus niger* and *Nigrospora* sp. *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 10(1): 1-12.
- Jin, X.C., Liu, G.Q., Xu, Z.H., & Tao, W.Y. (2007). Decolorization of a dye industry effluent by *Aspergillus fumigatus* XC6. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 74(1): 239-243.
- Leonowicz, A., Cho, N.S., Luterek, J., Wilkolazka, A., Wojtas-Wasilewska, ... & Rogalski, J. (2001). Fungal laccase: properties and activity on lignin. *Journal of Basic Microbiology*, 41:185–22.

- Mahmood, R., Sharif, F., Ali, S., & Hayyat, M.U. (2015). Enhancing the decolorizing and degradation ability of bacterial consortium isolated from textile effluent affected area and its application on seed germination. *The Scientific World Journal*, 2015: 1-9.
- Parshetti, G. K., Kalme, S. D., Gomare, S. S., & Govindwar, S. P. (2007). Biodegradation of reactive blue-25 by *Aspergillus ochraceus* NCIM-1146. *Bioresource Technology*, 98(18): 3638-3642.
- Pilatin, S. & Kunduhoglu, B. (2011). Decolorization of textile dyes by newly isolated *Trametes versicolor* strain. *Journal of Science and Technology*, 1(2): 126-135.
- Putri, L.A. (2018). Pengaruh Limbah Cair Pewarnaan Batik terhadap Struktur Anatomi Akar Krisan (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.). *Dissertation*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada).
- Watharkar, A.D. & Jadhav, J.P. (2014). Detoxification and decolorization of a simulated textile dye mixture by phytoremediation using *Petunia grandiflora* and *Gailardia grandiflora*: a plant-plant consortial strategy. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 103: 1-8.