

# Identifikasi fungi pada unit lumpur aktif Pengolah Limbah Cair di industri tekstil

## Identification of fungi in the activated sludge unit for the treatment of liquid waste in the textile processing industry

NOVARINA IRNANING HANDAYANI

Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri Kementerian Perindustrian, Jl. Ki Mangunsarkoro 6 Semarang, Tel. +62-24-8316315, Fax. +62-24-8414811, email: nova.bbtppi@yahoo.com. .

Manuskrip diterima: 19 Februari 2015. Revisi disetujui: 30 Mei 2015.

**Abstrak.** Handayani NI. 2015. Identifikasi fungi pada unit lumpur aktif Pengolah Limbah Cair di industri tekstil. Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 1: 993-997. Penelitian identifikasi fungi pada unit lumpur aktif pengolah limbah cair tekstil ini merupakan salah satu tahapan awal dalam pembuatan konsorsium mikrobial untuk meningkatkan kinerja sistem pengolahan lumpur aktif yang tengah mengalami gangguan. Pengambilan sampel dilakukan pada lumpur aktif dari tiga jenis industri tekstil berdasar proses produksi yang dilakukan yaitu proses terpadu, proses terpadu tanpa printing dengan pewarnaan *black sulfur*, serta proses finishing. Berdasarkan pengamatan morfologi secara mikroskopis, fungi yang dijumpai pada lumpur aktif industri tekstil proses terpadu adalah *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus* sp., dan *Penicillium* sp.. Pada lumpur aktif terpadu tanpa printing dengan pewarnaan *black sulfur* adalah *Aspergillus flavus*, *Aspergillus nidulans*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus* sp., *Mucor* sp., dan *Trichoderma* sp.. Pada sampel lumpur aktif finishing terdapat *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae*, *Gliocadium* sp., dan *Penicillium* sp.

**Kata kunci:** Limbah cair tekstil, fungi, lumpur aktif

**Abstract.** Handayani NI. 2015. Identification of fungi in the activated sludge unit for the treatment of liquid waste in the textile processing industry. Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 1: 993-997. Research on the identification of fungi in activated sludge unit for the treatment of liquid waste derived from textile industry is one of the early stages in the manufacture of a microbial consortium to improve the performance of the activated sludge treatment system. Sampling was conducted on activated sludge collected from three types of the textile processing industry, such as integrated process, non-printing integrated process with black sulfur-colored and finishing process. Based on the morphological microscopic view, it can be reported that fungi found in activated sludge integrated process textile industry were *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., non-printing integrated process with sulfur black colored were *Aspergillus flavus*, *Aspergillus nidulans*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus* sp., *Mucor* sp., *Trichoderma* sp., and finishing process were *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae*, *Gliocadium* sp., and *Penicillium* sp.

**Keywords:** Textile wastewater, fungi, activated sludge

### PENDAHULUAN

Sebagian besar industri tekstil di Jawa Tengah menggunakan proses pengolahan air limbah secara fisika, kimia dan biologi. Proses biologi yang sering digunakan adalah lumpur aktif. Herlambang (2013) menyatakan bahwa proses lumpur aktif dalam pengolahan air limbah tergantung pada pembentukan flok lumpur aktif yang terbentuk oleh mikroorganisme, partikel inorganik, dan polimer exoselular. Mikroorganisme yang terdapat dalam sistem biologi lumpur aktif meliputi protozoa, fungi dan bakteri.

Beberapa fungi berfilamen kadang-kadang ditemukan dalam flok lumpur aktif. Genus yang dominan ditemukan dalam lumpur aktif adalah *Geotrichum*, *Penicillium*, *Cephalosporium*, *Cladosporium*, dan *Alternaria* (Herlambang 2013). Fungi juga dapat menjadi penyebab gangguan pada lumpur aktif yaitu terjadinya lumpur ringan

(*sludge bulking*) dapat disebabkan oleh pertumbuhan yang pesat *Geotrichum candidum*, yang dirangsang oleh pH rendah dari limbah yang asam.

Proses produksi di industri tekstil menurut Kepmen 51 tahun 1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri (secara berurutan) meliputi pencucian kapas/pemintalan/penenunan, perekatan (*sizing desizing*), pengikisan/pemasakan (*klering scouring*), pemucatan (*bleaching*), merserasi, pencelupan (*dyeing*), pencetakan (*printing*), dan terpadu (seluruh proses dikerjakan). Sampel fungi diambil dari 3 jenis proses yang diasumsikan telah mewakili jenis industri tekstil di Jawa Tengah. Ketiga jenis proses tersebut adalah proses terpadu, proses terpadu tanpa printing dengan pewarna *black sulfur*, serta proses finishing. Proses terpadu tanpa *printing* dengan pewarna *black sulfur* artinya industri tekstil tersebut melakukan proses mulai dari pemintalan hingga *dyeing* namun tidak melakukan proses *printing*, pewarna yang digunakan mengandung *black*

*sulfur*, produknya adalah kain jeans. Sampel ini diambil karena tidak seluruh mikroorganisme dapat hidup dengan baik dalam media yang mengandung sulfur. Proses finishing yang dimaksud dalam tulisan ini adalah proses mulai dari *bleaching* hingga *merserasi* dan menghasilkan kain *grey* (putihan).

Penelitian identifikasi fungi ini merupakan salah satu tahapan penelitian yang dilakukan untuk membuat sebuah produk campuran beberapa mikroorganisme terpilih (konsorsium) yang berasal dari lumpur aktif yang memiliki kinerja baik yang nantinya dapat menjadi starter dalam proses *start up* atau dapat peningkatan kinerja lumpur aktif industri tekstil yang memiliki kinerja belum baik. Jenis fungi yang mendominasi dalam lumpur aktif yang sehat dapat diasumsikan lebih mudah untuk hidup dan dikembangkan serta berperan besar dalam mendegradasi cemaran yang ada.

## BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagian besar adalah media tumbuh fungi yaitu Potato dextrose Agar dan lactofenol untuk memperjelas morfologi fungi saat diamati di bawah mikroskop. Peralatan yang digunakan adalah cawan petri, pipetor dan tip, ose, autoclave, inkubator dan mikroskop.

Tahapan penelitiannya adalah: (i) Pemilihan sampel lumpur aktif dan pengambilan contoh. Sampel lumpur aktif yang dipilih adalah lumpur aktif yang memiliki kinerja baik dari 3 jenis proses produksi industri tekstil. Observasi langsung ke lapangan dilakukan untuk memperoleh gambaran kinerja lumpur aktif baik secara visual maupun dari data sekunder yang di dapat dari operator IPAL. Data sekunder meliputi nilai SVI (*sludge volume indeks*) atau prosentase SV (*sludge volume*), jenis gangguan yang pernah terjadi serta penyebabnya. Selain itu data pendukung juga didapat dari hasil analisis pemantauan air limbah rutin. Berdasar hasil observasi lapangan dipilih sampel lumpur aktif PT. ST untuk mewakili industri tekstil proses terpadu, PT. AI untuk proses terpadu tanpa *printing* (dengan spesifikasi pewarnaan *black sulfur*), serta PT. PT untuk proses *finishing*. Pengambilan contoh dilakukan di unit *return sludge* dengan menggunakan botol steril. (ii) Isolasi Fungi. Isolasi Fungi dilakukan dengan menggunakan media tumbuh Potato Dextrose Agar (PDA). Kultur murni fungi hasil isolasi disimpan dalam media agar miring. (iii) Identifikasi fungi. Kultur murni fungi diidentifikasi menggunakan mikroskop dengan bantuan lactofenol dan mengacu pada buku identifikasi St-Germain and Summerbell (1986).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pemilihan sampel lumpur aktif dari proses produksi tekstil terpadu diwakili oleh PT. ST, proses terpadu tanpa *printing* dengan pewarnaan *black sulfur* diwakili oleh PT. AI, sedangkan untuk proses produksi *finishing* diwakili oleh lumpur aktif PT. PC. Instalasi

pengolahan air limbah PT. AI meliputi proses fisika, kimia, dan biologi dengan urutan penyaringan/*screening*, equalisasi, koagulasi-flokulasi, lumpur aktif, pengendapan, dan terakhir melalui karbon filter. Instalasi pengolahan air limbah PT. ST tidak berbeda jauh dengan PT. AI yaitu meliputi proses equalisasi, koagulasi-flokulasi, lumpur aktif, pengendapan, dan terakhir melalui karbon filter.

Khusus untuk pengolahan air limbah PT. PM tidak menggunakan proses kimiawi, hanya menggunakan proses fisika dan biologi. Urutan proses pengolahannya adalah penyaringan/*screening*, lumpur aktif, dan pengendapan.

Pada ketiga perusahaan telah melakukan pemantauan kondisi lumpur aktif rutin dilakukan dengan pengukuran MLSS, *dissolve oxygen*, kadar N, kadar P, waktu tinggal, dan *wasting* yang dilakukan oleh operator IPAL dibawah supervisi manajer lingkungan.

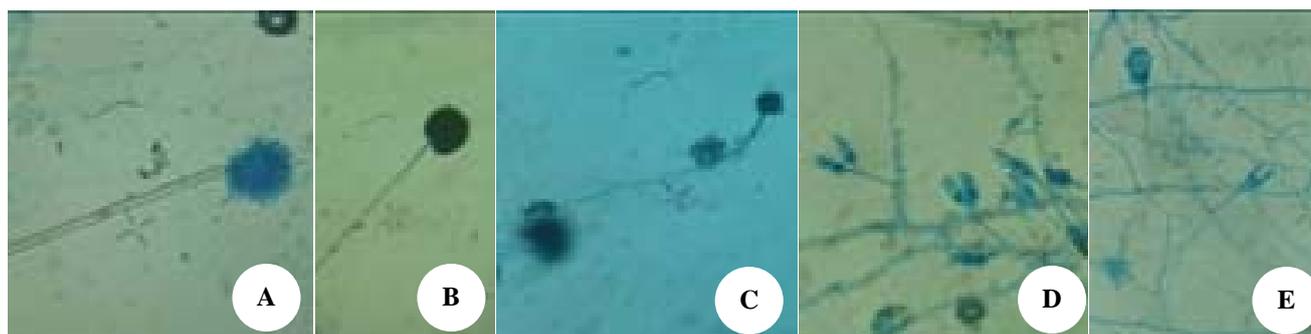
Hasil identifikasi fungi yang terdapat pada masing-masing sampel lumpur aktif tertuang dalam Gambar 1-3. Hasil uji identifikasi fungi menunjukkan bahwa species yang paling banyak ditemui berasal dari genus *Aspergillus* dan *Penicillium*. Genus *Aspergillus* yang ditemukan di lumpur aktif terpadu adalah species *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae*, dan *Aspergillus sp.*, sedangkan di lumpur aktif proses terpadu tanpa *printing* *Aspergillus flavus*, *Aspergillus nidulans*, *Aspergillus niger*, dan *Aspergillus sp.* Untuk *Penicillium sp.* hanya ditemukan di lumpur aktif terpadu dan *finishing*. Fungi lain yaitu *Trichoderma sp.* hanya ditemukan di lumpur aktif terpadu tanpa *printing* dengan *black sulfur*, dan *Gliocladium sp.* hanya ditemukan di lumpur aktif *finishing*. Hasil identifikasi ini hampir menyamai penelitian Saranraj et al. (2010) yang menemukan *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus fumigatus*, *Fusarium*, *Penicillium chrysogenum*, *Mucor sp.*, dan *Trichoderma viride* dalam effluent air limbah tekstil berwarna.

Berikut ini adalah uraian karakteristik fungi yang teridentifikasi di lumpur aktif industri tekstil:

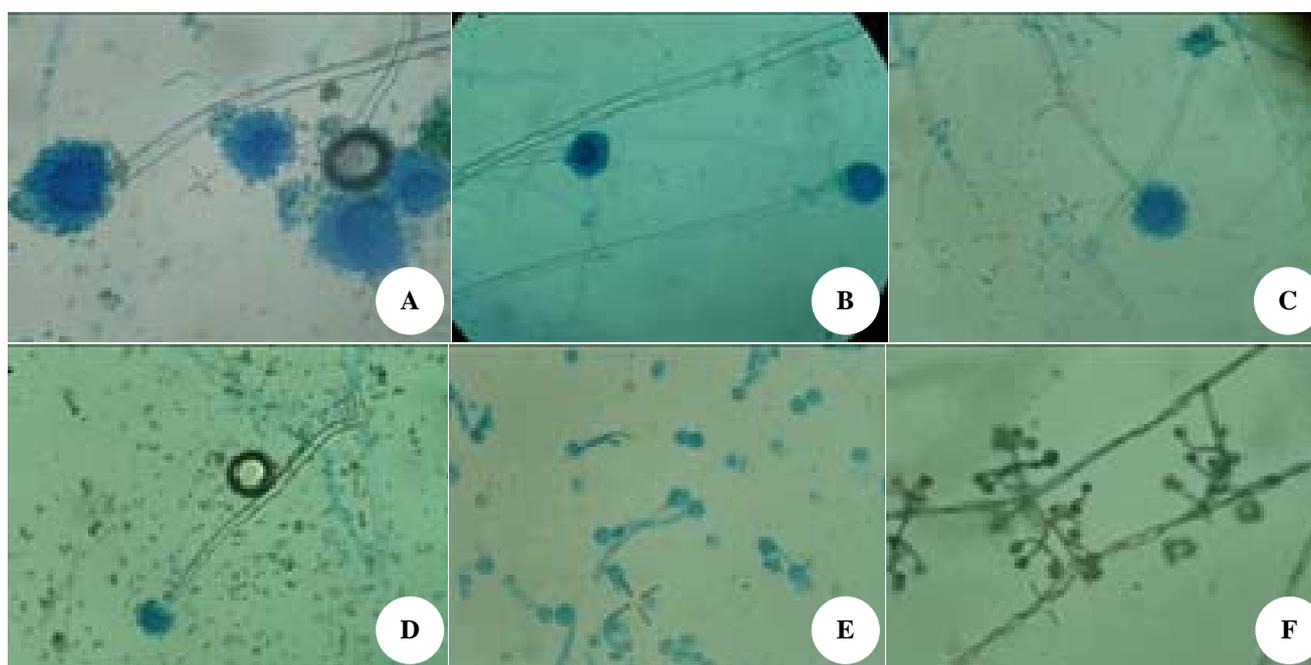
### *Aspergillus sp.*

Secara umum morfologi *Aspergillus* adalah memiliki warna koloni hijau, kuning, atau coklat kehitaman. Hifa berseptata, memiliki miselium bercabang biasanya tidak berwarna, di ujung hifa muncul gelembung atau vesikel yang dari ujungnya keluar sterigmata. Sterigmata sederhana atau kompleks, berwarna atau tidak berwarna. Pada sterigmata muncul konidium yang tersusun beruntai seperti mutiara. Konidium berbentuk rantai berwarna hijau, coklat atau hitam, tumbuh baik pada suhu 37,5°C atau diatasnya.

*Aspergillus* tersebar di seluruh alam, terdistribusi luas secara geografis, dan telah ditemukan pada berbagai habitat karena mereka dapat berkoloni pada berbagai macam substrat. Anggota genus *Aspergillus* juga dikenal sebagai biodeteriogens (organisme yang menyebabkan kerusakan bahan). *Aspergillus* adalah salah satu fungi yang paling sering diisolasi dari tanah dan ditemukan dapat berkoloni dan mendegradasi bahan organik dengan cepat. Spora aseksual banyak diproduksi dalam konidiofor yang tahan terhadap berbagai tekanan lingkungan yang memungkinkan organisme untuk bertahan hidup selama periode tidak aktif.



**Gambar 1.** Hasil identifikasi fungi dalam lumpur aktif Proses Terpadu: (A) *Aspergillus niger*, (B). *Aspergillus oryzae*, (C). *Aspergillus* sp., (D) *Penicillium* sp. (1), (E) *Penicillium* sp. (2)



**Gambar 2.** Hasil identifikasi fungi dalam lumpur aktif Proses Terpadu Tanpa Printing: (A). *Aspergillus flavus*, (B). *Aspergillus nidulans*, (C). *Aspergillus niger*, (D). *Aspergillus* sp., (E). *Mucor* sp., (F). *Trichoderma* sp.

Ramya et al. (2007) menyampaikan bahwa *Aspergillus* sp. mampu melakukan biodekolorisasi dan biodegradasi bahan pewarna *reaktif blue*. Pada penelitian lain, Kumar et al. (2012) menyampaikan bahwa *Aspergillus sulphureus* mampu melakukan penurunan warna dan efektif untuk mengolah air limbah tekstil berwarna yang mengandung sulfur.

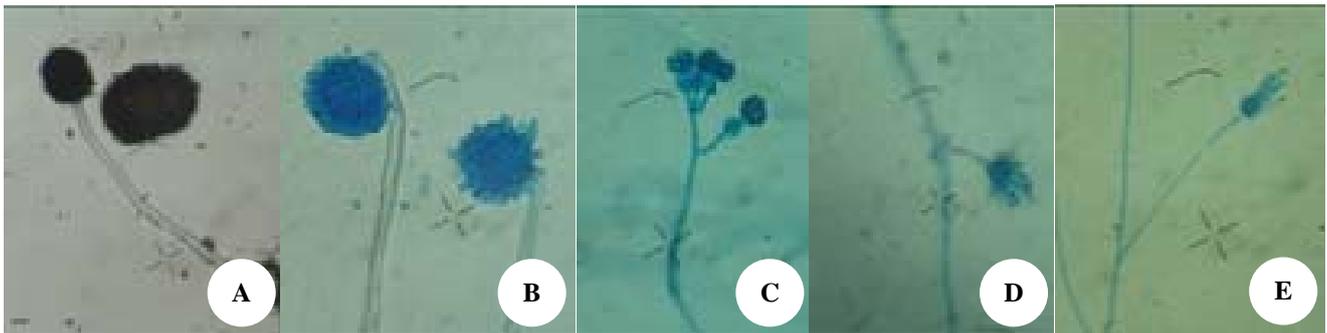
#### *Aspergillus niger*

Ciri morfologi *Aspergillus niger* warna koloni hitam, tekstur seperti bulu, memiliki vesikel bulat besar dengan konidium radiat berwarna hitam/coklat.

*Aspergillus niger* memiliki kemampuan untuk merubah warna dan melunakkan lapisan permukaan kayu, bahkan yang dilapisi oleh bahan pengawet kayu. *Aspergillus niger* juga dapat menyebabkan kerusakan pada serat kapas dan bahan baku yang mengandung selulosa lainnya, serta cairan tanning yang digunakan dalam penyamakan kulit dan kulit hewan. Fungi ini juga dapat menghancurkan plastik dan

polimer seperti selulosa nitrat, polivinil asetat, dan polyester tipe poliuretan.

Price et al. (2001) menyebutkan bahwa *Aspergillus niger* dapat menyisihkan tembaga sebanyak 91% dan seng sebesar 70% dari air limbah yang berasal dari peternakan babi. Dari penelitian pemanfaatan *Aspergillus niger* oleh Assadia dan Jahangirib (2001) fungi tersebut dapat digunakan untuk mengolah air limbah tekstil yang mengandung nitrogen organik. Suhu optimum untuk dekolourisasi sekitar 28-30°C dan dengan waktu pengolahan selama 20 jam memerlukan 1 gr sel miselium *A. niger*. Ali dan Mohamedy (2012) juga menyampaikan bahwa *Aspergillus niger* mampu mengurangi warna asam maupun reaktif dalam waktu 9 hari pada pH antara 5 hingga 6. Sel fungi yang hidup akan melakukan biosorpsi dan biodegradasi warna, sedangkan sel yang mati akan mengadsorb pewarna. Selain itu, *Aspergillus niger* juga diteliti kapasitas biosorpsinya dari biosorbent terimobilisasi



**Gambar 3.** Hasil identifikasi fungi dalam lumpur aktif Proses Finishing: (A). *Aspergillus niger*, (B). *Aspergillus oryzae*, (C) *Gliocladium* sp., (D). *Penicillium* sp. (1), (E) *Penicillium* sp. (2)

untuk parameter Cr (VI) oleh Narasimhulu dan Pydi-Setty (2012). Persentase penyerapan logam dengan biosorben sebesar 50-82%. Sharma dan Gupta (2012) meneliti biodegradasi dari industri fenol dengan menggunakan *Aspergillus niger* dalam sistem batch.

#### *Aspergillus oryzae*

Ciri morfologi spesifik dari *Aspergillus oryzae* adalah pada warna koloninya yang hijau kekuningan, dengan tekstur seperti bulu, juga memiliki vesikel namun warna konidiumnya kehijauan.

*Aspergillus oryzae* tersebar luas di alam. Ada pendapat yang menyatakan bahwa semua strain *Aspergillus oryzae* adalah varian dari *Aspergillus flavus* yang telah dimodifikasi melalui seleksi dalam lingkungan buatan. Proses domestikasi mungkin telah mengakibatkan berkurangnya kemampuan bertahan *Aspergillus oryzae* di lingkungan, namun, kemampuannya untuk menghasilkan spora menunjukkan kemungkinan bahwa *Aspergillus oryzae* dapat bertahan hidup di lingkungan.

Dalam pengolahan air limbah *Aspergillus oryzae* digunakan untuk mengolah air limbah pati singkong (*Cassava Starch Processing=CSP*). Dalam rentang pH 4-5 dari air limbah CSP, pembentukan butiran halus dari *Aspergillus oryzae* sangat baik untuk memproduksi biomassa dan efisiensi pengolahannya sebesar 87% total organik carbon (TOC), 91% COD, dan 94% tepung kanji dapat disisihkan setelah 96 jam inkubasi (Tung et al, 2004).

#### *Aspergillus flavus*

Jaringan hifa yang dikenal sebagai miselium mengeluarkan enzim yang memecah sumber makanan kompleks menjadi molekul-molekul kecil. Molekul kecil yang dihasilkan, diserap oleh miselium untuk sumber energi untuk pertumbuhan. Hifa secara individu tidak dapat dilihat dengan mata telanjang, tetapi jalinan yang rapat dari miselium dengan konidia (spora aseksual) dapat dilihat. Di alam, *Aspergillus flavus* tumbuh dari banyaknya sumber nutrisi yang tersedia. *A. flavus* merupakan saprofit dan tumbuh pada jaringan tanaman dan hewan yang telah mati dalam tanah. Hal ini berarti kehadiran *Aspergillus flavus* sangat penting dalam daur ulang nutrisi.

#### *Penicillium* sp.

*Penicillium* sp. memiliki ciri hifa bersepta dan membentuk badan spora yang disebut konidium. Konidium berbeda dengan sporangium, karena tidak memiliki selubung pelindung seperti sporangium. Tangkai konidium disebut konidiofor, dan spora yang dihasilkannya disebut konidia. Konidium ini memiliki cabang-cabang yang disebut phialides sehingga tampak membentuk gerumbul. Lapisan dari phialides yang merupakan tempat pembentukan dan pematangan spora disebut sterigma. Fungi ini berwarna hijau kebiruan dan tumbuh baik pada buah-buahan yang telah masak, roti, nasi, serta makanan bergula. Hidup secara saprofit di berbagai tempat, terutama pada substrat yang mengandung gula.

Kebanyakan fungi ini menghasilkan enzim ekstraseluler untuk asimilasi karbohidrat kompleks tanpa hidrolisis yang memungkinkan untuk mendegradasi berbagai polutan. Beberapa strain *Penicillium* telah terbukti dapat hidup dalam lingkungan yang bergaram, sehingga mikroorganisme ini dapat dikembangkan untuk bioremediasi. Strain *Penicillium* bersifat halotoleran, mampu tumbuh dengan baik dengan atau tidak dengan adanya garam. Limbah dengan salinitas tinggi yang dihasilkan dalam beberapa kegiatan industri seperti manufaktur kimia, produksi minyak dan gas. Limbah ini biasanya mengandung konsentrasi garam yang tinggi, minyak, asam organik, logam berat, dan radionuklida, oleh karena itu kemampuan halotoleran untuk memulihkan polutan dengan kehadiran garam berguna untuk pengolahan biologis tanpa merusak ekosistem yang sensitif.

Strain *Penicillium* memiliki aktivitas enzim katabolik yang tinggi dan dapat memanfaatkan berbagai senyawa aromatik sederhana sehingga mikroorganisme ini dapat melakukan detoksifikasi pada air limbah pabrik zaitun. Salah satu dari tujuh strain *Penicillium* yang diisolasi dari murni air limbah zaitun menghasilkan lebih banyak biomassa setelah 20 hari inkubasi, menyebabkan penurunan fenolik sebesar 54%, dan pengurangan COD 61%. Selain itu proses ini menghasilkan dekolonisasi 80%.

*Penicillium* sp. secara signifikan menurunkan total senyawa fenolik dalam vinasses secara aerobik tanpa tambahan nutrisi dari medium. Nilai maksimum penyisihan

fenol yang dicapai sebesar 74% setelah pengolahan selama tiga hari. *Penicillium* sp. memiliki aktivitas selulolitik, manolytic, dan pectinolytic.

#### **Trichoderma sp.**

*Trichoderma* sp. memiliki warna koloni hijau dengan tekstur seperti bulu, konidia hijau tua dan konidiofor bercabang banyak. *Trichoderma* sp. adalah produsen dari banyak enzim ekstraseluler yang sangat efisien. Fungi ini digunakan secara komersial untuk produksi selulase dan enzim lain yang dapat mendegradasi polisakarida kompleks. *Trichoderma* juga sering digunakan dalam industri makanan dan tekstil untuk tujuan ini. Sebagai contoh, selulase dari fungi ini digunakan dalam "biostoning" kain denim untuk melembutkan dan memutihkan kain denim. Enzim juga digunakan dalam pakan unggas untuk meningkatkan pencernaan hemiselulosa dari gandum atau tanaman lainnya.

Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Baskar dan Baskaran (2012), *Trichoderma* dapat mendegradasi pewarna tekstil sebesar 80% dengan pH berkisar antara 6,8-7,4. D'Urso (2008) mendapatkan bahwa penyisihan karbon organik terlarut sebesar 66% dan penyisihan senyawa fenolik sebesar 50% dengan *Trichoderma* dalam *sequencing batch reactor*. Dalam penelitian Handayani dan Haryanto (2014), *Trichoderma* sp. terbukti efektif menurunkan intensitas warna untuk berbagai jenis air limbah industri tekstil dengan proses pewarnaan.

#### **Mucor sp.**

Sifat-sifat morfologi *Mucor* adalah memiliki waena koloni putih, tekstur halus, hifa bersepta, sporangiospor dibentuk pada semua bagian, kolumela berbentuk bulat, silindris atau oval, spora halus, zygospora dan suspensor hampir sama, tidak mempunyai stolon, rhizoid, atau sporangiola (sporangia kecil). Pada penelitian Tsuge et al. (2008), *Mucor* sp dapat menyisihkan BOD sekitar 76% pada suhu 10°C dan 78,3% pada suhu 15°C dalam lumpur aktif. Sedangkan Baskar dan Baskaran (2012) mendapatkan bahwa *Mucor* sp. dapat mendegradasi pewarna tekstil sebesar 80% pada pH berkisar antara 7,0-7,9.

#### **Gliocladium sp.**

Genus *Gliocladium* sering digambarkan sejenis dengan *Penicillium* dengan konidia berlendir. Koloninya cepat tumbuh, berwarna putih pada awalnya, kadang-kadang merah muda ke salmon, menjadi pucat ke hijau tua dengan sporulasi. Fitur yang paling khas dari genus ini adalah tegak, konidiofor penicillate padat dengan phialides yang berlendir, hialin bersel satu berwarna hijau, konidia berdinding halus di kepala atau tiangnya.

Penelitian yang dilakukan oleh Singh et al. (2008) bertujuan untuk menggali potensi *Gliocladium virens* dalam biodegradasi dan akumulasi pewarna tekstil pada pH 6,5. Fungi positif mengakumulasi dan mendegradasi pewarna untuk membentuk medium. Pertumbuhan fungi

terhambat selama biodegradasi dan hambatan sebesar 7,14% terjadi dalam pertumbuhan miselium (2,6 dan 2,8 cm) dengan dan tanpa pewarna. Warna pada cawan petri hilang dikarenakan akumulasi/degradasi atau penyerapan warna oleh miselium fungi *Gliocladium*.

Hasil identifikasi jenis fungi yang ditemukan dalam lumpur aktif industri tekstil ini akan dipilih berdasar sifatnya yang dapat digunakan dalam pembuatan konsorsium mikroorganisme untuk meningkatkan kinerja lumpur aktif pada penelitian selanjutnya.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih penulis sampaikan kepada Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri, Semarang dan Sri Murti Astuti dari Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Payau, Jepara.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ali NF, Mohamedy RSR. 2012. Microbial decolourisation of textil waste water. J Saudi Chem Soc. November 2012: 117-115.
- Assadia MM, Jahangirib MR. 2001. Textile wastewater treatment by *Aspergillus niger*. Desalination 141 (2001): 1-6
- Baskar BB, Baskaran C. 2012. Bioremediation of Azo dyes using fungi. Intl J Res Pharm Sci 2 (4): 28-37.
- St-Germain, Summerbell RC. 1986. Identifying Filamentous Fungi: A Clinical Laboratory Handbook. Star Publishing Company, Belmont, CA.
- Handayani NI, Haryanto K. 2014. Penurunan intensitas warna menggunakan *Aspergillus sojae*, *Trichoderma* sp, dan *Neurospora sitophila* pada air limbah industri tekstil dengan proses pewarnaan. Proceeding Seminar Nasional Teknologi Industri Hijau 1, Mei 2014
- Herlambang A. 2013. Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri, Publikasi Ilmiah, Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jakarta.
- Kumar RS, Kumar RS, Kumar RJ. 2012. Decolorization of reactive black HFGR by *Aspergillus sulphureus*. ISCA J Biol Sci 1 (1): 55-61
- Narasimulu K, Pydi-Setty Y. 2012. Studies on biosorption of chromium ions from wastewater using biomass of *Aspergillus niger* species. J Bioremed Biodeg 3:7.
- Price MS, Classen JJ, Payne GA. 2001. *Aspergillus niger* absorb cooper and zink from swine waste water. Bioresour Technol 77 (1): 41-9.
- Ramya M, Anusha B, Kalavathy S, Devilaksmi S. 2007. Biodecolorization and biodegradation of Reactive Blue by *Aspergillus* sp. African J Biotechnol 6 (12): 1441-1445.
- Saranraj P, Sumanthi V, Reetha D, Stella D. 2010. Fungal decolorization of direct Azo dyes and biodegradation of textile dye effluent. J Eobiotechnol 2 (7):12-16.
- Singh L, Sirohi A, Singh VP. 2008. Exploration of fungus *Gliocladium virens* for textile dye (Congo Red) accumulation/degradation in semi-solid medium: A microbial approach for hazardous degradation. <http://www.kenes.com/isme12/posters/549.htm>
- Tsuge J, Hiratsuka H, Kamimiya H, Nozaki H, Kushi Y. 2008. Glycosphingolipids as a possible signature of microbial communities in activated sludge and the potential contribution of fungi to wastewater treatment under cold conditions. Biosci Biotechnol Biochem 72: 80331-1-8.
- Tung TQ, Miyata N, Iwahor K. 2004. Growth of *Aspergillus oryzae* during treatment of cassava starch processing wastewater with high content of suspended solids. J Biosci Bioeng 97 (5): 329-335.