

ISOLASI DAN BIODEGRADASI PARAQUAT OLEH KAPANG *INDIGENOUS* DARI TANAH PERKEBUNAN DESA BATETANGNGA SULAWESI BARAT

Azmi Prasasti, Tini Surtiningsih, Ganden Suprayitno, Ni'matuzahroh,
Salamun, Junairiah, Sahribulan

Prodi S2 Biologi, Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi,
Universitas Airlangga, Surabaya

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nama genus kapang *indigenous* potensial pendegradasi residu paraquat pada tanah perkebunan, mengetahui pengaruh jenis isolat kapang terhadap biomassa, mengetahui pengaruh variasi konsentrasi paraquat terhadap biomassa, mengetahui pengaruh kombinasi jenis isolat kapang dan variasi konsentrasi paraquat terhadap biomassa, mengetahui pengaruh jenis isolat kapang terhadap persentase degradasi paraquat, mengetahui pengaruh variasi konsentrasi paraquat terhadap persentase degradasi, dan mengetahui pengaruh kombinasi jenis isolat kapang dan variasi konsentrasi paraquat terhadap persentase degradasi paraquat. Penelitian ini merupakan penelitian experimental dengan rancangan acak faktorial dengan 3 kali pengulangan data dianalisis secara statistik, data peningkatan biomassa dan penurunan persentase degradasi herbisida paraquat diuji menggunakan *Two-Way Analysis of Varians* (ANOVA) (derajat signifikansi = 5%). Jika menunjukkan beda nyata, maka dilanjutkan dengan uji Duncan (derajat signifikansi = 5%). Hasil isolasi dan identifikasi menunjukkan terdapat 4 jenis isolat kapang *indigenous* pendegradasi paraquat, *Aspergillus* sp., *Trichoderma* sp., *Penicillium* sp., dan *Fusarium* sp. Hasil penelitian menunjukkan biomassa tertinggi sebesar 0,11 g terdapat pada *Aspergillus* sp, diikuti *Penicillium* sp. 0,085 g, *Trichoderma* sp. 0,075 g, dan *Fusarium* sp. 0,044 g. Persentase degradasi paraquat tertinggi ditunjukkan oleh *Aspergillus* sp. sebesar 46,61%.

Kata kunci :herbisida paraquat, kapang *indigenous*, biomassa, degradasi paraquat

PENDAHULUAN

Herbisida adalah salah satu jenis pestisida yang mengandung senyawa kimia beracun dan digunakan untuk mengendalikan gulma atau tumbuhan pengganggu yang tidak dikehendaki (Ledoh dkk., 2010). Jenis herbisida yang banyak diproduksi dan dipasarkan serta digunakan secara luas di berbagai negara termasuk di Indonesia adalah gramoxone. Bahan aktif gramoxone adalah paraquat (1,1-dimetil-4,4-bipirilidium) (Sriyani dan Abdul, 2008). Paraquat adalah herbisida yang bersifat non-selektif digunakan secara luas untuk mengontrol pertumbuhan

rumpun liar atau gulma oleh banyak negara (Jaszek *et al.*, 2006). Paraquat pada partikel tanah, cenderung tetap terikat kuat dalam waktu yang lama dalam keadaan tidak aktif, waktu paruh paraquat bisa mencapai 20 tahun (Watts, 2011). Karena sifat paraquat yang terserap kuat ke dalam tanah, hampir 99,99% dari aplikasi paraquat mencapai tanah (Jaya *et al.*, 2012). Paraquat dianggap sebagai herbisida paling beracun yang ditunjukkan dengan nilai LD₅₀ yaitu 93-113,5 mg/kg, ion paraquat akan menyebabkan keracunan pada manusia (*European Commission*, 2003).

Tingginya intensitas aplikasi dan jumlah herbisida yang diaplikasikan menimbulkan kekhawatiran mengenai bahaya pencemaran yang berasal dari residu herbisida yang tertinggal di lingkungan, khususnya dalam tanah dan air (Sriyani dan Abdul, 2008). Upaya untuk pemulihan kondisi lingkungan dengan menggunakan aktivitas biologis untuk mendegradasi dan menurunkan toksisitas dari berbagai senyawa pencemar (bioremediasi) sangat diperlukan. Bioremediasi herbisida di tanah dipengaruhi oleh keberadaan mikroba *indigenous* tanah yang berpotensi dalam mendegradasi residu herbisida. Mikroorganisme tersebut memiliki kemampuan untuk mengurai bahan organik kompleks menjadi lebih sederhana.

Desa Batetangnga, Kecamatan Binuang, Kabupaten Polman, Sulawesi Barat merupakan salah satu desa yang terkenal dengan hasil perkebunan seperti kakao, durian, langsung dan rambutan. Berdasarkan hasil survei di lapangan herbisida berbahan aktif paraquat yaitu gramoxone masih digunakan oleh masyarakat di desa tersebut untuk mengendalikan gulma. Diduga hal ini dapat menyebabkan terakumulasinya paraquat pada tanah perkebunan tersebut. Isolasi kapang *indigenous* yang mampu mendegradasi paraquat dari tanah perkebunan merupakan langkah awal untuk mengetahui bahwa pada tanah perkebunan tersebut masih terdapat kapang *indigenous* yang mampu mendegradasi paraquat, sehingga dapat memperbaiki kualitas tanah dan meningkatkan hasil produksi perkebunan.

BAHAN DAN CARA KERJA

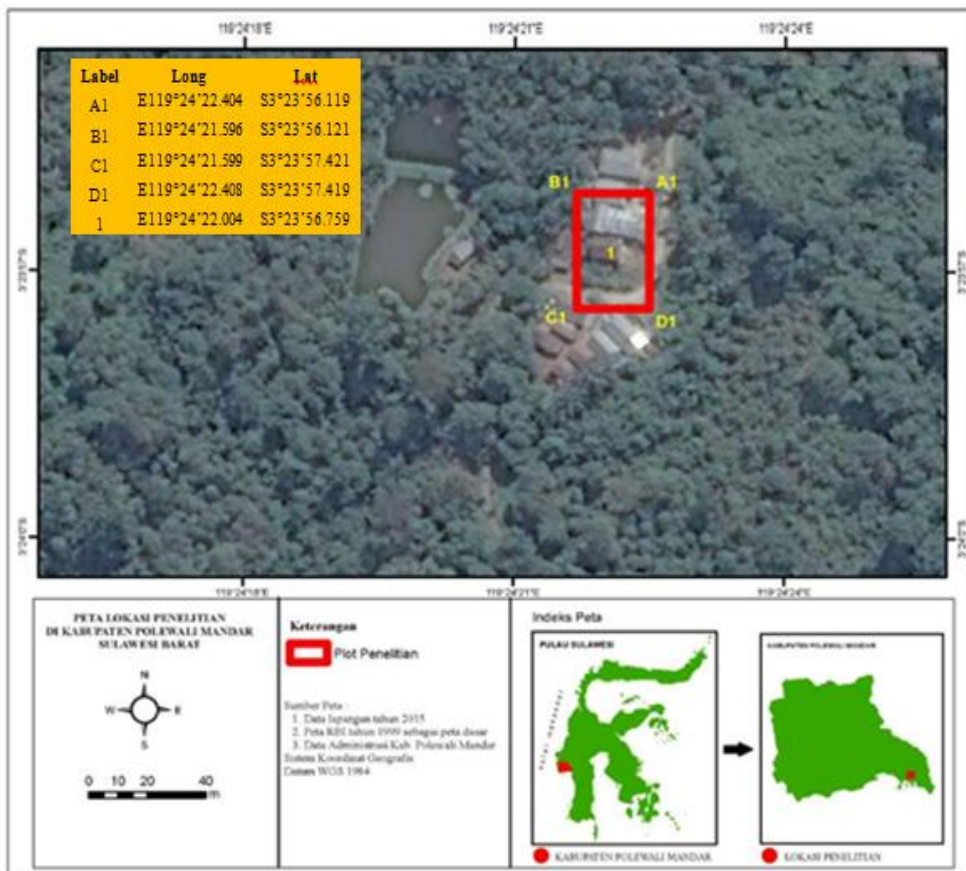
Bahan penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Paraquat diklorida hidrat (p.a 99%) (Sigma Aldrich), gramoxone (Sygenta), KH_2PO_4 , KCl , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ *Potato Dextrose Agar* (Oxoid), dan akuades steril. Sampel tanah yang digunakan diambil dari tanah perkebunan yang terpapar herbisida gramoxone Desa Batetangnga, Kecamatan Binuang, Kabupaten Polman, Sulawesi Barat.

Cara Kerja

Teknik pengambilan sampel tanah

Titik pengambilan sampel tanah dilakukan secara sistematis yaitu sistem diagonal. Titik koordinat pengambilan sampel tanah terpapar paraquat (A1, B1, C1, D1, 1) menggunakan GPS (Tabel 1 dan Gambar 1).



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan sampel tanah (A1, B1, C1, D1, 1)

Tabel 1 . Titik koordinat pengambilan sampel

Titik	X1	Y1
A1	E119°24'22.404	S3°23'56.119
B1	E119°24'21.596	S3°23'56.121
C1	E119°24'21.599	S3°23'57.421
D1	E119°24'22.408	S3°23'57.419
1	E119°24'22.004	S3°23'56.759

Isolasidan identifikasi kapang*indigenous* potensial pendegradasi herbisida paraquat

Isolasi dilakukan dengan teknik *enrichment* (pengayaan) bertingkat. Sampel tanah terpapar herbisida paraquat (gramoxone) ditimbang sebanyak 10 g dan ditambahkan dengan 90 mL medium *N-free* yang mengandung 50 ppm paraquat dan glukosa 0,5 g (5 g/L). Kultur diinkubasi secara aseptik pada *shaker* 125 rpm (*shake/minutes*) pada suhu kamar selama seminggu. Setelah diakhir inkubasi, 10 mL sampel diambil dari kultur dan diinokulasikan ke dalam 90 mL medium *N-free* yang mengandung 100 ppm paraquat dan glukosa 0,25 g (2,5 g/L), diinkubasi pada kondisi dan waktu yang sama. Setelah akhir inkubasi, 10 mL sampel diambil dari kultur dan diinokulasikan ke dalam 90 mL medium *N-free* yang mengandung 150 ppm paraquat dan glukosa 0,125 g (1,25 g/L), diinkubasi pada kondisi dan waktu yang sama. Pada akhir inkubasi, sampel diinokulasikan dalam medium PDA yang mengandung paraquat dengan konsentrasi 0 ppm, 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm dengan metode *pour plate*, lalu dimurnikan. Isolat disimpan dengan menumbuhkan pada media NA yang mengandung paraquat dengan konsentrasi 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm untuk mempertahankan aktivitas degradasi (Yanti, 2000). Isolat kapang yang terpilih sebagai kandidat pendegradasi paraquat selanjutnya diidentifikasi berdasarkan karakteristik makroskopis koloni dan karakteristik morfologi sel.

Uji biodegradasi isolat bakteri *indigenous* terpilih

Isolat kapang*indigenous* diinokulasikan pada media uji sebanyak 10 % (v/v) dengan $(OD)_{600nm} = 0,5$ ditambahkan ke dalam 25 mL medium *N-free* yang mengandung paraquat 50 ppm, 100 ppm, dan 150 ppm. Kultur diinkubasi secara aerob pada suhu kamar selama 7

hari. Respon pertumbuhan dan penurunan kadar paraquat dari biodegradasi paraquat menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 258 nm. Perhitungan persentase biodegradasi dihitung dengan rumus (Yu *et al.*, 2005) :

$$\text{Biodegradasi} = \frac{\text{residu pada kontrol} - \text{residu pada perlakuan}}{\text{residu pada kontrol}} \times 100\%$$

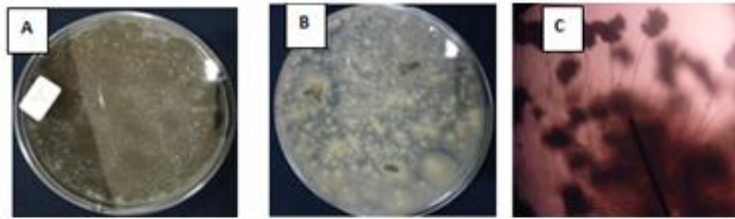
HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolasi dan identifikasi kapang *indigenous* pendegradasi paraquat

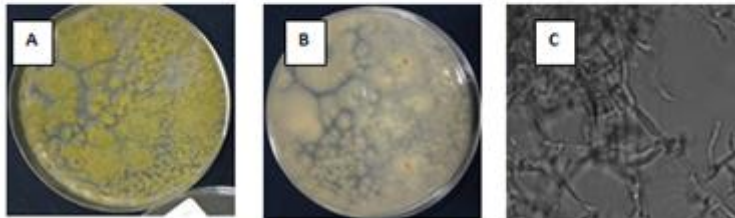
Isolasi kapang pendegradasi paraquat yang dilakukan dengan metode *enrichment* bertingkat dari konsentrasi 50 ppm, 100 ppm, dan 150 ppm paraquat berhasil mendapatkan empat jenis kapang potensial pendegradasi paraquat. Keempat isolat kapang tersebut dibedakan berdasarkan karakteristik makroskopis koloni dan morfologi sel. Karakter makroskopis dan mikroskopis dari isolat kapang ditampilkan pada Tabel 2. Masing-masing isolat kapang diberi kode K1, K3, K4, dan K6.

Tabel 4.1 Karakter makroskopis dan mikroskopis isolat kapang terpilih

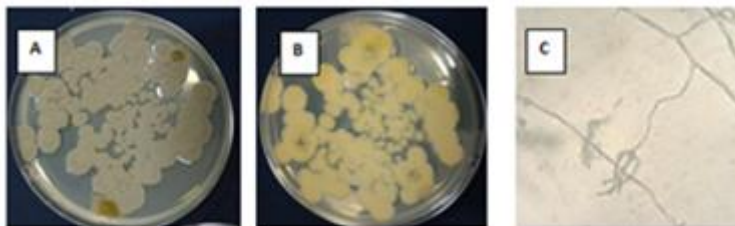
Karakter Morfologi	Kode kapang			
	K1	K3	K4	K6
Makroskopis				
Warna koloni atas	Hitam	Abu kehijauan	Abu-abu	Putih-Pink
Warna koloni bawah	Kecoklatan	Kekuningan	Kecoklatan	Kecoklatan
Tekstur koloni	Beludru	Beludru	Beludru	Berfilamen
Zonasi	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
<i>Exudates drops</i>	Ada	Ada	Ada	Ada
<i>Radial furrow</i>	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
<i>Growing zone</i>	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
Mikroskopik				
Bentuk konidia	Bulat	Bulat	Bulat	Bulat
Jumlah konidia	-	Lima	-	-
Ukuran konidiofor	30 µm	50 µm	45 µm	45 µm
Jenis hifa	Bersepta	Bersepta	Bersepta	Tidak bersepta
Pigmentasi hifa	Hitam	Hitam	Hitam	Abu-abu



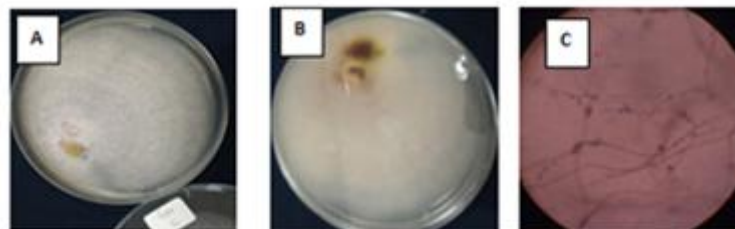
K1 (*Aspergillus* sp.)



K3 (*Trichoderma* sp.)



K4 (*Penicillium* sp.2)



K6 (*Fusarium* sp.1)

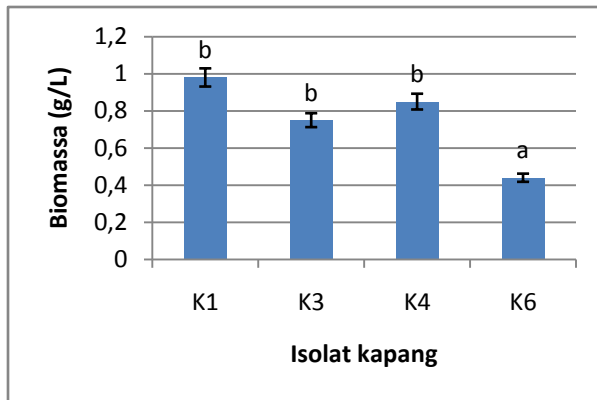
Berdasarkan karakter morfologi koloni isolat kapang yang ditemukan (Gambar 2 dan Tabel 1) menunjukkan bahwa tiap isolat kapang berbeda. Perbedaan karakter ini dijadikan sebagai pembeda dalam menentukan banyaknya jenis isolat pendegradasi paraquat. Beberapa isolat kapang yang ditemukan, memiliki kesamaan karakter dengan isolat kapang pendegradasi paraquat yang telah dilakukan oleh Smith., *et al* (1976). Karakter makroskopis dan mikroskopis berdasarkan dari beberapa literatur menunjukkan isolat K1 merupakan kapang jenis *Aspergillus* sp. (Waluyo, 2007), K3 merupakan kapang jenis *Trichoderma* sp. (Subowo, Y.B.,

2013), *Penicillium* sp. (Natalia, 2000) dan K6 merupakan kapang jenis *Fusarium* sp. (Levesque and Rahe 1992).

Pada penelitian Smith dan Lyod, 1976 terdapat empat isolat kapang yang resisten terhadap paraquat, yaitu *Mucor hiemalis* dan *Zygorynchus heterogamous*, *Aspergillus niger* dan *Penicillium frequentans*. Hasil yang dilaporkan *Aspergillus niger* dan *Penicillium frequentans* mempunyai kemampuan mendegradasi empat kali lebih besar dibandingkan dengan *Mucor hiemalis* dan *Zygorynchus heterogamous*.

Pengaruh Jenis Isolat Kapang Terhadap Biomassa (g)

Keempat isolat menunjukkan hasil biomassa yang berbeda, rata-rata biomassa kapang terbanyak terdapat pada *Aspergillus* sp. (K1) $0,98 \pm 0,98$ g/L, sedangkan biomassa kapang *Penicillium* sp. (K4) seberat $0,85 \pm 0,35$ g/L, *Trichoderma* sp. (K3) dan *Fusarium* sp. (K6) berturut-turut $0,74 \pm 0,25$ g, dan $0,44 \pm 0,21$ g/L. Pengaruh isolat terhadap biomassa kapang ditampilkan pada Gambar 4.3. Uji statistik ANOVA satu arah menunjukkan bahwa jenis isolat berpengaruh terhadap biomassa kapang. Isolat K6 berbeda nyata dengan biomassa K1, K3, dan K4, sedangkan isolat K1, K3, dan K4 tidak terdapat beda nyata. Penelitian Smith dan Lyod (1975) menunjukkan bahwa efek penghambatan paraquat pada kapang adalah perpanjangan hifa dan produksi biomassa. Ketika ditanam pada media yang mengandung paraquat, miselia spesies *Aspergillus niger* dan *Penicillium frequentans* mengandung sekitar dua kali lebih banyak dari pada spesies *Mucor hiemalis* dan *Zygorhynchus heterogamous*.

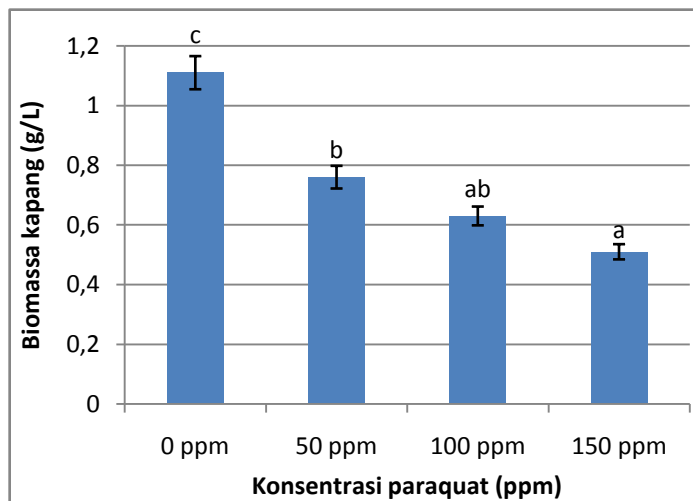


Keterangan: Jenis isolat:
 K1, *Aspergillus* sp.;
 K3, *Trichoderma* sp.;
 K4, *Penicillium* sp.;
 K6, *Fusarium* sp.

Gambar 4.3 Biomassa kapang (g/L) pada masing-masing jenis isolat kapang

Pengaruh Variasi Konsentrasi Paraquat (ppm) terhadap Biomassa Kapang(g/L)

Konsentrasi 0 ppm menghasilkan rerata biomassa sebesar $1,11 \pm 0,38$ g/L, sedangkan pada konsentrasi 50 ppm, 100 ppm, dan 150 ppm menghasilkan rerata biomassa sebesar $0,77 \pm 0,2$ g/L, $0,62 \pm 0,2$ g/L, dan $0,49 \pm 0,2$ g/L. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi berpengaruh terhadap biomassa kapang. Gambar 4.4 menampilkan hasil biomassa kapang (g/L) pada variasi konsentrasi paraquat (ppm).



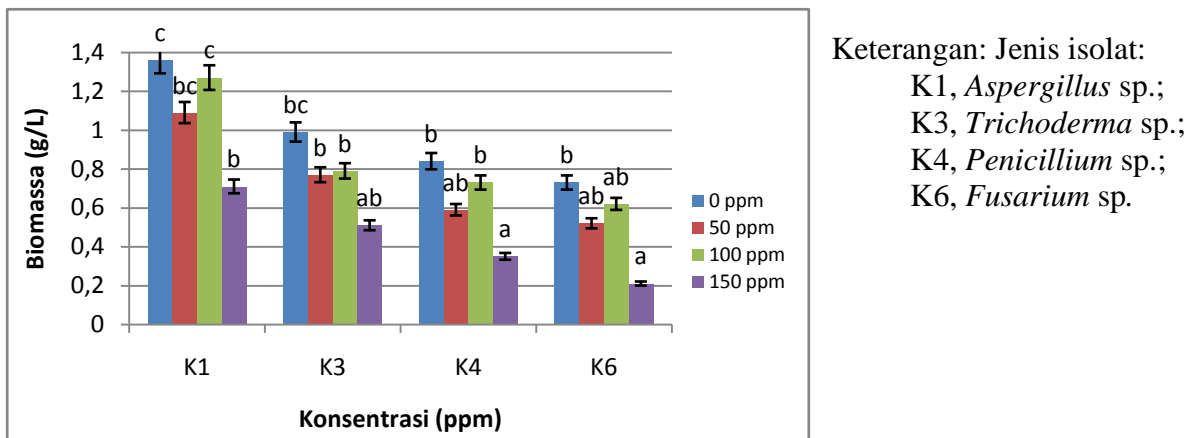
Gambar 4.4 Biomassa kapang (g/L) pada variasi konsentrasi paraquat (ppm)

Uji statistik ANOVA satu arah menunjukkan bahwa konsentrasi paraquat (ppm) berpengaruh terhadap biomassa kapang. Menurut Smith., *et al*(1977) mengatakan bahwa penggunaan

herbisida dengan kadar berlebih dan pemakaian yang intensif dapat mempengaruhi kandungan biomasanya mikroba dalam tanah.

Pengaruh Kombinasi Jenis Isolat Kapang dan Variasi Konsentrasi Paraquat (ppm) Terhadap Biomassa (g)

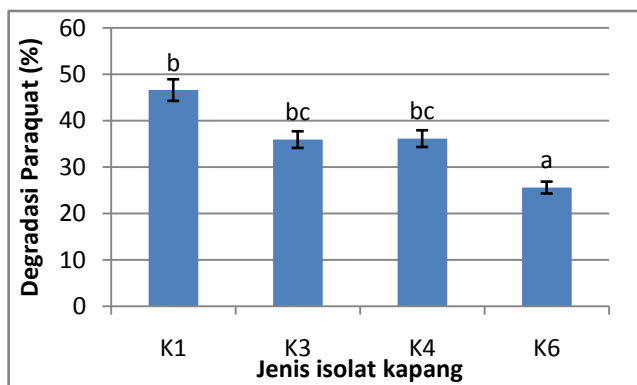
Kombinasi K6P150 berbeda nyata dengan K1P0, K1P50, K1P100, K1P150, K3P0, K3P50, K3P100, K4P0, K4P100 dan K6P0. Sedangkan K1P0 berbeda nyata dengan K1P150, K3P50, K3P100, K3P150, K4P50, K4P100, K4P150, K6P0, K6P50, K6P100 dan K6P150. Hal ini terlihat dari rerata biomassa tertinggi terdapat pada kombinasi K1P0, sedangkan rerata biomassa terendah terdapat pada K6P150. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi variasi konsentrasi paraquat (ppm) dan jenis isolat kapang berpengaruh terhadap biomassa kapang (g/L). Uji statistik ANOVA satu arah menunjukkan bahwa kombinasi jenis isolat kapang dan variasi konsentrasi paraquat (ppm) berpengaruh terhadap biomassa kapang (g/L). Gambar 4.5 menunjukkan kombinasi konsentrasi dan isolat terhadap biomassa kapang (g/L).



Gambar 4.5 Biomassa kapang (g/L) pada kombinasi jenis isolat kapang dan variasi konsentrasi paraquat (ppm)

Pengaruh Jenis Isolat Kapang terhadap Persentase Degradasi Paraquat (%)

Isolat kapang K1 menghasilkan rerata hasil degradasi $46,61 \pm 8,83\%$, sedangkan isolat K3, K4, dan K6 menghasilkan rerata degradasi $35,93 \pm 6,05\%$; $36,14 \pm 5,98\%$ dan $25,59 \pm 19,91\%$. Hal ini menunjukkan bahwa isolat berpengaruh terhadap hasil degradasi paraquat. Hasil degradasi (%) pada masing-masing isolat kapang ditampilkan pada Gambar 4.6. Uji statistik ANOVA satu arah menunjukkan bahwa degradasi isolat K1 berbeda nyata dengan hasil degradasi isolat K6, sedangkan pada K3, K4, dan K1 tidak terdapat beda nyata. Hal ini menunjukkan bahwa isolat kapang berpengaruh pada persentase degradasi paraquat (%).



Keterangan: Jenis isolat:
K1, *Aspergillus* sp.;
K3, *Trichoderma* sp.;
K4, *Penicillium* sp.;
K6, *Fusarium* sp.

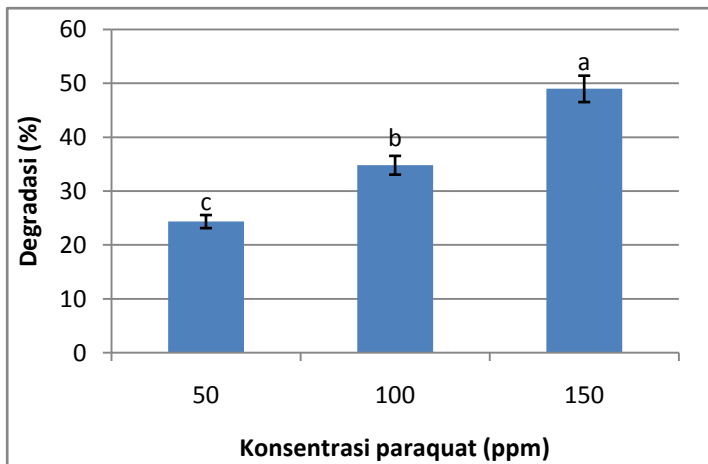
Gambar 4.6 Persentase degradasi paraquat pada masing-masing isolat kapang

Pada penelitian Smith dan Lyod, 1976 terdapat empat isolat kapang yang resisten terhadap paraquat, yaitu *Mucor hiemalis* dan *Zygorynchus heterogamous*, *Aspergillus niger* dan *Penicillium frequentans*. Keempat kapang ini menunjukkan kemampuannya dalam mengurai paraquat, dan hasilnya terdapat paraquat dengan konsentrasi yang rendah pada miselium kapang. *Aspergillus niger* dan *Penicillium frequentans* mempunyai kemampuan lebih besar dibandingkan dengan *Mucor hiemalis* dan *Zygorynchus heterogamous*, hal ini terlihat dari pemanjangan hifa kapang dan konsentrasi paraquat yang terkandung pada miselium *Aspergillus niger* dan *Penicillium frequentans* lebih banyak dibanding dengan *Mucor hiemalis* dan *Zygorynchus heterogamous*. Kemampuan *A. niger* dan *P. frequentans* menggunakan paraquat

sebagai metabolit untuk pertumbuhannya, dibuktikan dengan terdapatnya paraquat dengan konsentrasi rendah dalam miselium kapang.

Pengaruh Variasi Konsentrasi Paraquat (ppm) terhadap Degradasi Paraquat (%)

Pada konsentrasi 50 ppm menghasilkan rerata degradasi sebesar $24,37 \pm 13,66\%$, sedangkan pada konsentrasi 100 ppm, dan 150 ppm menghasilkan rerata degradasi sebesar $34,83 \pm 10,97\%$, dan $49,01 \pm 6,61\%$. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi berpengaruh terhadap hasil degradasi. Hasil degradasi (%) pada masing-masing konsentrasi paraquat (ppm) ditampilkan pada Gambar 4.7



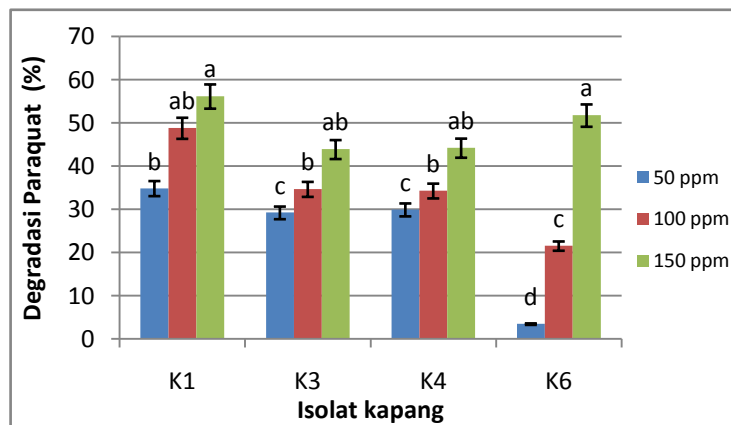
Keterangan: Jenis isolat:
K1, *Aspergillus* sp.;
K3, *Trichoderma* sp.;
K4, *Penicillium* sp.;
K6, *Fusarium* sp.

Gambar 4.7 Persentase degradasi paraquat pada variasi konsentrasi paraquat (ppm)

Uji statistik ANOVA satu arah menunjukkan bahwa degradasi pada konsentrasi paraquat 50 ppm berbeda nyata dengan hasil degradasi pada konsentrasi paraquat 100 ppm dan 150 ppm. Konsentrasi 100 ppm berbeda nyata dengan persentase degradasi pada konsentrasi 50 ppm dan 150 ppm. Rerata degradasi paraquat (%) bertambah sekitar 50 % pada konsentrasi 150 ppm, hal ini memungkinkan degradasi dengan konsentrasi paraquat lebih tinggi dapat dilakukan. Menurut Smith., *et al* (1976), *Aspergillus niger* dan *Penicillium frequentans* dapat tumbuh dengan koloni terbanyak pada paraquat konsentrasi 500 ppm, jika dibandingkan dengan *Zygorhynchus heterogamous* dan *Mucor hiemalis*.

Pengaruh Kombinasi Jenis Isolat Kapang dan Variasi Konsentrasi Paraquat (ppm) terhadap Persentase Degradasi Paraquat (%)

Persentase degradasi pada kombinasi jenis isolat kapang dan variasi konsentrasi paraquat (ppm) ditampilkan pada Gambar 4.8. Kombinasi K1P50 berbeda nyata dengan K1P150, K3P50, K3P100, K4P50, K4P100, K6P50, K6P100, sedangkan K6P50 berbeda nyata dengan semua kombinasi. Kombinasi K1P150 menghasilkan rerata degradasi tertinggi, sedangkan K6P50 menghasilkan rerata degradasi terendah. Uji statistik ANOVA satu arah menunjukkan bahwa kombinasi jenis isolat kapang dan variasi konsentrasi paraquat berpengaruh terhadap degradasi paraquat (%)



Gambar 4.8 Persentase degradasi paraquat (%) pada kombinasi jenis isolat kapang dan variasi konsentrasi paraquat (ppm)

Biodegradasi paraquat di permukaan dan di dalam tanah berlangsung dengan cepat oleh bantuan sinar matahari dan mikroba. Degradasi paraquat di dalam tanah oleh mikroorganisme terjadi dengan 50% mineralisasi menjadi karbon dioksida selama 2-3 minggu masa inkubasi (Ricketts, 1999). Produk utama dari proses degradasi paraquat adalah asam oksalat. Beberapa spesies bakteri dan jamur yang terbukti mampu mendegradasi paraquat yaitu, *Corynebacterium fascians*, *Lipomyces starkeyi*, *Aspergillus niger*, *Penicillium frequentans*, *Fusarium sp.*, dan *Pseudomonas sp.* (Ricketts, 1999 dan Singh, 2014). Liu *et al.* (2001) melaporkan bahwa *A.niger* ZHY256 menghasilkan enzim yang mampu mendegradasi dimetoat. Namun, mekanisme

degradasi dan sistem enzim yang terlibat pada proses degradasi paraquat masih belum jelas diketahui (Hartley, *et al.*, 2009).

Penelitian mengenai biodegradasi paraquat oleh mikroba telah banyak dilakukan, namun belum ada yang menjelaskan secara detail mengenai enzim yang berperan dalam proses degradasi paraquat oleh mikroba. Mekanisme biodegradasi paraquat oleh, *Corynebacterium fascians*, *Lipomyces starkeyi*, *Aspergillus niger*, *Penicillium frequentans*, *Fusarium sp.*, dan *Pseudomonas sp.* (Singh, 2014).

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mendapatkan empat isolat kapang *indogenous* yang berpotensi mendegradasi residu paraquat dari tanah perkebunan Desa Batetangnga, Kecamatan Binuang, Kabupaten Polman, Sulawesi Barat yaitu *Aspergillus sp.* (K1), *Trichoderma sp.* (K3), *Penicillium sp.* (K4) dan *Fusarium sp.* (K6). Biomassa tertinggi dihasilkan oleh jenis isolat kapang *Aspergillus sp.* $0,98 \pm 0,98$ g/L dan variasi konsentrasi paraquat 0 ppm $1,11 \pm 0,38$ g/L, serta kombinasi jenis isolat dan variasi konsentrasi, *Aspergillus sp.* pada konsentrasi 0 ppm (K1P0) $1,36 \pm 0,28$ g/L. Degradasi paraquat tertinggi dihasilkan oleh isolat kapang jenis *Aspergillus sp.* $46,61 \pm 8,83\%$ dan variasi konsentrasi 150 ppm $48,99 \pm 6,61\%$ serta kombinasi jenis isolat dan variasi konsentrasi, *Aspergillus sp.* pada konsentrasi 150 ppm (K1P150) $56,16 \pm 7,85\%$.

DAFTAR PUSTAKA

- European Commission, 2003, Review Report for the Active Substance Paraquat Finalised in the Standing Committee on the Food Chain and Animal Health at its meeting on 3 October 2003 in view of the inclusion of paraquat in Annex I of Directive 91/414/EEC.
- Hartley C. J., Suan J. D., Michelle R. W., Robyn J. R., John G. O., 2009, Enzymes and Methods for Degrading Bipyrindylum Herbicides, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation.
- Jaszek M., Grzywnowicz K., Malarczyk E., and Leonowicz A., 2006, Enhanced Extracellular Laccase Activity as a Part of the Response System of White Rot Fungi: *Trametes Versicolor* and *Abortiporus Biennis* to Paraquat-caused Oxidative Stress Conditions,

- Department of Biochemistry, Maria Curie-Skłodowska University, M. Curie-Skłodowska Square 3, 20-031 Lublin, Poland, Pesticide Biochemistry and Physiology, 85:147–154.
- Jaya, J. D., Sandri, D., and Fatimah, 2012, Paraquat Residue in Maize Lands: Case in Tanah Laut Regency, Indonesia, Departement of Agro-Industrial technology, Tanah Laut Higher Vocational Education Institute (Politeknik Tanah Laut), Indonesia, *Open Access Stientific Reports*, 1-11.
- Levesque, C.A., and Rahe, J.E., 1992, Herbicide Interactions with Fungal Root Pathogens, with Special Reference to Glyphosate, *Annual Review of Phytopathology* 30: 579-602.
- Liu Y.H., Y.C. Chung., and Y. Xiong, 2001, Purification and Characterization of a Dimethoate-Degrading Enzyme of *Aspergillus niger* ZHY256, Isolated from Sewage. *Appl, Environ, Microbiol.* 67(8): 3746-3749.
- Natalia T., 2000, Isolasi Cendawan Patogen dari Larva Nyamuk Demam Berdarah (*Aedes aegypti*) dan Pemanfaatannya sebagai Agen Pengendali Hayati, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Rickets. D. C, 1998, The Microbial Biodegradation of Paraquat in Soil, *Pestiside Science*, 55: 596-598.
- Singh, B. and Kashmir, S., 2014, Microbial Degradation of Herbicides, Departemen of Biotechnology, Panjab University, Punjab, india, *Informa Healthcare*, ISSN: 1040—841(print), 1549-7828(electric), 1-17.
- Smith, E.A., and C.I. Mayfield, 1977, Effect of Paraquat on Selected Microbial Activities in Soil, Departement of Biology, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada, 3: 333-343.
- Smith S.N., Lyon A.JE., and Ismail B.S., 1976 The Breakdown of Paraquat and Diquat by SoilFungi, Departement of Botany, The University of Sheffield, Sheffird S10 2TN, 77:735-740.
- Smith S.N., and Lyon A.J.E., 1975, The Uptake of Paraquat by Soil Fungi, Departement of Botany, Sheffield, 76:479-484.
- Sriyani N. dan Abdul K. S., 2008, Penggunaan Metode Bioassay untuk Mendeteksi Pergerakan Herbisida Pascatumbuh Paraquat dan 2,4-D dalam Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, *J. Tanah Trop.*, Vol. 13, No. 3, 2008: 199-208.
- Subowo Y.B., 2012, Seleksi Jamur Tanah Pendegradasi Selulosa dan Pestisida Deltametrin dari Beberapa Lingkungan di Kalimantan Barat, *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 13 (2): 221-230.
- Waluyo L., 2007, Mikrobiologi Umum, Edisi Revisi, Universitas Muhammadiyah Malang, Malang.
- Watts M., 2011, Paraquat, Pesticide Action Network Asia & the Pasific.
- Yanti, N.A. 2000. Isolasi, Seleksi dan Karakterisasi Bakteri Pendegradasi Paraquat dari Tanah Gambut Kalimantan. Tesis. Program Pasca Sarjana Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Yu, S.H., Ke, Y., Wong, Y.S., dan Tam, N.F.Y. 2005. Degradation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHS) by a Bacterial Consortium Enriched from Mangrove Sediments. *Environment International*.31: 149– 154.