

IDENTIFIKASI PENYAKIT LAYU PADA BIBIT GMELINA (*Gmelina arborea* Roxb.) DI PERSEMAIAN DAN UJI ANTAGONISME *Trichoderma* sp. SECARA *IN VITRO*

Yeni Nuraeni*, Illa Anggraeni, Melina Dwi Rosalinda
Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan
Kampus Balitbang Kehutanan, Jl. Gunung Batu No. 5, Bogor 16610
*email: y.nuraeni999@gmail.com

ABSTRACT

Identification of Wilt Disease on Gmelina Seedlings and In- Vitro Antagonist Test of Trichoderma sp.

Gmelina seedlings which were 1.5 months age in the nursery Center for Research and Development Forests Bogor were attacked by wilt disease over 4.27%. The purpose of study were to determine the pathogens that cause the wilt disease in the nursery and to study the antagonist *Trichoderma* sp. against the pathogen causing wilt by in vitro as control efforts. The identification result of disease causing wilt on the *gmelina* seedlings was pathogenic fungus namely *Fusarium* sp. The percentage of antagonist test on *Trichoderma harzianum* (THA) and *Trichoderma* Cipanas (TC) inhibiting against *Fusarium* sp. were 40.31% and 33.55%, respectively.

Keywords: Antagonistic, *gmelina* seedlings, *Fusarium* sp., wilt disease

ABSTRAK

Bibit *gmelina* umur 1,5 bulan di persemaian Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan Bogor mengalami serangan penyakit layu dengan persentase serangan sebesar 4,27%. Penelitian dilakukan untuk mengetahui patogen yang menyebabkan penyakit layu tersebut di persemaian, dan melakukan uji antagonis *Trichoderma* sp. dengan patogen penyebab layu secara *in vitro* sebagai upaya pengendaliannya. Hasil identifikasi penyebab penyakit layu pada bibit *gmelina* adalah cendawan patogen yaitu *Fusarium* sp. Sedangkan hasil uji antagonisme *Trichoderma* sp. berturut-turut *Trichoderma harzianum* (THA) dan *Trichoderma* Cipanas (TC) memiliki daya hambat terhadap *Fusarium* sp. sebesar 40,31% dan 33,55%.

Kata kunci: Antagonis, bibit *gmelina*, *Fusarium* sp., penyakit layu

PENDAHULUAN

Di Indonesia, *Gmelina arborea* Roxb. (Verbenaceae) dikenal dengan nama *gmelina* atau jati putih, dan diluar Indonesia dikenal dengan sebutan *melina* dan *yemane* (Streets, 1980). *Gmelina* merupakan salah satu jenis tanaman berdaun lebar yang tergolong tanaman cepat tumbuh (*fast growing species*) dengan daur tebang 7 tahun. Tinggi pohon *gmelina* dapat mencapai 30 meter dengan batang bebas cabang mencapai 15 meter. *Gmelina* mudah di tanam pada berbagai ketinggian serta berbagai jenis tanah. Syarat tumbuh *gmelina* dapat dibudayakan pada ketinggian 600 m dpl dengan curah hujan 800 – 4.500

m/tahun (Mulyana & Asmarahman, 2010). Secara alami, *gmelina* tumbuh di daerah tropis yang tersebar dari Asia Selatan hingga Asia Tenggara (India, Nepal, Pakistan, Burma, Thailand, Laos, Kamboja dan Vietnam) dan telah ditanam di negara yang beriklim tropis seperti Indonesia, Malaysia dan Pilipina. Kayu *gmelina* dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri kayu, seperti papan partikel, inti kayu lapis, korek api, peti kemas, kerajinan serta industri pulp dan kertas (Kosasih & Danu, 2013).

Untuk memenuhi kebutuhan kayu, pemerintah menggalakkan produksi kayu yang dihasilkan oleh hutan rakyat (Mulyana & Asmarahman, 2010). Hutan rakyat

merupakan salah satu sasaran dari program revitalisasi kehutanan untuk memenuhi kebutuhan kayu selain dari hutan alam dan hutan tanaman industri. Defisit kebutuhan kayu yang terus terjadi merupakan salah satu peluang untuk mengembangkan dan membangun hutan rakyat. Jenis tanaman hutan rakyat yang sekarang ini sedang diminati masyarakat antara lain sengon, jabon, gmelina, mahoni, jati, suren, meranti dan kayu afrika. Gmelina merupakan tanaman penghasil kayu yang produktif dan memiliki nilai ekonomi tinggi (Mulyana & Asmarahman, 2010) dan banyak disukai oleh petani karena cepat tumbuh dan mudah dibudidayakan (Anggraeni & Mindawati, 2011). Untuk menunjang penanaman dalam pengembangan gmelina, Pusat Litbang Hutan Bogor pada tahun 2015 membuat persemaian gmelina. Pada saat bibit umur 1,5 bulan bibit gmelina menunjukkan gejala layu dan mati. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kematian bibit tersebut disebabkan oleh cendawan patogen. Hal ini dicirikan dengan tidak adanya bau walaupun akar bibit membusuk, sedangkan apabila bibit terserang bakteri akan menimbulkan bau. Untuk menentukan teknik pengendalian yang didalamnya termasuk pencegahan dan pemberantasan, diperlukan penelitian dasar yaitu mengetahui jenis cendawan patogen. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui jenis cendawan patogen yang menyebabkan penyakit layu pada bibit gmelina di persemaian Pusat Litbang Hutan Bogor dan uji antagonisme cendawan *Trichoderma* sp. secara in-vitro sebagai dasar pengendalian penyakit di persemaian/lapangan. *Trichoderma* sp. merupakan agen hayati yang potensial karena memiliki peran sebagai mikoparasit yang agresif yang mampu menyerang patogen tanaman (Tasik & Widyastuti, 2015).

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan- bahan yang digunakan yaitu bibit gmelina umur 1,5 bulan, media agar-kentang/PDA = *Potatoes Agar Dextrose*

(Difco™), akuades, alkohol 70%, desinfektan berbahan aktif NaClO, biakan murni cendawan *Trichoderma* sp. (TC) yang diperoleh dari Cipanas Jawa Barat, *Trichoderma harzaenum* (THA) yang diperoleh dari Biotrop dan cendawan *Fusarium* sp.

Alat-alat yang digunakan yaitu tabung reaksi, cawan petri, labu Erlenmeyer, pipet, pinset, skalpel, kaca objek dan kaca penutup, jarum ose, lampu spirtus, timbangan, *Laminary Air Flow*, oven, autoklaf, kamera dan mikroskop.

Metode Penelitian

1. Menghitung Persentase Serangan di Lapangan

Persentase kejadian penyakit yang menyerang bibit gmelina dihitung dengan rumus:

$$P = N \times 100\%$$

P = Persentase kejadian penyakit

n = Jumlah bibit yang terserang penyakit dalam plot pengamatan

N = Jumlah seluruh bibit dalam plot pengamatan

2. Pengambilan Sampel Tanaman Terinfeksi Patogen

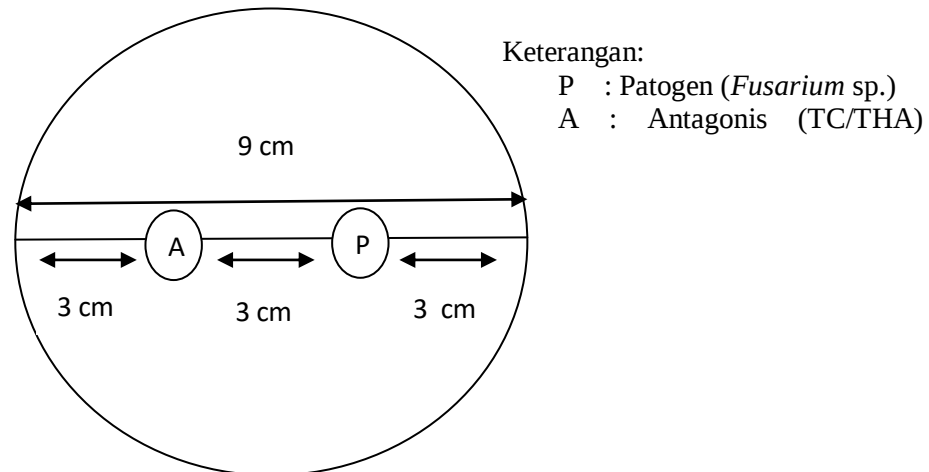
Pengambilan sampel tanaman yang terinfeksi patogen berdasarkan pengamatan gejala penyakit, dilakukan secara visual yang meliputi pengamatan penampakan luar bibit gmelina yang terserang penyakit layu, mulai dari gejala awal serangan sampai dengan gejala serangan yang paling parah.

3. Isolasi Cendawan Patogen

Isolasi bagian tanaman gmelina yang diduga terinfeksi patogen, kemudian ditumbuhkan pada media PDA, selanjutnya diidentifikasi dan pemurnian.

4. Peremajaan Isolat *Trichoderma* sp.

Isolat *Trichoderma* sp. yang disimpan pada *test tube* sebagai koleksi, diremajakan dengan cara menumbuhkan kembali isolat tersebut pada media PDA, kemudian diinkubasi selama 7 hari hingga siap diuji.



Gambar 1. Peletakan inoculum cendawan

5. Uji daya Hambat Cendawan *Trichoderma* sp. Terhadap *Fusarium* sp.

Inokulum diambil dari biakan murni PDA dengan ukuran diameter 3 mm, dan diletakkan pada cawan petri yang berisi PDA dengan diameter 9 cm, kemudian dibuat garis tengah dan diberi dua titik. Jarak antara keduanya dari tepi cawan petri yaitu 3 cm, dan jarak antar inoculum cendawan yaitu 3 cm. Cara peletakan inoculum cendawan disajikan pada Gambar 1 (Alfizar *et al*, 2013).

6. Persentase Daya Hambat *Trichoderma* sp. Terhadap *Fusarium* sp.

Pengamatan terhadap daya hambat *Trichoderma* sp. terhadap *Fusarium* sp. dilakukan pada umur satu hari setelah inoculasi, sampai pertumbuhan *Trichoderma* sp. dan *Fusarium* sp. sudah bertemu, dengan cara mengukur pertumbuhan cendawan patogen dan antagonis. Pengamatan dilakukan setiap hari pada waktu yang sama. Daya hambat *Trichoderma* sp. terhadap *Fusarium* sp. dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Alfizar *et al*, 2013):

$$P = \frac{r_1 - r_2}{r_1} \times 100\%$$

Keterangan:

P : Persentase penghambatan

r1 : Jari-jari koloni patogen yang berlawanan arah dengan cendawan antagonis

r2 : Jari-jari koloni cendawan patogen menuju arah cendawan antagonis

7. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), yaitu menguji potensi daya hambat 2 isolat *Trichoderma* sp. yang diperoleh dari Cipanas (TC), dengan *Trichoderma harzianum* yang diperoleh dari BioTrop (THA) terhadap *Fusarium* sp. yang menyebabkan penyakit layu pada bibit gmelina. Perlakuan dilakukan sebanyak dua perlakuan dan lima ulangan.

8. Analisis Data

Hasil pengukuran dianalisis dengan menggunakan SPSS untuk mengetahui pengaruh cendawan TC dan THA terhadap *Fusarium* sp. Uji lanjutan dengan menggunakan uji lanjut Duncan (Duncan Multiple Range Test /DMRT) pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Identifikasi dan Persentase Serangan Penyakit Layu pada Bibit Gmelina

Bibit gmelina di Persemaian Pusat Litbang Bogor mengalami serangan penyakit layu (Gambar 2). Berdasarkan hasil rekapitulasi data diketahui bahwa persentase serangan penyakit layu pada bibit gmelina tersebut relatif kecil yaitu 4,72%. Hasil identifikasi secara makroskopis maupun mikroskopis, fungi penyebab penyakit lodoh pada kecambah gmelina adalah *Fusarium* sp. (*Deuteromycetes*) (Agrios, 2005).



Gambar 2. Penyakit layu yang menyerang bibit gmelina umur 1 bulan

Pada Gambar 2 di atas terdapat bibit yang baru mengalami serangan penyakit layu, ditandai dengan tanaman yang masih berwarna hijau tetapi telah mengalami kelayuan. Serangan lebih lanjut menyebabkan daun tanaman menjadi berwarna coklat dan mengalami kematian.

Penyakit pada tanaman dapat diketahui dengan mengamati gejala dan tanda yang muncul pada tanaman yang diduga terserang patogen. Hasil pengamatan di persemaian, bibit gmelina menunjukkan gejala layu. Bila bagian akar bibit yang sakit dicabut serta dibersihkan, maka akan terlihat adanya pembusukan pada akar tersebut yang

dicirikan dengan menghitamnya bagian luar akar dan agak berair/busuk (Gambar 3). Bagian akar yang membusuk tadi, apabila dipotong secara melintang/membujur, maka terlihat pula perubahan warna pada jaringan yaitu menjadi coklat kehitam-hitaman atau kelabu kehitam-hitaman. Hal ini karena adanya kerusakan pada korteks yang bersifat lokal (Anggraeni & Mindawati, 2011).

Persentase serangan penyakit layu pada bibit gmelina di persemaian Puslitbang Hutan masih rendah. Hal ini disebabkan kegiatan perawatan dan pemeliharaan pada persemaian sudah baik, sehingga penyakit layu tidak dapat menyebar secara maksimal.



Gambar 3. Gejala serangan pada akar bibit Gmelina

Hasil identifikasi patogen yang menyerang bibit gmelina yaitu *Fusarium* sp. (Deuteromycetes), cendawan ini menghasilkan tiga jenis spora yaitu mikrokonidia, makrokonidia dan klamidospora. Mikrokonidia berbentuk oval, bersel satu dan hialin. Mikrospora umumnya terbentuk pada saat patogen berada dalam pembuluh inang. Mikrokonidia merupakan yang paling banyak dibentuk oleh *Fusarium* sp. dalam berbagai lingkungan. Makrokonidia mempunyai bentuk yang khas yaitu seperti bulan sabit, terdiri dari 3 – 5 septa dan berwarna hialin (Gambar 4). Makrokonidia banyak dihasilkan pada permukaan kecambah gmelina yang sakit, sehingga pembuatan preparat dapat dilakukan secara langsung dari jaringan yang sakit. Klamidospora terbentuk pada saat keadaan lingkungan yang tidak menguntungkan (lingkungan ekstrim) terdiri dari 1 – 2 sel berdinding tebal dan dihasilkan pada ujung miselium. Miselium fungi bersepta dan bercabang-cabang dengan warna hialin (Agrios, 2005).

Suharti *et al.* (1991) mengatakan bahwa cendawan penyebab penyakit rebah kecambah umumnya bersifat parasit fakultatif artinya dapat hidup sebagai saprofit di atas permukaan tanah, dan berubah menjadi parasit apabila ada tanaman inang dan kondisi lingkungan yang baik untuk pertumbuhan.

Fusarium sp. dalam siklus hidupnya mengalami fase patogenesis dan fase saprogenesis. Pada fase patogenesis fungi hidup sebagai parasit dan pada fase

saprogenesis fungi bertahan sebagai saprofit pada sisa-sisa tanaman yang kemudian merupakan sumber inokulum untuk menimbulkan penyakit pada kecambah lain. Siklus hidup penyakit yang disebabkan *Fusarium* sp. sama dengan siklus-siklus hidup penyakit lain yaitu merupakan suatu proses yang terus menerus, dari tahap pertama diikuti oleh tahap berikutnya, tahap-tahap tersebut dimulai dengan inokulasi, penetrasi, infeksi, kolonisasi, reproduksi dan diseminasi. Siklus hidup *Fusarium* sp. diawali dengan masuknya fungi dalam bentuk miselium, makrokonidia, mikrokonidia dan klamidospora melalui luka pada akar, penetrasi langsung maupun melalui celah akar samping kemudian berkembang di dalam jaringan hingga mencapai pembuluh xylem. Cendawan patogen di dalam jaringan inang dapat membentuk enzim pektase, dimana aktivitas enzim pektase tersebut menghasilkan polisakarida dan pektat. Hal ini menyebabkan jaringan xylem tersumbat oleh miselium, polisakarida dan pektat, terjadinya penyumbatan pada sistem pembuluh menyebabkan transportasi air dan hara terganggu, akhirnya kecambah menjadi layu dan mati. *Fusarium* sp. dapat menyebabkan perubahan warna pada akar dan nekrosis jaringan (Agrios, 2005). Miselium yang tumbuh terus menembus seluruh jaringan tanaman, mengakibatkan kecambah mati, dan pada permukaan daun terdapat sporodokium yang menghasilkan konidia. Sisa tanaman menjadi substrat untuk bertahan hidup patogen sehingga merupakan sumber inokulum.

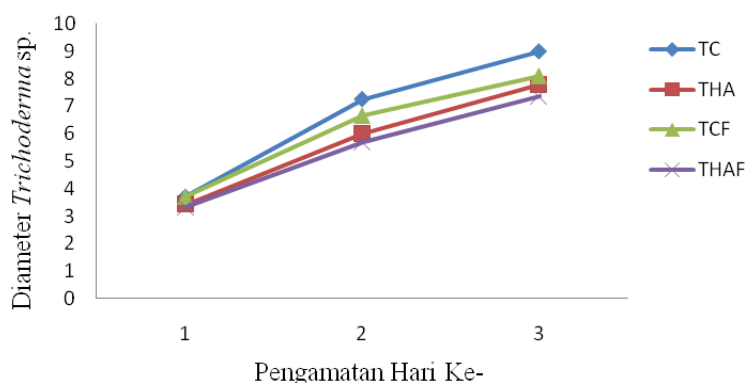


Gambar 4. Makrokonidia *Fusarium* sp. pada perbesaran 4000x

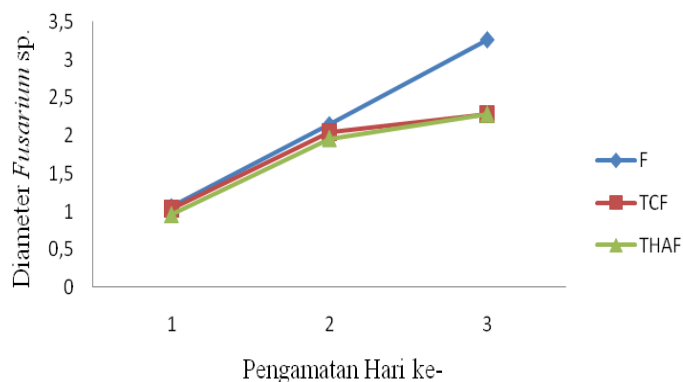
Isolat *Fusarium* sp. yang diperoleh kemudian dilakukan uji *Postulat Koch* untuk melihat apakah cendawan patogen merupakan penyebab dari penyakit layu pada bibit gmelina tersebut. Pada uji patogenitas atau uji *Postulat Koch*, kecambah mengalami gejala yang sama dengan gejala pertama yaitu kecambah mengalami rebah dan lodoh. Hal ini terjadi 3 minggu setelah kecambah sehat di inokulasi. Kecambah yang terserang penyakit layu di buat preparat dan diamati di bawah mikroskop, hasilnya menunjukkan fungi patogen yang sama yaitu *Fusarium* sp. Hal ini sudah sesuai dengan ketentuan *Postulat Koch*. Uji *Postulat Koch* adalah untuk pembuktian bahwa fungi *Fusarium* sp. merupakan penyebab utama penyakit kecambah gmelina.

2. Uji Antagonis *Trichoderma* sp. terhadap *Fusarium* sp.

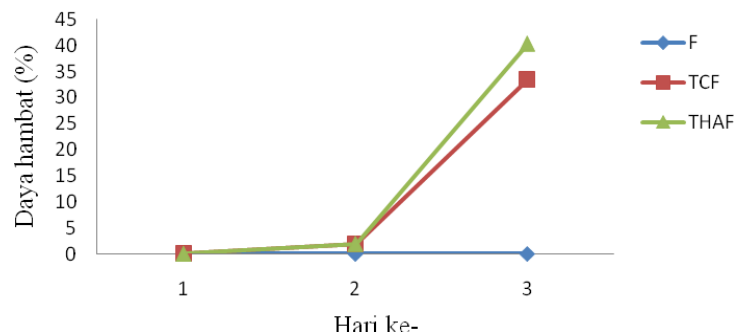
Uji antagonis dua isolat *Trichoderma* sp. dilakukan terhadap *Fusarium* sp. yang menyebabkan penyakit layu pada gmelina. Rata-rata diameter koloni *Trichoderma* sp., *Fusarium* sp. serta daya hambat *Trichoderma* sp. terhadap *Fusarium* sp. disajikan pada Gambar 5, 6 dan 7. Berdasarkan hasil penelitian terlihat bahwa terjadi peningkatan rata-rata penghambatan sampai hari ke tiga, pengamatan dihentikan pada hari ketiga karena pertumbuhan *Trichoderma* sp. dan *Fusarium* sp. sudah bertemu. *Trichoderma harzianum* menunjukkan daya hambat yang lebih tinggi daripada *Trichoderma* sp., dengan daya hambat berturut-turut sebesar 40,31% dan 33,55% (Gambar 5). Namun, secara statistik nilai ini tidak berbeda nyata antara kedua isolat *Trichoderma* sp.



Gambar 5. Pertumbuhan *Trichoderma* sp. (TC= *Trichoderma* sp. pada control, THA = *Trichoderma harzianum* pada control, TCF = Pertumbuhan *Trichoderma* sp. Cipanas pada perlakuan dengan *Fusarium* sp., THAF = Pertumbuhan *Trichoderma harzianum* pada perlakuan dengan *Fusarium* sp.)



Gambar 6. Pertumbuhan *Fusarium* sp. (F= Pertumbuhan *Fusarium* sp. pada control, TCF = Pertumbuhan *Fusarium* sp. pada perlakuan *Trichoderma* sp., THAF= Pertumbuhan *Fusarium* sp. pada perlakuan *Trichoderma harzianum*)



Gambar 7. Rata-rata persentase penghambatan *Trichoderma* sp. terhadap *Fusarium* sp. (F = *Fusarium* sp. pada kontrol, TCF = Daya hambat *Trichoderma* sp. terhadap *Fusarium* sp., THAF = Daya hambat *Trichoderma harzianum* terhadap *Fusarium* sp.)

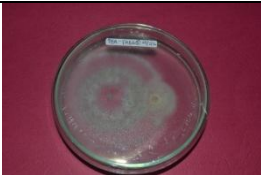
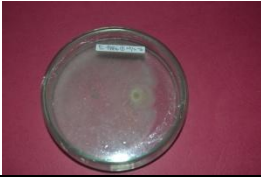
Dari Gambar 5 dan 6 terlihat bahwa *Fusarium* sp. tidak dapat tumbuh pada media PDA. Hal ini dikarenakan adanya daya hambat oleh *Trichoderma* sp. baik THA maupun TC, sedangkan daya hambat *Trichoderma* sp. terhadap *Fusarium* sp. disajikan pada Gambar 7.

3. Mekanisme daya hambat (Antagonis) *Trichoderma* sp. terhadap *Fusarium* sp.

Trichoderma sp. memiliki kemampuan antagonis terhadap cendawan patogen. Pada suatu ekosistem, sangat mudah menemukan *Trichoderma* sp. di tanah dan akar tanaman yang merupakan mikroorganisme yang menguntungkan, avirulen terhadap tanaman inang dan memiliki kemampuan parasit terhadap cendawan lain (Harman *et al.*, 2004; Alfizar

et al., 2013). *Trichoderma* sp. dikenal sebagai biokontrol antagonis yang bersifat saprofit yang efektif terhadap sejumlah cendawan fitopatogen (Gveroska & Ziberoski, 2011; Ainy *et al.*, 2015) seperti *Fusarium* sp. (Hartal, Misnawati, & Indah, 2010; Ainy *et al.*, 2015), *Phytophthora* sp. dan *Botrytis* sp. (Freeman *et al.*, 2003; Ainy *et al.*, 2015). Mekanisme penghambatan cendawan agen hayati terhadap patogen dapat terjadi dengan beberapa mekanisme, yaitu antibiotik yang ditandai dengan terbentuknya zona inhibisi dalam penghambatan pertumbuhannya, kompetisi terhadap substrat ditandai dengan adanya pertumbuhan yang lebih cepat terhadap yang lainnya dan mikoparasitisme yaitu dengan memparasit langsung pada hifa patogennya (Mejía *et al.*, 2008; Lelana, Anggraeni, & Mindawati, 2015).

Tabel 1. Mekanisme daya hambat cendawan *Trichoderma* sp. terhadap *Fusarium* sp.

Perlakuan (Isolat)	Mekanisme Antagonisme	Keterangan	Gambar
THAF	Kompetisi ruang dan mikoparasit	<i>Trichoderma</i> sp. tumbuh mengungguli patogen pada media dan juga dapat tumbuh di atas permukaan koloni patogen	
TCF	Kompetisi ruang dan mikoparasit	<i>Trichoderma</i> sp. mengungguli patogen pada media dan juga dapat tumbuh di atas permukaan koloni patogen	

Berdasarkan hasil pengamatan menunjukkan bahwa penghambatan yang terjadi antara isolat cendawan *Trichoderma* sp. baik THA maupun TC dan *Fusarium* sp. merupakan penghambatan dengan mekanisme kompetisi ruang, makanan, dan mikoparasit. Mekanisme kompetisi ruang dan makanan yaitu adanya perbedaan luas koloni cendawan pada media, kemampuan untuk berkompetisi agen hayati dengan patogen ditunjukkan oleh besar kecilnya luas koloni agen hayati. Semakin luas pertambahan koloni agen hayati berarti semakin besar kemampuan untuk berkompetisi dengan patogen (Sunarwati & Yoza, 2010). Mekanisme daya hambat tersebut disajikan pada Tabel 1.

KESIMPULAN

Cendawan patogen yang menyebabkan penyakit pada bibit gmelina yaitu cendawan *Fusarium* sp. Serangan penyakit layu *Fusarium* sp. di persemaian masih rendah yaitu sebesar 4,72%, akan tetapi pengendalian tetap sangat diperlukan sebelum penyakit menyebar dan menyebabkan kerugian yang lebih besar. Hasil uji antagonisme baik THA yang diperoleh dari Biotrop maupun *Trichoderma* sp. yang diperoleh dari Cipanas, memiliki kemampuan dalam menekan pertumbuhan *Fusarium* sp. dengan daya hambat masing-masing sebesar 40,31% dan 33,55%.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrios, G. N. (2005). *Plant Pathology* (5th ed.). USA: Elsevier Academic Press.
- Ainy, E. Q., Ratnayani, R., & Susilawati, L. (2015). Uji Aktivitas Antagonis *Trichoderma harzianum* 11035 terhadap *Colletotrichum capsici* TCKR2 dan *Colletotrichum acutatum* TCK1 Penyebab Antraknosa pada Tanaman Cabai. *Seminar Nasional XII Pendidikan Biologi FKIP UNS*.
- Alfizar, Marlina, dan Susanti, F. (2013). Kemampuan antagonis *Trichoderma* sp. terhadap beberapa jamur patogen *in vitro*. *Jurnal Floratek*, 8(1), 45–51. Retrieved from <http://www.jurnal.unsyiah.ac.id/floratek/article/view/860>
- Anggraeni, I., & Mindawati, N. (2011). Serangan Hama dan Penyakit pada Gmelina (*Gmelina arborea* Roxb.) di Hutan Rakyat. *Tekno Hutan Tanaman*, 4 (2), 85–92.
- Freeman, S., Minz, D., Kolesnik, I., Barbul, O., Zveibil, A., Mayon, M., ... Elad, Y. (2003). *Trichoderma* Biocontrol of *Colletotrichum acutatum* and *Botrytis cinerea* and Survival in Strawberry. *Journal of Plant Pathology*, 110, 361–370.
- Gveroska, B., & Ziberoski, J. (2011). *Trichoderma harzianum* As A Biocontrol Agent Against *Alternaria alternata* On Tobacco. *Journal Technologies & Innovations*, 7, 67–76.
- Harman, A. E., Howell, C. R., Venter, A., Chet, I., & Lorito, M. (2004). *Trichoderma* Species-OPPORTUNISTIC, Avirulent Plant Symbionts. *Nat. Rev. Microbiol*, 2, 34–56.
- Hartal, Misnawati, & Indah, B. (2010). Efektifitas *Trichoderma* sp. dan *Gloecladium* dp. dalam Pengendalian Layu *Fusarium* pada Tanaman Krisan. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 1, 7–12.
- Kosasih, A. S., & Danu. (2013). *Manual Budi Daya Jati Putih (Gmelina Arborea Roxb.)*. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Peningkatan Produktivitas Hutan-Badan Penelitian dan Pengembangan Bekerjasama dengan Direktorat Bina Perbenihan Tanaman Hutan-Direktorat Jenderal Bina Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Perhutanan Sosial. Kementerian K.
- Lelana, N. E., Anggraeni, I., & Mindawati, N. (2015). Uji Antagonis *Aspergillus* spp. terhadap *Fusarium* sp., Penyebab

- Penyakit Rebah Kecambah pada Sengon. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 12 (1), 23–28.
- Mejía, L. C., Rojas, E. I., Maynard, Z., Bael, S. Van, Arnold, A. E., Hebbard, P., ... Herre, E. A. (2008). Endophytic fungi as biocontrol agents of *Theobroma cacao* pathogens. *Biological Control*, 46(1), 4–14. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2008.01.012>
- Mulyana, D., & Asmarahman, C. (2010). *Jenis Kayu Penghasil Rupiah. Jati, Sengon, Mahoni, Meranti, Jati Putih, Kayu Afrika dan Suren*. Jakarta: PT. Agro Media Pustaka.
- Streets. (1980). *Diagnosis Penyakit Tanaman (Terjemahan: Imam Santoso)*. Tuscon-Arizona. USA: The University of Arizona Press.
- Suharti, M., Santoso, E., & Wibowo, A. (1991). Sebaran Tingkat Serangan dan Teknik Pengendalian Penyakit Bercak Daun pada *Eucalyptus* spp. *Buletin Penelitian Hutan*, No. 545.
- Sunarwati, D., & Yoza, R. (2010). Kemampuan *Trichoderma* Dan *Penicillium* Dalam Menghambat Pertumbuhan Cendawan Penyebab Penyakit Busuk Akar Durian (*Phytophthora palmivora*) Secara In Vitro. *Seminar Nasional Program Dan Strategi Pengembangan Buah Nusantara*, 286–291.
- Tasik, S., & Widyastuti, S. M. (2015). Mekanisme parasitisme *Trichoderma harzianum* Terhadap *Fusarium oxysporum* pada Semai *Acacia mangium*. *Jurnal HPT Tropika*, 15(1), 72–80.

SERANGAN BOKTOR (*Xystrocera festiva* Pascoe) DAN KARAT TUMOR (*Uromycladium tepperianum* (Sacc.) McAlpine) PADA SENGON (*Falcataria mollucana* (Miq.) DI PERKEBUNAN TEH CIATER

Wida Darwiati* dan Illa Anggraeni
Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan
Kampus Balitbang Kehutanan, Jln. Gunung Batu No. 5 Kotak Pos 165 Bogor 16118
Telp 0251-8633234, 7520067
*e-mail: wdarwiati@yahoo.com

ABSTRACT

The Bektor And Tumor Attack At Sengon In The Plantation Of Tea Ciater

Sengon has become one of the preferred tree because it has many advantages over other commercial tree species. It was widely cultivated with a monoculture system, like agricultural cultivation. The consequence of monoculture planting system was the unstable microclimate environment, so the ecosystem was susceptible to the pest and disease explosion. As happens at the Ciater plantation site, sengon plants were attacked by pests and diseases. The purpose of research were to study the extent data and intensity of boktor pests and tumor rust disease, boktor pest and bioecological behavior causing tumor rust on sengon as a protective and shade plant. The percentage and intensity of attacks caused by boktor pests and tumor rust disease was relatively high. The lowest percentage of boktor attacks was 40% and the highest was 90%. It could be categorized as serious severity, even dead plants. The percentage and intensity of the attacks indicated that the pests living on sengon could thrive in suitable food sources. Likewise with the percentage and intensity of attacks caused by rust disease has reached 100%, so it could be categorized as the level of damage was high.

Keywords: boktor pests, intensity of attack, percentage, sengon, tumor rust disease .

ABSTRAK

Sengon salah satu pohon yang memiliki banyak keunggulan dibandingkan jenis pohon lainnya, dan banyak dibudidayakan secara luas dengan sistem monokultur seperti budidaya pertanian. Konsekuensi sistem tanam monokultur adalah lingkungan iklim mikro yang tidak stabil, sehingga ekosistemnya rentan terhadap hama dan penyakit. Tujuan dari penelitian ini, untuk memperoleh data luas dan intensitas serangan hama boktor dan penyakit karat tumor, perilaku hama boktor dan bioekologi penyebab penyakit karat tumor pada sengon. Metode yang digunakan adalah pengamatan visual setiap tegakan yang terserang oleh hama boktor dan penyakit karat tumor. Persentase dan intensitas serangan akibat hama dan penyakit ini relatif tinggi, untuk hama boktor persentase dan intensitas terendah adalah 40%, sedangkan yang tertinggi 90%, sehingga dapat dikategorikan tingkat keparahan berat, bahkan ada tanaman yang mati. Persentase dan intensitas serangan tersebut menunjukkan bahwa hama yang hidup pada tegakan sengon, berkembang dengan sumber makanan yang cocok. Begitu juga dengan persentase dan intensitas serangan akibat penyakit karat tumor sudah mencapai 100%, sehingga dapat dikategorikan tingkat keparahan yang tergolong berat.

Kata Kunci : boktor, intensitas serangan, karat tumor, persentase serangan, sengon.

PENDAHULUAN

Sengon (*Paraserianthes falcataria*) merupakan salah satu pionir pohon *multipurpose tree species* di Indonesia. Pohon ini menjadi bahan bakuyang sangat baik untuk industri karena kecepatan tumbuh yang baik, dapat hidup di berbagai kondisi tanah, serta bahan baku yang baik untuk industri panel kayu dan kayu lapis. Kebutuhan kayu Sengon ini cukup besar karena kayu sengon sering dipakai untuk

bahan baku meubel berkualitas menengah ke bawah, penyangga cor bangunan, pembuatan rumah, bahan baku kertas, dan lain-lain. Dengan harga yang cukup menggiurkan saat ini sengon banyak diusahakan untuk berbagai keperluan dalam bentuk kayu olahan berupa papan dengan ukuran tertentu sebagai bahan baku pembuat peti, papan penyekat, pengecoran semen dalam konstruksi, industri korek api, pensil, papan partikel dan bahan baku industri pulp kertas.

Pohon sengon umur 1 tahun dapat mencapai tinggi 7 m, dan umur 12 tahun dapat mencapai tinggi 39 m dengan diameter lebih dari 60 cm dan tinggi cabang 10-30 m. Diameter pohon yang sudah tua dapat mencapai 1 m, bahkan kadang lebih. Batang umumnya tidak berbanir, tumbuh lurus, dan silindris. Pohon sengon memiliki kulit licin, berwarna abu-abu, atau kehijau-hijauan (Siregar, *et al.*, 2009).

Pohon sengon umumnya berukuran cukup besar dengan tinggi pohon total mencapai 40 m dan tinggi bebas cabang mencapai 20 m. Diameter pohon dewasa dapat mencapai 100 cm atau kadang-kadang lebih, dengan tajuk lebar mendatar. Apabila tumbuh ditempat terbuka sengon cenderung memiliki kanopi yang terbentuk seperti kubah atau payung. Pohon sengon pada umumnya tidak berbanir meskipun dilapangan kadang dijumpai pohon dengan banir kecil. Permukaan kulit batang berwarna putih, abu-abu atau kehijauan, halus, kadang-kadang sedikit beralur dengan garis-garis lentisel memanjang (Krisnawati *et al.*, 2011). Tanaman Sengon dapat tumbuh baik pada tanah regosol, aluvial, dan latosol yang bertekstur lempung berpasir atau lempung berdebu, dengan kemasaman tanah sekitar pH 6-7. Ketinggian tempat yang optimal untuk tanaman sengon antara 0 - 800 m dpl. Walaupun demikian, tanaman sengon ini masih dapat tumbuh sampai ketinggian 1500 m di atas permukaan laut. Sengon termasuk jenis tanaman tropis, sehingga untuk tumbuhnya memerlukan suhu sekitar 18° - 27°C. Tanaman sengon membutuhkan batas curah hujan minimum yang sesuai, yaitu 15 hari hujan dalam 4 bulan terkering, namun juga tidak terlalu basah, dan memiliki curah hujan tahunan yang berkisar antara 2000 - 4000 mm. Tanaman sengon membutuhkan kelembaban sekitar 50%-75% (Nasution, 2008).

Budidaya tanaman sengon akan dipengaruhi oleh beberapa faktor pembatas (penghambat) pertumbuhan. Salah satu faktor pembatas utama adalah serangan hama dan penyakit tanaman. Hama tanaman sengon merupakan organisme pengganggu tanaman dari binatang serangga, mamalia, nematoda (cacing) dan lain-lain, sementara penyakit sengon merupakan organisme

pengganggu tanaman dari kelompok mikroba seperti jamur, bakteri, virus dan lain-lain. Secara umum hambatan yang disebabkan oleh serangan Hama Penyakit Tanaman (HPT) dapat menurunkan hasil rata-rata 12% - 15 %. Pada tanaman dan kondisi tertentu, hambatan HPT dapat menurunkan produksi hingga 100 %. Tanaman tertentu memiliki jenis hama dan penyakit tertentu dengan tingkat serangan yang berbeda-beda dari waktu ke waktu. Tantangan terberat budidaya sengon adalah tingkat serangan hama dan penyakit yang dapat menurunkan produksi sangat nyata, namun tantangan tersebut dapat dikendalikan dengan mudah asalkan para pengelola hutan memahami, melaksanakan dan tertib dalam melakukan budidaya tanaman yang sehat dan melakukan pengendalian dengan benar.

Tujuan dari penelitian ini, untuk memperoleh data luas dan intensitas serangan hama boktor dan penyakit karat tumor, perilaku hama boktor, dan bioekologi penyebab penyakit karat tumor pada tanaman sengon, sebagai tanaman pelindung dan peneduh di areal Perkebunan Teh PT. Perkebunan Nusantara VIII, Kebun Ciater, Jawa Barat.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Tanaman sengon umur 3 tahun sebagai tanaman peneduh di areal perkebunan teh, alkohol 70%, spirtus, aluminium foil, kertas koran, kertas tisu dan tali rafia. Alat yang digunakan gelas obyek, kaca penutup, alat pemotong (golok, gunting dan scalpel), pinset, jarum ose, lampu bunsen, jaring serangga, kotak serangga, cawan petri, kapas, *counter*, *ice box*, kamera, mikroskop dan lain-lain.

Metode Penelitian

Kegiatan di lapangan

Pengamatan dilakukan secara visual terhadap setiap tegakan yang terserang hama dan penyakit, jumlah pohon yang diamati sebanyak 120 dengan tinggi rerata 16 - 20 meter. Kemudian dilakukan pengambilan material hama dan penyakit untuk penelitian

di Laboratorium. Selanjutnya menghitung persentase (proporsi tanaman yang terserang hama dan penyakit dalam suatu populasi tanpa memperhitungkan berat atau ringannya tingkat serangan) dan intensitas serangan, dengan rumus :

$$KP = \frac{n}{N} \times 100\%$$

KP = persentase kejadian penyakit
n = jumlah pohon yang terserang hama dan penyakit dalam plot pengamatan
N = jumlah seluruh pohon yang diamati

Intensitas serangan suatu patogen dihitung dengan rumus :

$$IP = \frac{\sum(n \times v)}{N \times Z} \times 100\%$$

IP = Intensitas penyakit
N = Jumlah pohon yang diamati
n = Pohon yang terserang karat tumor
v = Nilai kategori serangan
Z = Nilai kategori serangan tertinggi

Kegiatan di Laboratorium

Pemeliharaan (*rearing*) hama dan pengamatan mikroskopis penyakit. Pengamatan spora fungi patogen penyakit (*Uromycladium tepperianum*) dilakukan dengan pembuatan preparat basah secara sederhana. Pembuatan preparat basah diambil bagian jaringan yang muda dengan mengiris setipis mungkin (transparan), irisan diletakkan pada gelas obyek yang sudah diberi setetes air. Kemudian gelas obyek ditutup, sehingga tidak terjadi gelembung

udara, preparat diamati di bawah mikroskop. Selain pembuatan preparat basah dibuat pula preparat permanen untuk mengetahui bentuk tubuh buah fungi patogen karat tumor.

Pemeliharaan (*rearing*) hama boktor dilakukan dengan cara larva yang diperoleh dari lapangan dengan berbagai instar, dimasukkan kedalam kotak serangga, kemudian diberi potongan batang sengon untuk pakannya dan diamati setiap hari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan Visual Gejala Serangan Hama Boktor

Gejala serangan hama boktor adanya retakan pada kulit pohon (pecah-pecah), dari retakan tersebut, keluar cairan berwarna coklat sampai coklat kehitam-hitaman, juga keluar serbuk kayu yang agak halus dan masih segar dengan warna keputih-putihan menempel pada kulit pohon. Serbuk ini merupakan hasil aktivitas larva sejak menetas dari telur yang memakan jaringan kulit dengan cara menggerek disekitar lokasi larva berada. Adanya serbuk gerek yang menempel pada permukaan kulit batang pohon bagian luar tersebut, dapat menjadi petunjuk terjadinya gejala serangan awal tanaman terserang hama boktor (Gambar 1).

Xystrocera festiva Thombs. (Coleoptera : Cerambycidae) atau sering disebut sebagai boktor atau uter-uter, sampai saat ini dianggap sebagai hama yang paling merugikan pada hutan sengon karena menyebabkan kematian, patahnya batang dan menurunkan jumlah dan kualitas kayu yang dihasilkan (Husaeni, 2010).



Gambar 1. Gejala Serangan Awal Hama Boktor



Gambar 2. Larva Boktor yang Berada antara Kulit Batang dengan Kayu Gubal

Pengamatan Visual Gejala Serangan Penyakit Karat Tumor

Pengamatan di lapangan menunjukkan gejala yang khas, yaitu pertumbuhan lebih pada bagian yang terserang. Gejala diawali dengan adanya pembengkakan lokal di bagian yang terserang (daun, cabang, dan batang), lama kelamaan pembengkakan berubah menjadi benjolan, kemudian menjadi bintil kecil atau disebut tumor (*gall*). Tumor yang timbul mempunyai bentuk bervariasi, mulai bulat sampai tidak beraturan dengan diameter dari beberapa milimeter sampai lebih besar dari 10 cm. Tumor tersebut dapat berkelompok atau menyebar pada bagian yang terserang. Tumor yang masih muda berwarna hijau kecoklat-coklatan, diselubungi oleh lapisan seperti tepung berwarna kemerah-merahan, merupakan kumpulan dari spora patogen.

Sedangkan, tumor yang tua berwarna coklat kemerah-merahan sampai hitam, dan biasanya tumor sudah keropos berlubang, serta digunakan sebagai sarang semut atau serangga lainnya. Apabila yang terserang penyakit bagian tangkai daun majemuk atau tajuk, maka bagian tersebut agak membengkok karena adanya penebalan dan pembengkakan, kemudian tajuk daun menggulung berubah bentuk (*malformasi*) tanpa daun lagi. Serangan pada daun diawali dengan bentuk daun agak mengeriting, tangkai daun terbentuk tumor (Gambar 3). Jika tanaman mengalami serangan yang parah, maka seluruh bagian tanaman dipenuhi oleh tumor, kemudian daun mengering, mengalami kerontokan, diikuti oleh batang dan cabang pohon (Gambar 4) dan akhirnya tanaman mati.



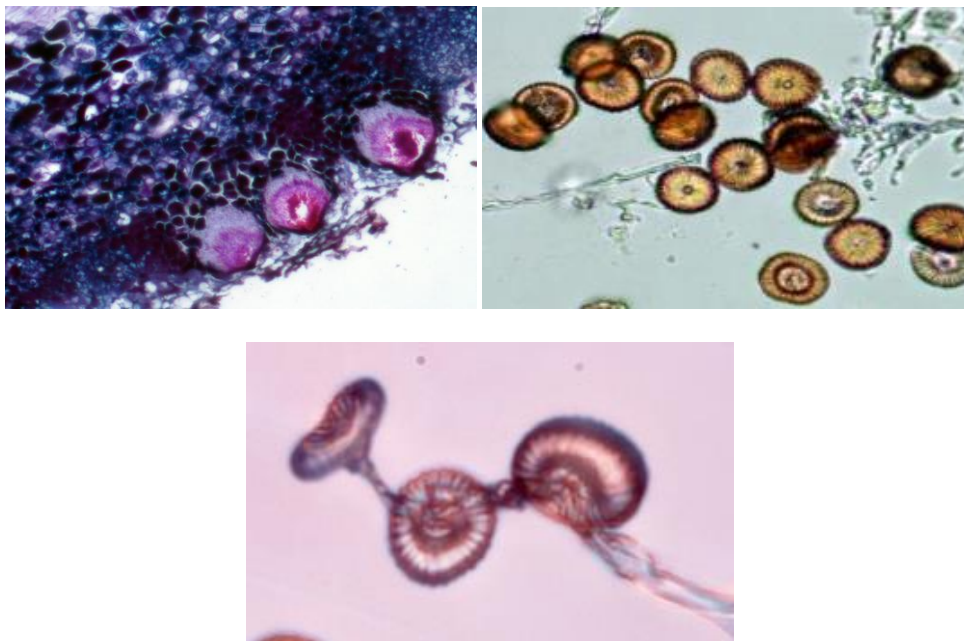
Gambar 3. Gejala Awal Penyakit Karat Tumor pada Daun Majemuk dan Tangkai Daun



Gambar 4. Karat Tumor Pada Batang dan Cabang Pohon Sengon

Hasil pengamatan mikroskopis pada preparat basah dan preparat permanen di laboratorium, terlihat piknium dalam keadaan tertutup maupun terbuka ke atas permukaan lapisan epidermis, piknidium berbentuk bulat/mangkok atau berbentuk seperti botol. Piknium berwarna coklat kemerah-merahan (Gambar 5). Fungi menghasilkan teliospora berbentuk bulat seperti payung (bagian pinggirnya bergerigi), atau oleh Old (2002) dalam Anggraeni dan Lelana (2011) dikatakan

bahwa teliospora fungi mempunyai rabung-rabung yang radial, setiap satu tangkai terdiri dari tiga Teliospora (Gambar 5). Ukuran spora berkisar lebar $14 - 20 \mu\text{m}$ dan panjang $17 - 28 \mu\text{m}$ (Rahayu dan Lee dalam Rahayu, 2008). Infeksi dapat terjadi pada biji, semai maupun tanaman dewasa di lapangan dan semua bagian tanaman seperti pucuk, daun, cabang, ranting, batang dan bunga dapat terinfeksi oleh fungi tersebut (Rahayu *et al.*, 2005 dalam Rahayu, 2008).



Gambar 5. Piknium dan Teliospora Fungi Patogen Karat Tumor

Persentase dan Intensitas Serangan Hama Boktor dan Penyakit Karat Tumor

Hasil perhitungan persentase dan intensitas serangan hama boktor dan penyakit karat tumor, dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2. Dari hasil Tabel 1 dan 2 persentase dan intensitas

serangan hama boktor rata-rata 56,66%, persentase dan intensitas penyakit karat puru sebesar 100% (kategori rusak), sedangkan persentase dan intensitas serangan hama boktor dan penyakit karat puru sebesar 56,66 %.

Tabel 1. Persentase Serangan dan Intensitas Serangan Hama Boktor dan Penyakit Karat Tumor (*Percentage of Attack and Intensity of Boktor Pest Attack and Rust Disease of Tumor*).

No	Jumlah Pohon yang Diamati (<i>Number off Trees Observed</i>)	Jumlah Pohon Terserang Hama Boktor (<i>Num ber of trees infected by boktor</i>)	Persentase/ Intensitas (%)	Status Serangan (<i>Attack status</i>)	Jumlah Pohon Terserang Penyakit Karat Tumor (<i>Number of tress infected by rust disease</i>)	Persentase/ Intensitas (%)	Status Serangan (<i>Attack status</i>)
1.	10	6	60	berat	10	100	Berat
2.	10	7	70	berat	10	100	Berat
3.	10	5	50	berat	10	100	Berat
4.	10	9	90	berat	10	100	Berat
5.	10	6	60	berat	10	100	Berat
6.	10	7	70	berat	10	100	Berat
7.	10	4	40	berat	10	100	Berat
8.	10	4	40	berat	10	100	Berat
9.	10	5	50	berat	10	100	Berat
10.	10	5	50	berat	10	100	Berat
11.	10	6	60	berat	10	100	Berat
12.	10	4	40	berat	10	100	Berat
Σ			6.800			1.200	
Rata-rata			56,66			100	

Tabel 2. Jumlah Tanaman yang Terserang Hama Boktor dan Penyakit Karat Tumor secara Bersamaan. (*Number off Trees infected by pest and disease*)

No.	Jumlah Pohon yang Diamati (<i>Number off Trees Observed</i>)	Jumlah Pohon Terserang Hama Boktor Sekaligus Terserang Penyakit Karat Tumor. (<i>Number of trees infected by boktor pest and rust disease</i>)	Persentase/ Intensitas (%)	Status Serangan (<i>Attack status</i>)
1.	10	6	60	Berat
2.	10	7	70	Berat
3.	10	5	50	Berat
4.	10	9	90	Berat
5.	10	6	60	Berat
6.	10	7	70	Berat
7.	10	4	40	Berat
8.	10	4	40	Berat
9.	10	5	50	Berat
10.	10	5	50	Berat
11.	10	6	60	Berat
12.	10	4	40	Berat
Σ			6.800	
Rata-rata			56,66	

PEMBAHASAN

Gejala awal serangan hama boktor dicirikan dengan adanya retakan pada kulit batang dan serbuk gerek yang menempel, karena bercampur dengan cairan yang keluar dari retakan. Hal ini terjadi karena perilaku imago boktor betina yang meletakkan telurnya secara berkelompok pada celah-celah, retakan atau luka pada permukaan batang dan ranting pohon. Seekor kumbang betina dapat meletakkan kurang lebih 400 butir telur (Anonim., 2009; Duladi., 2012). Telur berwarna putih kekuning-kuningan dengan ukuran ± 1 mm berbentuk lonjong agak pipih, telur menetas, keluarlah larva (ulat) instar 1. Larva berbentuk gilik dengan warna kuning gading, bagian kepala berwarna coklat, pada permukaan tubuh tampak jelas adanya guratan-guratan searah dengan lingkaran tubuh. Pada stadia larva inilah tahap kehidupan yang selalu aktif memakan dan menggerek batang sengon, dan selama perkembangan larva dari instar 1 sampai dengan instar berikutnya selalu berada diantara kulit batang dan permukaan kayu gubal. Larva menggerek jaringan kulit batang pohon sengon bagian dalam atau permukaan kayu atas mengarah ke bawah batang (Gambar 6), stadium larva sangat panjang, diperlukan waktu 118 hari atau kurang lebih 4 bulan. Duladi (2012) mengatakan bahwa larva yang baru menetas akan segera memakan kulit bagian dalam dan bagian dari kayu gubal membentuk

saluran-saluran $\pm 0,5$ cm ke arah bawah batang, saluran gerek ini seluruhnya tertutup oleh ekskremen yang dihasilkan larva. Biasanya saluran gerek saling bersambungan, semakin ke bawah saluran gerek semakin melebar, karena ukuran larvanya juga makin membesar. Banyaknya serbuk gerek ini bervariasi tergantung pada umur dan banyaknya larva yang ada dalam kulit, bahkan serbuk gerek seringkali juga jatuh ke lantai hutan. Pada saat larva akan menjadi pupa, larva membentuk lubang gerek ke dalam kayu gubal kemudian membelok ke arah atas, bentuk lubang gerek oval berukuran $\pm 0,75 - 1,33$ cm, dalamnya mencapai 15 - 20 cm. Pada ujung lubang gerek dibuat sedikit lebih lebar yang digunakan untuk ruang pupasi, setiap ruang pupasi hanya diisi satu larva boktor. Kumbang dewasa keluar, pada saat kumbang meninggalkan lubang gerek, umumnya tingkat kerusakan batang sudah parah, sebagian kulit batang terkelupas, luka gerek di permukaan tampak seperti ukiran dengan lubang-lubang yang kosong sebagai pertanda sudah ditinggalkan (Gambar 7). Kumbang boktor berwarna coklat kekuning-kuningan agak mengkilap, di bagian pinggir dari elitra dan sekeliling pronotum terdapat garis lebar yang berwarna hijau kebiruan yang mengkilap. Ukuran tubuh kumbang jantan agak lebih kecil dari kumbang betina, panjang antena 1,5 kali panjang tubuhnya dan kakinya lebih panjang dan lebih kokoh (Anonim., 2016) (Gambar 8).



Gambar 6. Larva Boktor dan Kerusakan pada Batang Akibat Pola Makan dan Gerakan dari Larva.



Gambar 7. Lubang Gerek yang Sudah Ditinggalkan Imago dan Imago yang Masih Ada di dalam Lubang Gerek



Gambar 8. Imago Boktor (*Xystrocera festiva*)

Kumbang boktor adalah serangga nokturnal yaitu serangga yang aktif pada malam hari, melakukan aktivitas terbang, perkawinan dan bertelur pada malam. Siklus hidup sempurna dengan tahapan yang dimulai dari telur – larva – pupa – imago. Secara alami perkembangan dari telur sampai imago memakan waktu 253 hari untuk kumbang jantan, dan 250 hari untuk kumbang betina. Umur rata-rata kumbang jantan 11,5 hari – 15 hari, dan umur rata-rata kumbang betina 5,3 hari – 11 hari (Husaeni, 2001). Waktu perkawinan dan bertelur terjadi beberapa jam setelah kumbang keluar. Waktu bertelur hanya terjadi dalam satu hari, kebanyakan kumbang hanya bertelur sampai 2 kali dalam waktu 2-8 hari. Umur kumbang betina rata-rata 2 - 5 hari, dan kumbang jantan rata-rata 7 hari. Berdasarkan hasil pemeliharaan di laboratorium, waktu yang diperlukan untuk kelangsungan hidup mulai dari telur, larva, pupa dan imago adalah 174 hari atau

kurang lebih 6 bulan, dan terpanjang adalah masa larva 118 hari (Husaeni, 2001). Tingkat keparahan hama boktor dan penyakit karat tumor dalam penelitian ini, menggunakan tolok ukur seberapa parah kerusakan suatu tegakan hutan dalam suatu tingkatan. Perlu dilakukannya penilaian tingkat keparahan hama boktor dan penyakit karat tumor pada tegakan sengon, untuk menanggulangi kerusakan yang terjadi dengan menerapkan pengendalian hama dan penyakit tersebut. Keparahan hama dan penyakit (*disease severity*) merupakan proporsi atau persentase luas tanaman yang terserang. Sedangkan intensitas hama dan penyakit adalah gambaran kuantitatif meliputi kepadatan atau *density* jumlah individu per area, atau jumlah individu per volume yang terserang penyakit.

Hasil penghitungan persentase serangan dan intensitas serangan akibat hama boktor dan penyakit karat tumor pada lokasi penelitian relatif tinggi, untuk hama

boktor persentase dan intensitas terendah 40%, dan yang tertinggi 90%, sehingga dapat dikategorikan memiliki tingkat keparahan yang tergolong berat, bahkan ada beberapa tanaman sengon yang mati. Persentase dan intensitas serangan tersebut menunjukkan bahwa *X. festiva* yang hidup pada tegakan sengon di areal perkebunan teh Ciater berkembang cepat karena sumber makanannya cocok. Sementara itu, persentase dan intensitas serangan akibat penyakit karat tumor sudah mencapai 100%, sehingga dapat dikategorikan memiliki tingkat keparahan penyakit yang tergolong berat. *U. tepperianum* merupakan salah satu patogen yang monosiklik atau patogen daur tunggal (Anggraeni dan Lelana, 2011). Anonim (2014a) mengatakan bahwa patogen yang monosiklik adalah fungi karat, karena fungi tersebut menghasilkan spora pada akhir musim, spora tersebut berfungsi sebagai inokulum primer pada tahun berikutnya, dan sebagai satu-satunya sumber inokulum pada awal tahun tersebut. Pada patogen monosiklik, inokulum primer merupakan satu-satunya inokulum yang tersedia selama musim tersebut, karena tidak ada inokulum sekunder dan tidak ada infeksi sekunder, sehingga jumlah inokulum yang dihasilkan pada akhir musim tersebut lebih besar dari yang terdapat pada awal musim. Jumlah inokulum pada penyakit monosiklik mungkin akan meningkat terus menerus dari tahun ke tahun.



Gambar 9. Tegakan Sengon yang Terserang Boktor Juga Terserang karat Tumor

Fungi karat tumor bersifat parasit obligat seperti yang telah dijelaskan di atas,

sehingga jenis fungi yang dapat tumbuh dan memperbanyak diri, apabila tetap berhubungan dengan tumbuhan inangnya yaitu sengon selama hidupnya. Selain itu, faktor lingkungan yang sangat berperan mempengaruhi awal perkembangan penyakit yang bersifat infeksi. Faktor lingkungan antara lain suhu, kelembaban, cahaya, keasaman dan lain-lain. Hal ini dapat digambarkan dengan segitiga penyakit. Untuk terjadi dan berkembangnya penyakit secara optimal, maka harus terdapat kombinasi tiga faktor yaitu tanaman inang yang rentan, patogen yang infeksiif, dan kondisi lingkungan yang menguntungkan. Berdasarkan pengamatan, penyakit dengan interval waktu tertentu atau hingga intensitas penyakit yang menimbulkan kerusakan berat, atau kematian tanaman seperti yang terjadi pada penelitian ini, dapat dikatakan bahwa penyakit karat tumor pada sengon di kebun teh Ciater dapat disebut dengan epidemi (epifitotik). Epidemi (epifitotik) yaitu patogen yang menyebar dan menyerang banyak individu dalam suatu populasi, meliputi areal yang luas dan dalam waktu yang relatif pendek (Meliala, 2009). Sebagian besar epidemi terjadi secara lokal dan menyebabkan kerugian dari tidak berarti sampai dengan sedang, namun epidemi tersebut masih dapat dikendalikan baik secara alami maupun dengan pengendalian buatan. Akan tetapi peristiwa serangan penyakit karat tumor pada sengon ini merupakan epidemi yang timbul secara tiba-tiba, perkembangannya sangat cepat, menyebar secara luas, serta menimbulkan serangan berat sehingga di luar kendali.

Keterkaitan faktor lingkungan dengan perkembangan suatu hama dan penyakit tanaman sangat jelas, mengingat tanaman tumbuh pada suatu media tumbuh, pada suatu ruang atau wilayah yang membutuhkan cahaya, kelembaban dan udara, serta berhubungan erat dengan keberadaan organisme lain. Rahayu (2007 dan 2008) menyatakan penyakit karat tumor berkembang intensif di daerah berkabut (kelembaban tinggi), adanya kabut di musim kemarau maupun musim penghujan, berpotensi meningkatkan terjadinya penyakit karat tumor baik di persemaian maupun di lapangan. Tanaman sengon yang tumbuh di

tempat tinggi seperti di lereng bukit maupun gunung, berpeluang mendapatkan serangan karat tumor lebih besar dibanding tanaman sengon yang tumbuh di tempat rendah dan rata. Pada dasarnya, ketinggian tempat bukanlah faktor utama yang dapat meningkatkan resiko terjadinya serangan jamur karat ini. Namun kondisi lingkungan seperti kelembaban yang tinggi, angin yang perlahan serta adanya kabut, umumnya terdapat di lokasi yang relatif tinggi. Pendapat Rahayu tersebut di atas diperkuat lagi bahwa perkembangan suatu penyakit tanaman hutan secara umum mempunyai hubungan yang sangat erat dengan faktor lingkungan seperti lamanya periode sinar matahari, kecepatan angin, arah angin, kelembaban relatif, curah hujan, temperatur, keradaan kabut, intensitas naungan, serta kondisi dan jenis tanaman disekitarnya. Selanjutnya Rahayu juga mengatakan dari hasil penelitian dan monitoring selama 7 tahun di Pulau Jawa dan Sabah Malaysia, bahwa faktor lingkungan yang paling dominan berpengaruh terhadap perkembangan penyakit karat tumor adalah intensitas kabut, kelembaban relatif, dan kecepatan angin (Rahayu, 2014). Rahayu *et al.*, 2010, penularan penyakit dapat terjadi melalui penyebaran teliospora dengan bantuan air (embun), angin, serangga dan manusia. Untuk perkecambahan teliospora diperlukan air, dan lamanya waktu berkecambah sangat tergantung pada suhu dan kondisi berkabut/gelap akan mempercepat perkecambahan teliospora. Fungi karat masih bisa tetap hidup di musim kemarau/kering pada bagian tanaman yang terserang. Pada waktu mulai musim hujan, serangan akan bertambah dan terus tersebar selama musim hujan. Menurut Nurhayati (2011), kelembaban mempengaruhi perkembangan penyakit, infeksi atau penetrasi, germinasi spora dan penyebaran spora. Sumber kelembaban ini berasal dari hujan, irigasi dan juga kelembaban relatif udara (RH). Kelembaban sangat berpengaruh terhadap perkembangan penyakit, karena patogen umumnya memerlukan adanya lapisan air atau kelembaban tertentu untuk dapat melakukan infeksi atau penetrasi pada inangnya. Cuaca

berkabut dan lembab pada malam hari, yang diikuti oleh sinar matahari yang cerah di pagi hari dapat menstimulasi pembentukan konidia dalam jumlah besar pada daun yang terinfeksi fungi ataupun patogen lainnya, dan dapat memicu terjadinya epidemi.

KESIMPULAN

Persentase dan intensitas serangan hama boktor pada sengon rata-rata sebesar 56,66% (katagori berat), sedangkan persentase dan intensitas serangan penyakit karat tumor sebesar 100%. Penilaian luas serangan hama dan penyakit ditentukan untuk mengetahui seberapa luas hama boktor dan penyakit karat tumor menyerang suatu tegakan dalam satu ekosistem. Semakin luas serangan penyakit, cenderung memiliki tingkat keparahan yang tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Puslitbang Hutan yang telah mendanai penelitian dengan anggaran DIPA tahun 2016. Juga kepada teknisi kami di laboratorium hama penyakit kelti Perlindungan Hutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2014) (a). *Teknik pengendalian penyakit karat puru pada pohon sengon*. Diperoleh dari bp2sdmk.dephut.go.id/25.teknik.pengendalian.penyakit.karat.puru.pada.pohon.sengon. diakses tanggal 26 febuari 2018.
- Anonim. (2014) (b). *Penyakit karat puru uromycladum teperrianum pada sengon*. Diperoleh dari <https://harjoshrian.blogspot.com/2014/12/penyakit-karat-puru-uromycladum.html>. diakses tanggal 26 Febuari 2018.
- Anonim. (2013). *Pengendalian penyakit karat puru pada tanaman sengon*.

- Diperoleh dari bppk candimuylo.blogspot.com/2013/04/pengendalian.penyakit.karat.puru.pada.sengon. Diakses tanggal 26 Febuari 2018.
- Anggraeni, I. (2008) (a). *Penyakit karat tumor (gall rust) pada tanaman sengon (Paraserianthes falcataria) di RPH Pandantoyo, BKPH Pare, KPH Kediri*. Workshop Serangan Karat Tumor pada Sengon. Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan. Yogyakarta 19 November 2008.
- Anggraeni, I. (2008). *Penyakit karat puru pada sengon (Paraserianthes falcataria) dan teknik pengendaliannya*. Booklet. Pusat Litbang Hutan Tanaman. Bogor.
- Anggraeni, I., B. Dendang dan N. E. Lelana. (2010). Pengendalian penyakit karat tumor (*Uromycladium tepperianum* (Sacc.) Mc. Alpin) pada sengon (*Falcataria mollucana* (Miq.) Barneby & J.W. Grimes) di Panjalu Kabupaten Ciamis Jawa Barat, *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 7 (5), 273-278.
- Anggraeni dan Lelana. (2011). *Penyakit karat tumor pada sengon*. Badan Penelitian Dan Pengembangan Kehutanan. Jakarta.
- Duladi. (2012). *Cara cerdas mengendalikan hama dan penyakit pada sengon*. Kampus IPB Taman Kencana Bogor : PT. Penerbit IPB Press.
- Husaeni, E. (2010). *Xystrocera festiva* Thoms (Cerambycidae: Coleoptera). Biologi dan Pengendaliannya Pada Hutan Tanaman sengon. Bogor : IPB.
- Husaeni., E. (2001). Hama Hutan Tanaman. Fakultas Kehutanan. IPB.
- Krisnawati, H., E. Varis, M. Kallio, and M. Kanninen. (2011). *Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen: Ecology, Silviculture, Productivity. Center for International Forestry Research.
- Siregar, Z.S., Yunanto, T., dan Ratnasari, J. (2009). *Kayu sengon, prospek bisnis, budidaya, panen dan pascapanen*. 84 pp. Jakarta. Penebar Swadaya.
- Meliala, C. (2009). *Pengantar Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Nasution, Ahmad Sanusi., (2008). *Mengenal Kayu Sengon*. Diperoleh dari <http://Sanoesi.Wordpress.com/2008/12>.
- Rahayu, S. (2007). *Karat Tumor Disease Of Falcataria moluccana on Tawau, Sabah, Malaysia* (PhD. Thesis). Universitas Putra Malaysia, Malaysia.
- Rahayu, S. (2008). *Penyakit karat tumor pada sengon (Falcataria moluccana Miq)*. Dalam. Makalah Workshop Serangan Karat Tumor pada Sengon. Yogyakarta 19 Nopember 2008. Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan.
- Rahayu, S., Lee,S.S., Nor Aini. (2010). *Gall Rust Disease On Falcataria moluccana(Miq)*. Barneby & J.W. Grimes in Malaysia And Indonesia. Hand Book. UPM Press, Serdang, Selangor, Malaysia (in Press). Dalam Workshop Industri Kehutanan Berbasis Hutan Rakyat.
- Rahayu, S. (2014). *Strategi Pengelolaan Penyakit Tanaman Hutan di Indonesia. Penyakit Karat Tumor Pada Tanaman Sengon (Falcataria moluccana)*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Sinaga, M. (2006). *Dasar-dasar Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Jakarta : Penebar Swadaya.

BIJI BUAH BISBUL (*Diospyros blancoi*) SEBAGAI BIOSORBEN Cr(III)

Nina Ariesta*, Rifansyah, Dian Arrisujaya dan Mamay Maslahat
Program Studi Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Nusa Bangsa Bogor
Jl. KH. Sholeh Iskandar Km.4 Tanah Sareal Bogor, 16166
*e-mail: ariestanina14@gmail.com

ABSTRACT

*Velvet Apple Fruit Seeds (*Diospyros blancoi*) as Biosorbent of Cr(III)*

*Velvet Apple Fruit (*Diospyros blancoi*) has not been explored more in Indonesia. The purpose of research was to explore the use of Velvet Apple Fruit seeds as adsorbent of Cr(III) in waste. Biosorbent of velvet apple fruit seeds in removing Cr (III) metal ions has been investigated using batch method. Several parameters were used to determine absorption optimum conditions such as solution pH, contact time and biosorbent dosage. Langmuir, Freundlich and Temkin isotherm models were used in determining biosorption equilibrium. FTIR and SEM-EDX were used to characterize the velvet apple fruit seeds biosorbent. The equilibrium adsorption isotherms showed the velvet apple fruit seeds biosorbent had a maximum adsorption capacity of 5.592 mg/g. The adsorption efficiency of Cr (III) ion by velvet apple fruit seeds was 81.78%. The results showed that velvet apple fruit seeds potentially as an alternative low-cost biosorbent for removing heavy metal ions in solution.*

Keywords: *biosorption, heavy metals, alternative biosorbent, waste water treatment*

ABSTRAK

Buah bisbul di Indonesia belum tereksplor dengan baik potensinya. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui potensi biji buah Bisbul sebagai adsorben logam Cr(III) pada limbah. Biosorben biji buah bisbul (*Diospyros blancoi*) dalam menyerap ion logam Cr(III) telah diteliti dengan menggunakan metode batch. Beberapa parameter digunakan untuk menentukan kondisi optimum penyerapan seperti pH larutan, waktu kontak dan dosis biosorben. Model isoterm Langmuir, Freundlich dan Temkin dipakai dalam menentukan kesetimbangan biosorpsi. FTIR dan SEM-EDX digunakan dalam mengkarakterisasi biosorben biji buah bisbul. Isoterm adsorpsi kesetimbangan menunjukkan biosorben biji buah bisbul mempunyai kapasitas adsorpsi maksimum 5,592 mg/g. Efisiensi penyerapan ion Cr(III) oleh biji buah bisbul mencapai 81,78%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biji buah bisbul berpotensi sebagai alternatif biosorben murah dalam menghilangkan ion logam berat dalam larutan.

Kata kunci: biosorpsi, logam berat, alternatif biosorben, pengolahan air limbah

PENDAHULUAN

Limbah yang mengandung logam berat memiliki dampak yang berbahaya bagi kehidupan manusia. Logam berat yang sering terkandung dalam limbah salah satunya adalah logam Cr (Krom). Logam kromium murni tidak ditemukan di alam. Logam ini ditemukan dalam bentuk senyawa padat atau mineral dengan unsur-unsur lain. Krom tahan korosi sehingga digunakan sebagai pelapis elektrolit. Senyawa krom seperti kromat dan dikromat banyak digunakan oleh industri tekstil, pencelupan, fotografi dan zat warna (Palar, 1994). Baku mutu limbah tekstil untuk logam krom total adalah 1 mg/L menurut PP menteri Lingkungan Hidup tahun 2010. Logam krom memiliki dua bilangan oksidasi, yaitu Cr(III)

dan Cr(VI). Logam Cr(VI) dapat meracuni tubuh dan menyebabkan kematian pada konsentrasi 4,1 mg/kg berat tubuh manusia, sedangkan logam Cr(III) tidak memiliki pengaruh yang berbahaya bagi tubuh (Guertin, 2014).

Salah satu metode untuk mengurangi kadar logam Krom dalam limbah adalah adsorpsi dengan menggunakan adsorben. Adsorpsi ini banyak terjadi pada adsorben dari karbon teraktivasi, seperti karbon teraktivasi dari kulit padi dapat digunakan untuk adsorben pada bahan bakar (Cheenmatchaya & Kungwankunakon, 2014), karbon teraktivasi dari enceng gondok untuk adsorpsi zat warna (Kanawade & Gaikwad, 2011), dan karbon teraktivasi dari batang tumbuhan sengkatén (Shendkar et al, 2013). Adsorben

dari kulit telur untuk menyerap pewarna tekstil (*malachite green*) (Podstawczyk, Witek-Krowiak, Chojnacka, & Sadowski, 2014).

Beberapa tahun terakhir ini telah dikembangkan material penyerap logam berat berbasis biomaterial antara lain hasil buangan pertanian seperti daun jagung (Babarinde, Babalola, & Sanni 2007), biomassa seperti alga (Beolchini *et al.*, 2005; Jafari *et al.*, 2012 dan Yalcin, Sezer & Apak, 2012), ragi, bakteri (Vieira dan Volesky, 2000; Nagase *et al.*, 2005; Ranjan, Srivastava, Talat, Hasan, 2009), lumut (Acar, Ozvatan, & Ilim, 2005), jamur (Preetha dan Virutaghiri, 2005), asam alginat, selulosa, chitosan (Prakash, Sudha, & Renganathan., 2011), tin (Gupta, Pathania, Agarwal, & Sharma., 2012), Sukun (Linda, Lim, Priyantha, Tennakoon, & Dahri, 2012), kembang sepatu (Vankar, Sarswat & Sahu, 2011) serta kulit manggis (Zein, Suhaili, Earnestly, Indrawati, & Munaf, 2010) dan yang berbasis geomaterial seperti tanah liat dan perlit (Dyer, Tangkawanit, & Rangsriwatananon, 2004; dan Prakash, Latha, Sudha, & Renganathan, 2012). Material-material ini terdapat dalam jumlah yang banyak dan murah.

Kandungan gugus karboksil ($-COO^-$), amino ($-NH_2$), dan hidroksil ($-OH$) membuat bahan alam dapat dimanfaatkan sebagai adsorben (Edokpayi, 2015). Penyerapan ion Cr(VI) oleh adsorben dari rumput laut (*Fucus vesiculosus*) dibuktikan dengan analisis FT-IR terdapat gugus hidroksil ($-OH$) dan gugus amino yang berkurang setelah adsorpsi yang menyebabkan ion Cr(VI) terikat pada permukaan adsorben (Cobas, Saronman, & Pazos, 2014). Salah satu pemanfaatan limbah biomassa dijadikan sebagai adsorben adalah adsorben dari cangkang Arenga pinnata merr untuk logam Cr(III) dan Cr(VI) (Zein, Arrisujaya, Hidayat, Elfia, Nazarudin, & Munaf., 2014), Adsorben dari limbah sekam dan jerami padi (Naiya, Singha, & Das, 2011; Singha, Naiya, Bhattacharya, & Das, 2011; Kumar, Arya, Singh, & Vats, 2017), akar eceng gondok (Singha *et al.*, 2011); tempurung kelapa (Singha *et al.*, 2011), kulit kayu pohon mangga, batu bata, batu kapur, bubuk biji

pepaya dan Alga (Gandhi, Sirisha, & Sekhar, 2013) dapat dimanfaatkan untuk mengurangi cemaran ion logam Cr(VI), adsorben dari biji alpukat untuk logam Cu(II), Pb(II) dan Cd(II) (Wanja, Murungi, Wanjau & Hassanali, 2015).

Buah Bisbul (*Diospyros blancoi*) merupakan buah lokal yang berkembang di wilayah Bogor. Nama lain buah bisbul adalah buah mentega atau buah mabolo. Tanaman bisbul bebuah sepanjang tahun, jarak antara bunga dan buah selama empat bulan. Pada umumnya, buah tersebut banyak dimanfaatkan untuk dimakan dengan mengambil daging buahnya. Daging buah bisbul diekstrak untuk diambil zat aktifnya, dimanfaatkan sebagai zat antioksidan dan zat antidiare (Howlader, Rahman, Khalipa, Ahmed, & Rahman, 2012), analgesik (Akter, Majunder, Karim, Ferdous, & Sikder, 2015a), dan antiinflamasi (Ragasa, 2009). Pengamatan awal buah bisbul memiliki biji dalam satu buahnya terdapat 3-8 biji dengan ukuran sekitar 3-5 cm. Penelitian tentang pemanfaatan biji buah bisbul masih sedikit. Pemanfaatan yang telah dilakukan adalah sebagai zat antimikroba (Akter & Sarker, 2015b). Pada umumnya, setiap biji tersusun atas kandungan lignin dan selulosa. Hal tersebut menyebabkan biji buah bisbul berpotensi dimanfaatkan sebagai adsorben. Pemanfaatan biji buah bisbul perlu dilakukan aktivasi untuk meningkatkan potensinya sebagai adsorben. Potensi tersebut dapat ditentukan dari kapasitas penyerapannya. Model interaksi adsorpsi Cr(III) juga perlu diteliti untuk mengetahui prosesnya. Sehingga, perlu dilakukan penelitian tentang potensi adsorben dari biji buah bisbul untuk mengadsorpsi ion logam Cr(III).

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, Biji Buah Bisbul / *Diospyros blancoi* (diambil di daerah pasar Bogor, Bogor, Jawa Barat), $Cr(NO_3)_3$ (Merck), $K_2Cr_2O_7$ (Merck), HNO_3 65% (Merck), NaOH (Merck), etanol, kertas saring dan akuades. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi

peralatan sederhana dan instrumen. Peralatan sederhana yang digunakan yaitu seperangkat alat gelas, botol semprot, *grinder*, neraca digital, oven, dan *magnetic stirrer*.

Metode

Preparasi Biji Buah Bisbul

Biji Buah Bisbul yang diambil di Pasar Bogor dibersihkan dari kotoran yang menempel, kemudian dicuci dengan air bersih dan dijemur di udara terbuka. Setelah kering kemudian dihaluskan dengan cara ditumbuk dengan alu dan diayak dengan ayakan berdasarkan ukuran partikel yang akan dipakai 100 mesh. Biji Buah Bisbul dengan ukuran tersebut direndam dalam larutan HNO_3 0,1 M selama 2 jam sambil sesekali diaduk. Hasil rendaman disaring kemudian dicuci dengan aquades. Setelah itu direndam dengan etanol selama 2 jam, kemudian dikeringkan kembali.

Karakterisasi Biosorben

Struktur dan interaksi-interaksi pada biosorben dipantau menggunakan spektrometer *Fourier transform infrared* (FTIR). Morfologi permukaan biosorben diamati dengan menggunakan spektrometer *scanning electron microscopy with energy dispersive X-ray* (SEM-EDX). Konsentrasi Krom diukur menggunakan spektrometer serapan atom (SSA).

Metode Batch Adsorpsi

Metode *batch* digunakan dalam menentukan kondisi optimum biosorben dalam menyerap ion Krom dalam larutan yaitu pengaruh pH larutan, waktu kontak, dosis biosorben dan konsentrasi Krom (Zein, 2014). Penyerapan ion logam krom sebanyak 25 mL oleh biosorben biji buah bisbul dilakukan menggunakan alat *magnetic stirrer* dengan kecepatan pengadukan 125 rpm. Setelah proses kesetimbangan, biosorben biji buah bisbul disaring dari larutan menggunakan penyaring Whatman, dan filtratnya dianalisis kadar logamnya.

Efisiensi penyerapan (R%) ion logam krom oleh biosorben biji buah bisbul dihitung menggunakan persamaan (1).

$$R\% = \frac{C_i - C_e}{C_i} \times 100\% \quad (1)$$

Di mana, C_i dan C_e merupakan konsentrasi awal dan konsentrasi saat setimbang dalam mg/L.

Kapasitas penyerapan (Q_e) ion logam di mana jumlah total logam krom yang terserap (mg) per unit massa biosorben (g), ditentukan dengan menggunakan persamaan (2).

$$Q_e = \frac{C_i - C_e}{m} \times V \quad (2)$$

dimana, m adalah massa biosorben dalam gram, dan V merupakan jumlah volume larutan dalam liter.

Isoterm Adsorpsi

Kajian isoterm adsorpsi dilakukan untuk menggambarkan penyerapan ion logam oleh biosorben. Tiga model isoterm yang dikaji adalah persamaan isoterm Langmuir, Freundlich, dan Temkin. Persamaan isoterm linier dijabarkan sebagai berikut:

Langmuir:

$$\frac{1}{Q_e} = \left\{ \frac{1}{K_L Q_m} \right\} \frac{1}{C_e} + \frac{1}{Q_m} \quad (3)$$

Freundlich:

$$\log Q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e \quad (4)$$

Temkin:

$$Q_e = A + B \ln C_e \quad (5)$$

Dimana, C_e merupakan konsentrasi Cr pada saat kesetimbangan (mgL⁻¹), Q_e adalah milligram ion logam terserap per gram biosorben (mg g⁻¹); dan K_L dan Q_m merupakan konstanta Langmuir yang masing-masing adalah konstanta kesetimbangan dan kapasitas serapan maksimum. K_f dan $1/n$ merupakan konstanta Freundlich sedangkan A dan B merupakan konstanta Temkin.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Biosorben Biji Buah Bisbul

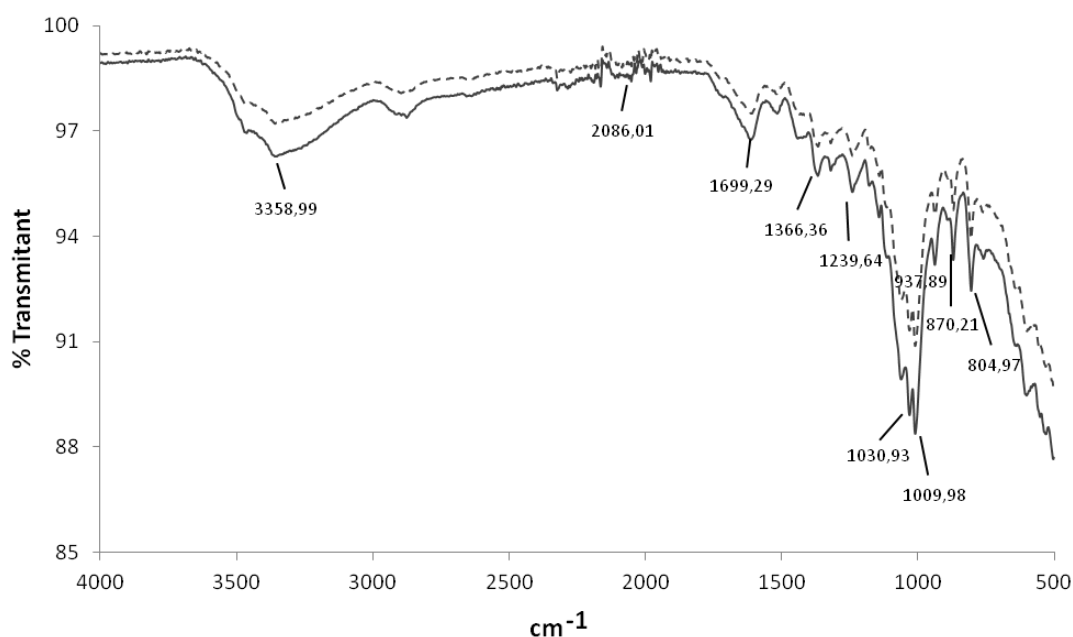
FTIR

Rendemen adsorben yang dihasilkan dari proses aktivasi dengan asam nitrat 0,1M adalah 63%. Adsorben teraktivasi selanjutnya diuji dengan spektrofotometer FTIR. Hasil interpretasi terhadap spektrum

inframerah biji buah bisbul sebelum dan sesudah penyerapan terdapat puncak serapan 3550-3300 cm^{-1} yang menunjukkan adanya gugus hidroksil. Pada daerah 3300-3000 cm^{-1} terdapat penyerapan yang menunjukkan adanya regangan C-H aromatic, didukung dengan adanya serapan pada daerah 1650-1500 cm^{-1} yang merupakan spektrum pendukung identifikasi senyawa aromatik, puncak serapan juga ditunjukkan pada daerah 850-650 cm^{-1} yang merupakan regangan Ar-H. Terdapat pula serapan pada 1800-1650 cm^{-1} yang menandakan keberadaan karbonil aldehida atau keton. Gugus O-H yang diperoleh dapat diidentifikasi sebagai senyawa polisakarida seperti selulosa yaitu 1170-1150 cm^{-1} , 1050 cm^{-1} dan 1030 cm^{-1} . Terdapat senyawa aromatik yang kemungkinan besar

menunjukkan adanya senyawa lignin karena terdapat puncak serapan pendukung yang khas dari lignin yaitu 1590 cm^{-1} dan 1510 cm^{-1} (Stuart, 2004).

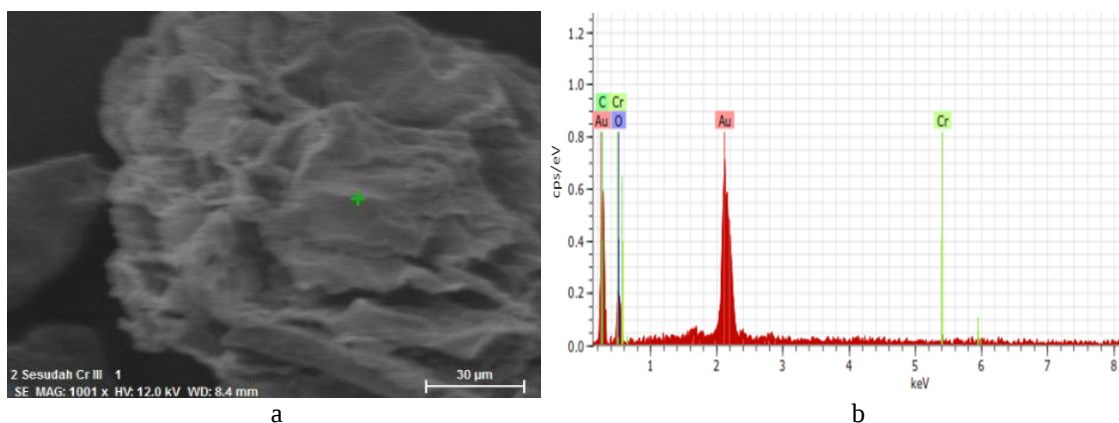
Perubahan dalam intensitas dan pergeseran puncak-puncak bisa diamati dari spektrum FTIR setelah terjadinya penyerapan oleh biosorben biji buah bisbul ditunjukkan pada Gambar 2. Peningkatan intensitas di semua puncak menunjukkan keterlibatan gugus O-H, C-H dan C-O dalam proses adsorpsi (Andrade, Rollemberg, & Nobrega, 2005). Dari hasil yang ditunjukkan pada Gambar 2, jelas bahwa gugus fungsi ini memperoleh muatan positif ketika terprotonasi dan dapat berinteraksi dengan kompleks logam bermuatan negatif. Pergeseran ini juga terlihat sama dengan hasil yang dilaporkan Zein *et al.*, (2014)



Gambar 2. Spektrum FTIR dari Biji Buah Bisbul Sebelum (—) dan Setelah (- - -) Penyerapan Ion Logam Cr(III)

Tabel 1. Kandungan Unsur-unsur Adsorben Biji Buah Bisbul

Unsur	Biji bisbul sebelum diaktivasi		Biji bisbul setelah diaktivasi	
	wt. %	at. %	wt. %	at. %
C	75,12	80,09	74,09	80,03
O	24,88	19,90	24,05	19,51
Cr	-	-	1,8	0,04



Gambar 3. (a) FE-SEM dari Biji Buah Bisbul Setelah Menyerap Ion Logam Cr(III) pada Perbesaran 1000× dan (b) Spektrum EDX pada posisi (+)

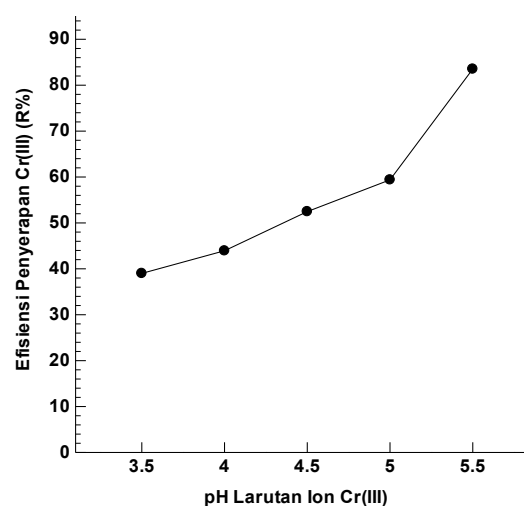
SEM-EDX

Biosorben yang telah diaktivasi dengan asam nitrat memiliki permukaan yang berpori berdasarkan hasil pengujian dengan SEM perbesaran 1000x seperti pada Gambar 3a. Pori-pori yang dihasilkan berukuran beragam. Banyaknya pori-pori yang dihasilkan ini menandakan bahwa proses aktivasi yang dilakukan adalah efektif, karena mampu membentuk pori. Puncak-puncak pada grafik memperlihatkan unsur-unsur yang ada pada adsorben yaitu adanya unsur Cr yang terserap pada adsorben setelah dilakukan kontak dengan larutan Cr(VI). Tidak hanya Cr, atom lain seperti C dan Oksigen juga terdapat pada adsorben.

Pengaruh pH

Pengaruh pH dalam penyerapan ion logam Cr(III) ditunjukkan pada Gambar 4. Nilai pH 5,5 merupakan nilai efisiensi penyerapan maksimum oleh biosorben biji buah bisbul sebesar 83,52%. Efisiensi penyerapan Cr(III) meningkat dengan meningkatnya pH dalam kisaran 3,5 sampai 5,5. Ketika pH awal disesuaikan lebih tinggi dari 5,5, ion Cr (III) mengendap yang disebabkan oleh konsentrasi anion hidroksil yang lebih tinggi dalam larutan. Wittek-Krowiak, *et al.*, (2011) juga melaporkan bahwa serapan logam meningkat dengan meningkatnya pH larutan. Ketika pH menurun, konsentrasi proton meningkat dan terjadi persaingan dalam mengikat permukaan biosorben oleh ion H⁺ dan ion

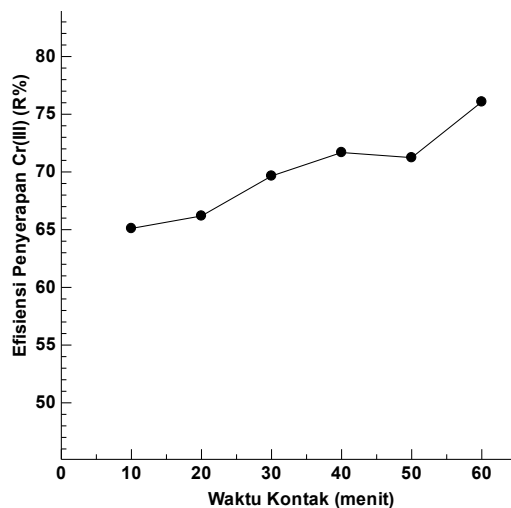
logam. Sisi aktif terprotonasi tidak mampu mengikat ion logam pengikat, yang menyebabkan ion bebas tersisa dalam larutan.



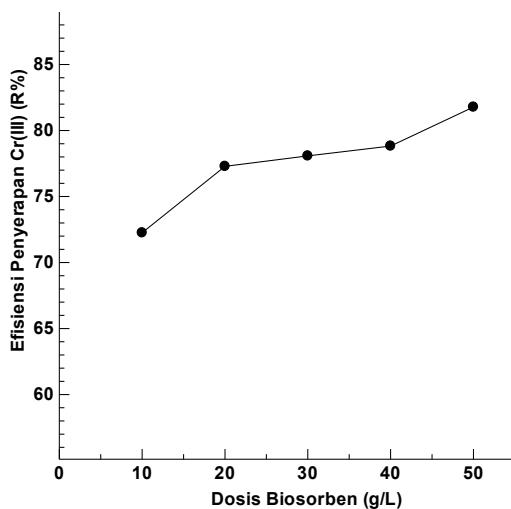
Gambar 4. Pengaruh pH larutan Ion Cr (III) terhadap efisiensi Penyerapan Cr(III)

Pengaruh Waktu Kontak

Penentuan waktu kontak optimum dibutuhkan biosorben dengan ion logam untuk berinteraksi. Pengaruh waktu kontak terhadap efisiensi penyerapan ditunjukkan pada Gambar 5. Efisiensi penyerapan ion logam Cr(III) meningkat dengan semakin lama waktu kontak dengan biosorben. Hasilnya menunjukkan bahwa jumlah ion logam Cr(III) yang teradsorpsi maksimum dicapai dalam 60 menit sebesar 76,07%. Waktu kontak dipertahankan selama 60 menit untuk memastikan bahwa kesetimbangan sepenuhnya tercapai (Rezaei, 2016).



Gambar 5. Pengaruh Waktu Kontak terhadap Efisiensi Penyerapan Ion Logam Cr(III)



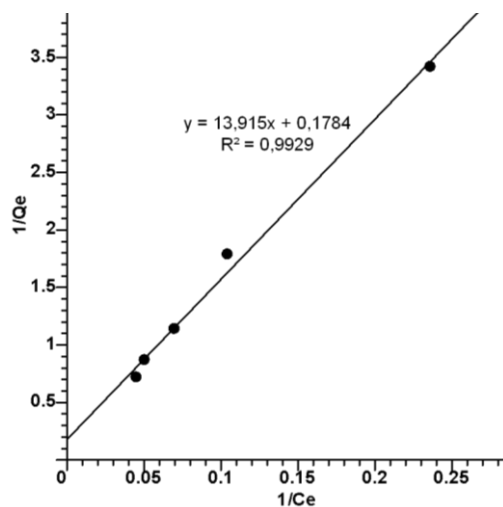
Gambar 6. Pengaruh Dosis Biosorben terhadap Efisiensi Penyerapan Cr(III)

Pengaruh Dosis Biosorben

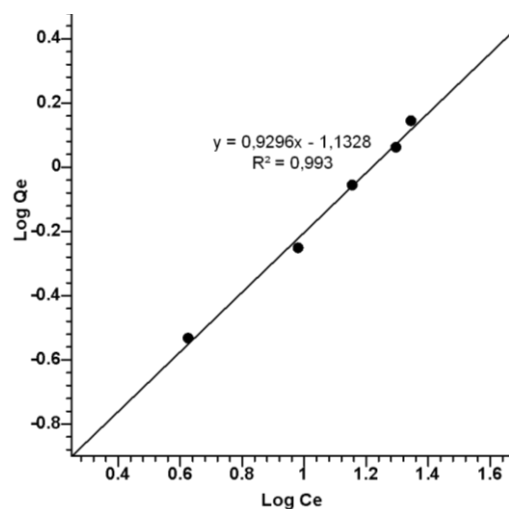
Jumlah sisi aktif yang tersedia untuk biosorpsi tergantung pada jumlah biosorbennya (Witek-Krowiak, *et al.*, 2011). Dengan bertambahnya jumlah dosis biosorben yang digunakan maka semakin tinggi penyerapan ion logam Cr(III) yang dapat dilihat pada Gambar 6. Penyerapan ion logam Cr(III) mencapai 81,78% pada jumlah dosis biosorben 50 g/L. Dosis biosorben yang dinaikkan menyebabkan bertambahnya area permukaan dan jumlah sisi pengikatan pada biosorben.

Isoterm Biosorpsi

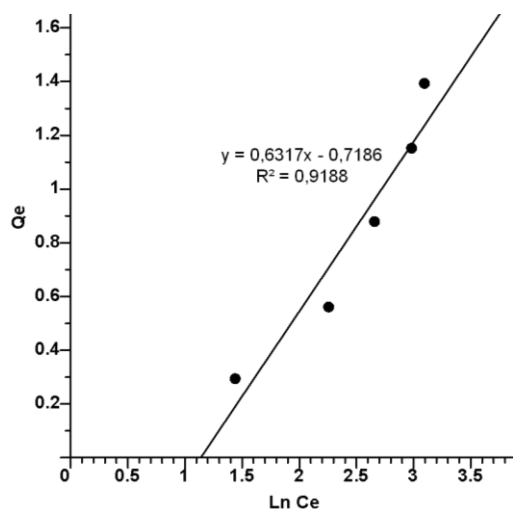
Isoterm biosorpsi menggambarkan hubungan antara massa ion logam Cr(III) teradsorpsi per massa biosorben dan konsentrasi ion logam Cr(III) dalam larutan. Isoterm biosorpsi dikarakterisasi menggunakan tiga model isoterm yang telah dipilih, yaitu model Langmuir (Gambar 7.), Freundlich (Gambar 8.) dan Temkin (Gambar 9.). Data percobaan perbandingan antara tiga model isoterm yang menggambarkan kesetimbangan biosorpsi tersaji pada Tabel 1.



Gambar 7. Isoterm Biosorpsi Langmuir (pH 5,5 dan dosis biosorben 50 g/L)



Gambar 8. Isoterm Biosorpsi Freundlich (pH 5,5 dan dosis biosorben 50 g/L)



Gambar 9. Isoterm Biosorpsi Temkin (pH 5,5 dan dosis biosorben 50 g/L)

Model isoterm Langmuir dan Freundlich mempunyai nilai koefisien korelasi yang tinggi mencapai 0,99. Sedangkan model isoterm Temkin, nilai koefisien korelasinya adalah 0,91. Model isoterm Langmuir dan Freundlich sangat cocok untuk menggambarkan sistem adsorpsi biji buah bisbul dengan menentukan parameter kesetimbangannya.

Nilai kapasitas penyerapan maksimum (Q_m) dan konstanta Langmuir (K_L) dihitung menggunakan regresi linier. Nilai Q_m ion logam Cr(III) sebesar 5,5928 mg/g, dan nilai K_L 0,0128 L/mg. Konstanta Freundlich (K_f) mempunyai nilai 0,3221 L/mg dengan nilai n diantara 0 – 10, menunjukkan adsorpsi yang relatif kuat dari ion-ion logam Cr(III) ke permukaan biji buah bisbul.

KESIMPULAN

Biji buah bisbul merupakan biosorben potensial yang ramah lingkungan untuk menyerap logam berat. Efisiensi penyerapan biji buah bisbul diperiksa dalam menyerap ion logam Cr(III) dalam larutan. Beberapa parameter seperti, pH larutan, waktu kontak dan dosis biosorben mempengaruhi hasil biosorpsi.

Tiga model isoterm adsorpsi digunakan untuk menggambarkan kesetimbangan biosorpsi ion logam Cr(III) ke permukaan biji buah bisbul. Penelitian ini menunjukkan kondisi optimum penyerapan pada pH 5,5, waktu kontak 1 jam, dan dosis biosorben 50 g/L. Kapasitas penyerapan maksimum didapat dengan menggunakan model isoterm Langmuir yaitu 5,5928 mg/g. Efisiensi penyerapan ion logam Cr(III) mencapai 81,78%. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa biji buah bisbul adalah biosorben yang efisien dalam menyerap ion logam Cr(III).

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini didanai dengan program Penelitian Kompetitif Nasional dengan Skim Penelitian Dosen Pemula (PDP) tahun pelaksanaan 2018 sesuai kontrak nomor : 0802/K4/KM/2018 tanggal 12 Februari 2018 oleh Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia.

Tabel 2. Parameter-parameter Model Isoterm dari Ion Logam Cr(III)

Model Isoterm	Parameter	Cr(III)
Langmuir	Q_{max} (mg/g)	5,5928
	K_L (L/mg)	0,0128
	R^2	0,9929
Freundlich	K_f (L/mg)	0,3221
	n	1,0745
	R^2	0,993
Temkin	A	0,7186
	B	0,6317
	R^2	0,9188

DAFTAR PUSTAKA

- Acar, O., Ozvatan, S., & Ilim, M. (2005). Determination of cadmium, copper, iron, manganese, lead and zinc in lichens and botanic samples by electrothermal and flame atomic absorption spectrometry. *Turk J. Chem*, 29, 335-344.
- Akter, S., Majunder, T., Karim, R., Ferdous, Z., & Sikder, M. (2015a). Analgesic Activities of *Geodorum densiflorum*, *Diospyros blancoi*, *Baccaurea ramiflora* and *Trichosanthes dioica*. *Journal of Pharmacochimistry*, 4, 209-2014
- Akter, S., & Sarker, A. (2015b). Antimicrobial activities of seeds of *Diospyros blancoi* and *Baccuarea ramiflora*. *International Journal of Advances in Pharmacy, Biology and Chemistry*, 4, 789-793.
- Andrade, A. D., Rollemberg, M. C. E., & Nobrega, J. A. (2005). Proton and metal binding capacity of the green freshwater alga *Chaetophora elegans*. *Process. Biochem.*, 40 (5), 1931–1936.
- Babarinde, N. A. A., Babalola, J. O., & Sanni, S. O. (2007). Isotherm and Thermodynamic Studies of The Biosorption of Cd(II) from Solution by Maize Leaf. *International Journal of Physical Sciences*, 2(8), 207-211
- Beolchini, F., Pennesi, C., Romagnoli, T., Totti, C., Centofanti, M., Mosca, L., & Veglio, F. (2005). Lead biosorption by marine macrophytes : effect of macrophyte structure and pH on the process. *Chemical Engineering Transaction*, 6, 885-890.
- Cheenmatchaya, A., & Kungwankunakon, S. (2014). Preparation of Activated Carbon Derived from Rice Husk by Simple Carbonization and Chemical Activation for Using as Gasoline Adsorbent. *International Journal of Environmental Science and Development*, 5, 171-175.
- Cobas, M., Saronman, M. A., & Pazos, M. (2014). Box-Behnken methodology for Cr(VI) and Leather dyes removal by an eco-friendly biosobent: *F. vesiculosus*. *Bioresource Technology*, 1-9.
- Dyer, A., Tangkawanit, S., & Rangsriwatananon, K. (2004). Exchange diffusion of Cu^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} and Zn^{2+} into analcime synthesized from perlite. *Microporous and Mesoporous Materials*, 75, 273–279.
- Gandhi, N., Sirisha, D., & Sekhar, K. B. C. (2013). Adsorption Studies of Chromium y Using Low Cost Adsorbent. *Our Nature*, 11, 11-16.
- Gupta, V. K., Pathania, D., Agarwal, S., & Sharma, S. (2012). Removal of Cr(VI) onto *Ficus carica* biosorben from water. *Environ Sci Pollut Res*. 20(4), 2632-2644.
- Howlader, M. S. I., Rahman, M. M., Khalipa, A. B. R., Ahmed, F., & Rahman, M. M. (2012). Antioxidant and Antidiarrheal Potentiality of *Diospyros blancoi*. *International Journal of Pharmacology*, 5, 403-409.
- Kanawade, S. M., & Gaikwad, R. W. (2011). Removal of Methylene Blue from Effluent by Using Activated Carbon and Water Hyacinth as Adsorbent. *International Journal of Chemical Engineering and Application*, 2, 317-319.
- Kumar, R., Arya, D. K., Singh, N., & Vats, H. K. (2017). Removal Cr(VI) Using Low Cost Activated Carbon Developed By Agricultural Waaste. *Journal of Applied Chemistry*, 10, 76-79.
- Linda, B., Lim, L., Priyantha, N., Tennakoon, D. T. B., & Dahri, M. K. (2012). Biosorption of cadmium(II) and copper(II) ions from aqueous solution

- by core of *Artocarpus odoratissimus*. *Environ Sci Pollut Res.* 19, 3250–3256.
- Nagase, H., Inthorn, D., Oda, A., Nishimura, J., Kajiwar, Y., Park, M., Hirat, K., & Miyamoto, K. (2005). Improvement of selective removal of heavy metals in cyanobacteria by NaOH treatment., *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 99(4): 372-377.
- Naiya, T. K., Singha, B., & Das, S. K. (2011). FTIR Study for the Cr(VI) Removal from Aqueous Solution Using Rice Waste. *International Conference on Chemistry and Chemical Process*, 10, 114-119
- Palar, H. (1994). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Podstawczyk, D., Witek-Krowiak, A., Chojnacka, K., & Sadowski, Z. (2014). Biosorption of Malachite Green by eggshells: mechanism Identification and Process Optimization. *Biorsource Technology*. 160, 161-165.
- Prakash, N., Sudha, P. N., & Renganathan, N. G.. (2011). Copper and cadmium removal from synthetic industrial wastewater using chitosan and nylon 6. *Environ Sci Pollut Res.* 19, 2930-2941.
- Prakash, N., Latha, S., Sudha, P. N., & Renganathan, N. G. (2012). Influence of clay on the adsorption of heavy metals like copper and cadmium on chitosan. *Environ Sci Pollut Res.* 20(2): 925-938.
- Preetha, B., & Virutaghiri, T. (2005). Biosorption of zinc (II) by *Rhizopus arrhizus*: equilibrium and kinetic modelling, *African Journal of Biotechnology*. 4 (6): 506-508.
- Ranjan, D., P. Srivastava, M. Talat, S. H. Hasan. (2009). Biosorption of Cr(VI) from Water Using Biomass of *Aeromonas hydrophila*: Central Composite Design for Optimization of Process Variables. *Appl Biochem Biotechnol.* 158, 524–539.
- Rezaei, H. (2016). Biosorption of chromium by using *Spirulina* sp. *Arabian Journal of Chemistry*. 9, 846–853.
- Shendkar, C. D., Torane, R. C., Mundhe, K. S., Lavate, S. M., Pawar, A. B., & Deshpande, N. R. (2013). Characterization and Application of Activated Carbon Prepared From Fom Waste Weed. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. 5, 527-529.
- Singha, B, Naiya, T. K., Bhattacharya, A. K., & Das, S. K. (2011). Cr(VI) Ions Removal from Aqueous Solution using Natural Adsorbents-FTIR Studies. *Journal of Environmental Protection*. 2, 729-735
- Stuart, B. (2004). *Infrared Spectroscopy Fundamentals and Applications*. John Wiley & Sons, Ltd. New York.
- Vankar, P. S., Sarswat, R., & Sahu, R. (2012). Biosorption of Zinc Ions from Aqueous Solutions onto Natural Dye Waste of *Hibiscus rosa sinensis*: Thermodynamic and Kinetic Studies. *Environmental Progress & Sustainable Energy*. 31 (1), 89-99.
- Vieira, H.S.F.R., & Volesky, B. (2000). Biosorption: a solution to pollution?. *Internatl. Microbiol.* 3, 17-24.
- Witek-Krowiak, A., Szafran, R. G., & Modelski, S. (2011). Biosorption of heavy metals from aqueous solutions onto peanut shell as a low-cost biosorbent. *Desalination*. 265, 126-134
- Wanja, N. E., Murungi, J., Wanjau, R., & Hassanali, A. (2015). Application of Chemically modified avocado seed for removal of Copper (II), Lead(II), and Cadmium (II) ions from aqueous solutions. *International Journal of Research in Engineering and Applied Science (IJREAS)*. 6, 1-15

- Yalcin, S., Sezer, S., & Apak, R. (2012). Characterization and lead(II), cadmium(II), nikel(II) biosorption of dried marine brown macro algae *Cytoseria barbata*. *Environ Sci Pollut Res.* 19, 3118-3125.
- Zein, R., Suhaili, R., Earnestly, F., Indrawati, & Munaf, E. (2010). Removal of Pb(II), Cd(II) and from aqueous solution using *Garcinia mangostana* L. fruit shell. *Journal of Hazardous Materials.* 181, 52-56.
- Zein, R., Arrisujaya, D., Hidayat, Elfia, M., Nazarudin, N., & Munaf, E. (2014). Sugar Palm *Arenga pinnata* Merr (Magnolophyta) fruit shell as biomaterial to remove Cr(III), Cr(VI), Cd(II) and Zn(II) from aqueous solution. *Journal of Water Supply.* 63, 553-559.

OPTIMASI SUHU PENGERINGAN DENGAN MENGGUNAKAN OVEN TERHADAP MUTU LADA HITAM DAN LADA PUTIH BUBUK

RTM Sutamihardja¹⁾, Nia Yuliani²⁾, Oktavio Rosani^{1)*}

¹⁾Progam Studi Kimia FMIPA Universitas Nusa Bangsa Bogor

²⁾Progam Studi Biologi FMIPA Universitas Nusa Bangsa Bogor

Jl. KH Sholeh Iskandar KM 4 Cimanggu Tanah Sereal, Bogor 16166

*email : oktavio.rosani91@gmail.com

ABSTRACT

Optimization of Drying Temperature Using Oven on Quality of Black Pepper and White Pepper Powder

Pepper (Piper Nigrum L) is an Indonesian spice plant widely used for export and import activity. The post-harvest process of pepper affected the quality, especially on drying process. One of secondary metabolite compound is piperin. Piperin is an active substance of alkaloid group giving a distinctive spicy flavor to the pepper. Drying process by using the oven could improve the quality of pepper. The results showed that the optimum temperature for white pepper was 85° C for 20 minutes with water content of 10.65%, total mold/yeast was 1×10^4 colony/g, and piperin content of 4.58%. For Black pepper, optimum temperature was at 105° C for 20 minutes with moisture content of 7.84%, total mold/yeast was 1.3×10^4 colony/g and piperin 5.01%.

Keywords : White Pepper, Black Pepper, Piperin Content.

ABSTRAK

Lada (*Piper Nigrum L*) adalah tanaman rempah Indonesia yang banyak digunakan untuk ekspor dan impor. Proses pasca panen lada yang tidak maksimal menyebabkan kualitas menurun. Lada memiliki senyawa metabolit sekunder berupa piperin. Piperin adalah zat aktif golongan alkaloid yang memberikan cita rasa pedas khas pada lada. Pengeringan dengan menggunakan oven mampu meningkatkan mutu lada. Hasil penelitian menunjukkan suhu optimum untuk pengovenan lada putih adalah 85°C selama 20 menit dengan kadar air sebesar 10,65 %, AKK 1×10^4 koloni/ g, dan kadar piperin 4,58 %. Lada hitam efektif pada suhu optimum 105°C selama 20 menit dengan kadar air sebesar 7,84 %, AKK $1,3 \times 10^4$ koloni / g dan kadar piperin 5,01 %.

Kata kunci : Lada Putih, Lada Hitam, Kadar Piperin

PENDAHULUAN

Tanaman lada (*Piper nigrum L*) adalah salah satu tanaman rempah Indonesia. Cita rasa yang khas membuat lada banyak digunakan untuk konsumsi di dalam negeri maupun ekspor. Lada putih Bangka (Mhunto) dan lada hitam Lampung adalah jenis lada yang paling terkenal dari Indonesia. Lada pada umumnya digunakan sebagai bumbu masakan dan bahan baku jamu. Lada memiliki banyak khasiat seperti melancarkan peredaran darah, menurunkan kadar kolesterol, memperbaiki sistem pencernaan, anti oksidan dan anti kanker (Hidayat, Nurhasanah & Usmiati, 2009).

Salah satu proses pengolahan pasca panen lada adalah proses pengeringan. Pengeringan dilakukan setelah proses perendaman biji lada. Pengeringan biji lada yang dilakukan dengan sinar matahari membutuhkan waktu 3 – 10 hari, sehingga kadar air pada biji lada setelah proses pengeringan dengan matahari masih cukup tinggi, sekitar 15-18%. Kadar air yang tinggi sangat rentan terhadap pertumbuhan jamur karena dapat menurunkan dan merusak mutu lada (Mukhlis, 2016).

Kandungan air dan aktivitas air mempengaruhi perkembangan reaksi pembusukan secara kimia dan biologi dalam makanan. Pembusukan biologi dalam makanan diantaranya ditandai oleh

tumbuhnya jamur. Pada rempah, jamur yang tumbuh berupa kapang dan khamir. Pertumbuhan kapang dan khamir dapat menjadi salah satu indikator kerusakan dalam penyimpanan lada (Chandiko, 2017).

Pertumbuhan mikroorganisme yang tinggi dapat dikurangi dengan pengeringan. Pengeringan dengan menggunakan oven termasuk pengeringan buatan (Utomo, Rahayu, & Dhiani, 2009). Menurut Sudarmaji (2003) pengeringan adalah proses pengurangan kandungan air suatu bahan hingga mencapai jumlah tertentu. Tujuan pengeringan adalah mengurangi kadar air pada bahan dan menghambat pertumbuhan mikroba. Menurut Hamdiyanti (2017) pengendalian kapang khamir dapat dilakukan dengan menggunakan pemanasan pada suhu di atas 80°C. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Chandiko (2017), pengeringan dengan menggunakan sangrai pada suhu 65°C dapat mempertahankan kadar piperin lada, tetapi angka kapang khamir pada lada masih tinggi dan melebihi standar yang ditetapkan oleh Badan Pengawasan Obat dan Makanan.

Untuk meningkatkan kualitas lada perlu dilakukan pengeringan dengan menggunakan oven. Selain itu perlu diketahui pula suhu optimal proses pengeringan tersebut. Proses pengeringan dengan oven akan berpengaruh pada kadar air, angka kapang khamir dan kadar piperin. Piperin merupakan senyawa hasil metabolit sekunder golongan alkaloid dari lada yang memberikan rasa hangat dan pedas, sehingga perlu diketahui perubahan kadar piperin lada setelah pengovenan.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan adalah lada hitam Lampung dan lada putih Bangka yang diperoleh dari pemasok di daerah Jabodetabek. Bahan lainnya adalah *Buffer Peptone Water* merk Scharlau, *Potato Dextrose Agar* merk Scharlau dan aquades, etanol 96%.

Peralatan yang digunakan yaitu Neraca Ohaus 210 gram, cawan porselen 30 mL, desikator, oven merk Memmert, oven

merk Binder-ED 53, inkubator merk Binder BD-53, *laminar air flow*, botol semprot, *blender*, autoklaf, pemanas berpengaduk, mesin grinder, seperangkat alat refluks dan spektrofotometer UV-Visible (UV-Vis) merk Optizen, mikro pipet dan peralatan gelas lainnya.

Metode

Preparasi sampel

Lada hitam dan lada putih dihaluskan dengan mesin grinder kemudian diayak dengan saringan ukuran 1,25 mm. Lada yang sudah halus dibagi menjadi dua bagian. Bagian pertama tidak dikeringkan dengan oven (tanpa perlakuan). Lada bagian kedua dikeringkan dalam oven menggunakan 3 suhu yang berbeda yaitu 65, 85, 105°C selama 20 menit.

Penetapan Kadar Air (SNI 01-2891-1992)

Penetapan kadar air dilakukan dengan menimbang sampel halus sebanyak 1 gram, kemudian dimasukkan ke dalam cawan porselen yang sebelumnya telah dikeringkan dan diketahui bobot kosongnya. Sampel dikeringkan selama 3 jam pada suhu 105°C, dimasukkan ke dalam desikator, dan setelah dingin ditimbang sampai mencapai bobot konstan. Persentase kadar air lada dihitung dengan rumus:

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{B1 - B2}{B} \times 100 \%$$

Keterangan:

B1= Bobot cawan + isi sebelum dikeringkan

B2= Bobot cawan + isi setelah dikeringkan

B = Bobot sampel

Penetapan Kapang dan khamir (SNI 01-2897-1992)

a. Sterilisasi Kering Alat

Alat gelas yang akan digunakan untuk analisis kapang dan khamir dibungkus dengan aluminium foil, dan dikeringkan dalam oven selama 1 jam pada suhu 180°C.

b. Pembuatan Larutan Pengencer Buffer Pepton Water (BPW)

Pembuatan larutan pengencer dilakukan dengan menimbang BPW sebanyak 4,5 gram lalu dilarutkan dalam 500 mL aquades

dan diaduk diatas pemanas berpengaduk hingga homogen. Larutan BPW yang sudah homogen dituang sebanyak 45 mL ke dalam erlenmeyer dan dituang sebanyak 9 mL ke dalam tabung reaksi. Erlenmeyer dan tabung reaksi disumbat dengan kapas dan ditutup dengan aluminium foil, lalu disterilkan dengan autoklaf selama 15 menit pada suhu 121°C.

c. Pembuatan Media Agar Potato Dextrose Agar (PDA)

Pembuatan media agar dilakukan dengan cara menimbang PDA sebanyak 3,9 gram lalu dilarutkan dalam 100 mL aquades dan diaduk diatas pemanas berpengaduk hingga mendidih. PDA dituang ke dalam tabung reaksi sebanyak 12- 15 mL. Tabung reaksi disumbat dengan kapas dan ditutup dengan aluminium foil, disterilkan dengan autoklaf selama 15 menit pada suhu 121°C.

d. Analisis Kapang Khamir

Lada putih dan lada hitam yang sudah halus ditimbang sebanyak 5 gram dan dituang ke larutan BPW 45 mL, dikocok hingga homogen dan didiamkan hingga sampel mengendap. Larutan berisi sampel dipipet sebanyak 1 mL dengan mikropipet, dituang kedalam tabung reaksi pengenceran 10^{-1} , sampai pengenceran 10^{-5} . PDA dengan suhu 45°C dituangkan ke dalam cawan petri sebanyak 12 mL, dihomogenkan dan dibiarkan hingga media memadat. Cawan petri dimasukan dalam inkubator dengan suhu $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ selama 5 x 24 jam. Untuk analisis sterilitas media dilakukan dengan menuangkan media PDA dan pengencer dalam cawan petri dan dibiarkan memadat sebagai kontrol.

e. Perhitungan Angka Kapang dan Khamir (BPOM, 2006)

Analisis uji kapang dan khamir dilakukan secara duplo pada setiap tingkat pengenceran. Penetapan angka kapang khamir dilakukan dengan cawan petri yang menunjukkan jumlah antara 10-150 koloni. Cawan petri yang terbentuk 10-150 koloni dengan tingkat pengenceran yang sama, maka jumlah koloni per masing-masing cawan petri dihitung kemudian jumlah kedua koloni dikalikan dengan faktor

pengencerannya kemudian diambil rata-rata. Hasil rata-rata tersebut dibaca sebagai nilai angka kapang dan khamir dalam setiap gram atau mL sampel.

Angka kapang dan khamir :

$$\text{Rata- rata (koloni)} \times 10^n$$

Keterangan:

n : Faktor pengenceran

f. Pembuatan Larutan Standar (Nurazizah, Aminingsih, & Mulyati, 2017)

Piperin ditimbang sebanyak 5 mg, dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL, dilarutkan dalam etanol 96% sampai tanda tera. Sebanyak 10 mL larutan tersebut dipipet ke dalam labu ukur 100 mL, ditambahkan etanol 96% sampai tanda tera. Dari standar induk tersebut dibuat deret standar konsentrasi 10, 5, 1, 0,75 dan 0,5 mg/L.

g. Pembuatan Larutan Uji Piperin (SNI 0004 : 2013)

Penentuan kadar piperin dilakukan dengan ekstraksi menggunakan etanol dan pengukuran absorbansi pada panjang gelombang 343 nm dengan alat spektrofotometer UV-VIS. Sampel lada sebanyak $\pm 0,5$ gram direfluks dengan etanol sebanyak 50 mL pada pendingin tegak selama 3 jam. Setelah refluks, sampel lada didinginkan dan disaring ke dalam labu takar 100 mL dan ditepatkan dengan etanol, lalu dihomogenkan (larutan 1). Larutan 1 dipipet sebanyak 5 mL, dimasukkan ke dalam labu takar 50 mL ditepatkan dengan etanol (Larutan 2). Larutan 2 dipipet sebanyak 5 mL dimasukkan ke dalam labu takar 25 mL, ditepatkan dengan etanol, dan dihomogenkan. Absorbansi sampel dapat diukur pada panjang gelombang 343 nm dengan etanol sebagai blanko.

Kadar piperin yang dinyatakan sebagai persentase bobot berdasarkan bobot kering sebagai berikut :

% Kadar piperin:

$$\frac{A}{A1 \text{ cm } 1\%} \times \frac{50}{5} \times \frac{25}{5} \times \frac{100}{M} \times \frac{100}{100-KA}$$

Keterangan :

M adalah bobot contoh uji (g)

KA adalah kadar air contoh uji (%)

A adalah absorbansi larutan contoh

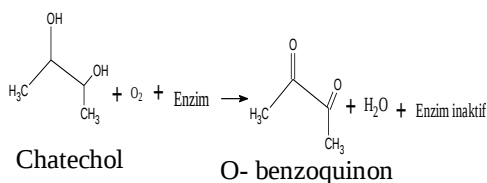
$A_{1cm}^{1\%}$ adalah absorbansi pada 343 nm

dari 1% larutan piperin yaitu 1238

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengeringan dengan Oven

Hasil pengeringan dengan oven tidak menunjukkan perubahan warna yang signifikan. Perubahan warna terjadi karena adanya reaksi *browning* pada lada (Gambar 1). Reaksi *browning* pada lada merupakan proses enzimatik yang dikatalisis oleh enzim polifenolase dengan adanya oksigen. Pencoklatan enzimatik terjadi karena komponen fenolik terkonversi menjadi melanin coklat yang dikatalisis oleh enzim polifenoloksidase (Weller, Sims, Matthews, Bates & Brecht, 1997). Penghambatan pencoklatan enzimatik dapat dilakukan dengan beberapa metode, salah satunya dengan perlakuan fisik seperti pemanasan dengan suhu yang stabil (Nurjannah, 2008).



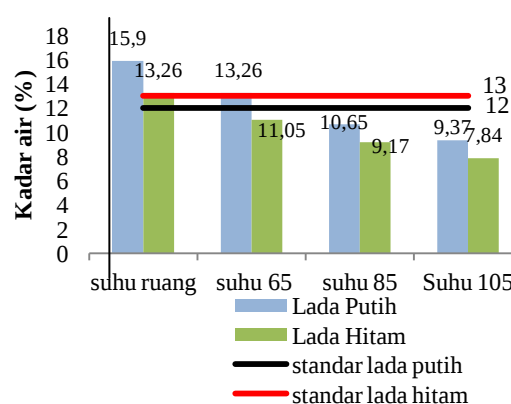
Gambar 1. Reaksi *browning*

Suhu oven lebih stabil dibandingkan dengan suhu sangrai. Hal ini menyebabkan lada yang dioven mempunyai kenampakan visual yang lebih baik dibandingkan dengan lada yang dikeringkan dengan sangrai. Pengeringan lada dengan sangrai menyebabkan perubahan warna yang signifikan.

Kadar Air

Analisis kadar air dilakukan untuk mengetahui kandungan air di dalam lada. Kadar air lada putih sebelum pengeringan dengan oven lebih tinggi dibandingkan dengan lada hitam (Gambar 2). Hal ini disebabkan oleh proses penyimpanan lada. Apabila lada disimpan di ruangan yang

kelembabannya relatif tinggi, maka lada akan menyerap sejumlah air dari lingkungan untuk menyesuaikan kelembaban relatifnya karena komoditas rempah-rempah bersifat higroskopis. Penyimpanan pada suhu tinggi ($\pm 40^\circ\text{C}$) dapat menyebabkan ruang penyimpanan semakin kering sehingga kadar air bahan menurun (Sembiring dan Hidayat, 2012). Semakin tinggi suhu pengeringan, maka kadar air akan semakin rendah. Perubahan massa air akan terjadi saat kandungan air pada pangan telah sampai pada kondisi jenuh (Karyadi, Lumbanbatu & Rahayoe, 2009).



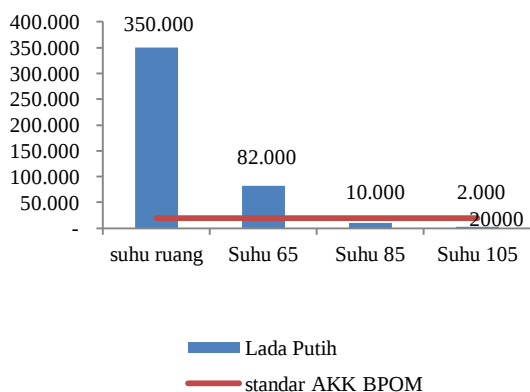
Gambar 2. Kadar air pada lada

Angka Kapang Khamir (AKK)

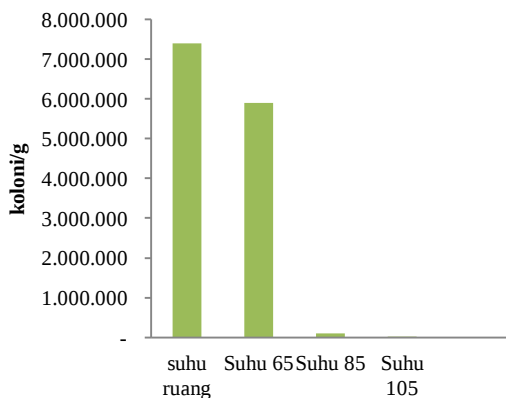
Hasil pengamatan menunjukkan koloni kapang berbentuk benang halus yang terlihat ke permukaan, sedangkan khamir berbentuk koloni seperti tetesan susu kental manis. Kapang terdapat pada lada dalam jumlah yang lebih banyak dibandingkan dengan khamir (Gambar 3 dan 4). Hal ini disebabkan karena kapang bereproduksi dalam jumlah yang banyak, berukuran kecil, ringan, dan tahan terhadap keadaan kering (Firmansyah, 2013).

Pengeringan dengan oven bertujuan untuk menurunkan jumlah air yang terdapat dalam pangan, sebagian air dari pangan diuapkan, penguapan air dapat menurunkan A_w pangan sehingga A_w berada dibawah kisaran pertumbuhan mikroba ($A_w < 0,60$). Pengovenan pada lada merupakan salah satu cara pengeringan yang efektif dalam menurunkan kadar air dan memperlambat tumbuhnya mikroba (Kusnandar, 2010).

Proses pengovenan dengan suhu yang semakin tinggi mengakibatkan nilai AKK semakin rendah. AKK pada lada hitam jauh lebih tinggi dibandingkan dengan AKK lada putih meskipun kadar air pada lada hitam lebih kecil. Hal ini disebabkan oleh daging buah lada yang mengandung selulosa. Sehingga kapang khamir lebih banyak terdapat di lada hitam (Untari, 1993).



Gambar 3. Angka Kapang Khamir pada Lada Putih

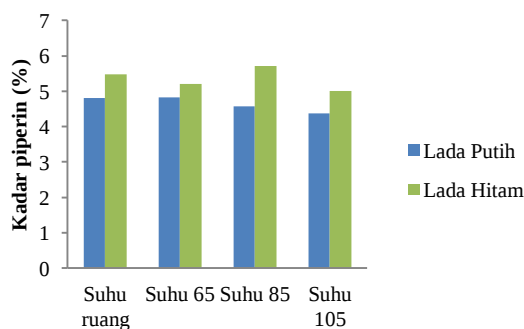


Gambar 4. Angka Kapang Khamir pada Lada Hitam

Kadar Piperin

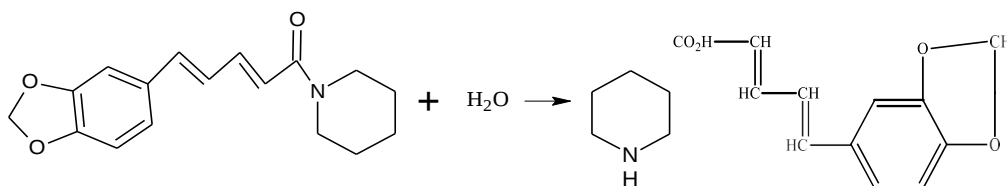
Hasil analisis kadar piperin pada lada hitam dan lada putih tidak menunjukkan perubahan yang signifikan. Kadar piperin pada lada menurun setelah proses pengovenan dengan suhu 105°C. Hal ini disebabkan oleh aktivitas kapang khamir

yang menurun. Kandungan air yang lebih banyak memungkinkan kapang khamir untuk melakukan aktivitas yang menghasilkan reaksi enzimatik dan mempengaruhi reaksi hidrolisis. Semakin rendah enzim yang dihasilkan, maka kadar piperin semakin tinggi. Hal ini sesuai dengan pendapat Rachmat (1991), lada bersifat higroskopis sehingga menarik air dari udara dan memperbesar kemungkinan untuk piperin terhidrolisis. Semakin tinggi kadar air dalam lada, maka kadar piperin akan semakin kecil karena piperin mudah terhidrolisis (Gambar 6) menjadi asam piperat dan piperidin yang mempunyai rasa kurang pedas.



Gambar 5. Kadar piperin pada lada putih dan lada hitam

Kadar piperin pada lada hitam lebih besar dari pada kadar piperin lada putih. Hal ini dikarenakan pada saat proses pengeringan pasca panen, biji lada hitam dikeringkan bersama daging buah lada. Di dalam daging buah lada hitam terdapat senyawa chavicol yang merupakan piperidin asam tidak jenuh dan merupakan isomer piperin. Golongan piperidin adalah komponen komponen yang berbeda dengan piperin dalam bentuk komponen asam yang menimbulkan rasa pedas dan biasanya mengandung asam isopiperat dan asam isochavicolat (Rachmat, 1991).



Gambar 6. Reaksi hidrolisis piperin

KESIMPULAN

Suhu optimum untuk pengovenan lada putih adalah 85°C selama 20 menit dengan kadar air sebesar 10,65 %, AKK 1 x 10⁴ koloni/ g, dan kadar piperin 4,58 %. Lada hitam efektif pada suhu optimum 105°C selama 20 menit dengan kadar air sebesar 7,84 %, AKK 1,3 x 10⁴ koloni / g dan kadar piperin 5,01 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pengawas Obat dan Makanan. (2006). *Pedoman Cara Pembuatan Obat yang Baik*. BPOM RI.
- Badan Standardisasi Nasional. (1992). *Cara Uji Cemarkan Mikroba, SNI: 01-2897-1992* 2. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (1992). *Cara Uji Makanan dan Minuman, SNI: 01-2891-1992*. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). *Lada Putih, SNI 0004 : 2013*. Badan Standardisasi Nasional.
- Chandiko, W. (2017). *Kadar Piperin Lada Hitam Bubuk dan Putih Setelah Penyangraian* (Skripsi). Universitas Nusa Bangsa, Bogor.
- Firmansyah, W.E. (2013). *Mikrobiologi Umum* (Tugas). Universitas Brawijaya. Malang.
- Hamdiyati, Y. (2017). *Pertumbuhan dan Pengendalian Mikroorganisme II* (Diktat Mikrobiologi). Jakarta.
- Hidayat, T., Nurhasanah, N. & Usmiati, S. (2009). Analisis Teknis dan Finansial Paket Teknologi Pengolahan Lada Putih (White Pepper) Semi Mekanis. *Bul. Littro*, 20(1), 77-91.
- Karyadi, J.N.W., Lumbanbatu, J., & Rahayoe, S. (2009). Pengaruh Suhu dan Lama Penyangraian terhadap Sifat Fisik-Mekanis Biji Kopi Robusta. *Makalah Bidang Teknik Produk Pertanian*, 217-225
- Kusnandar, F. (2010). *Memahami Aktifitas dan Hubungan Dengan Keawetan Pangan*. Bogor. Diakses dari <http://itp.fateta.ipb.ac.id/id>
- Mukhlis, A.M.R. (2016). *Pengeringan Spouted Bed Lada Putih (Piper nigrum L) Dengan Perlakuan Preheating Gelombang Mikro* (Tesis). Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Nurazizah, L., Aminingsih, T., & Mulyati, A.H. (2017). *Uji aktivitas Antibakteri dan Analisis Kadar Piperin Ekstrak Buah Cabe Jawa (Piper retrofractum Vahl)*. Universitas Pakuan. Bogor.
- Nurdjannah, N., & Hoerudin. (2008). Pengaruh Perendaman Dalam Asam Organik dan Metoda Pengeringan Terhadap Mutu Lada Hijau Kering. *Bul. Littro*, XIX(2), 181 – 196.

- Rachmat, E. 1991. *Kajian Perubahan Karakteristik Mutu lada Hijau Kering (Dehydrated Green Pepper) dengan variasi penambahan asam sorbated C AM pengeringan* (Skripsi). Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Sembiring, B.S. & Hidayat, T. (2012). Perubahan Mutu Lada Hijau Kering Selama Penyimpanan Pada Tiga Macam Kemasan dan Tingkatan Suhu. *Jurnal Littri*, 18(3).doi.org/10.21082/littri.v18n3.2012.115%20-%20124
- Sudarmadji, K. (2003). *Pengeringan Lada Putih (Piper nigrum Linn.) Menggunakan Oven Gelombang Mikro (Mikrowave Oven)* (Skripsi). Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Untari, R. (1993). *Pengaruh Fumigasi Fhosfin pada Mutu Mikrobiologi Lada* (Skripsi). Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Utomo, A. D., Rahayu, W. S. & Dhiani, B. A. (2009). Beberapa Metode Pengeringan Terhadap Kadar Flavonoid Herba Sambiloto (*Andrographis paniculata*). *Pharmacy*, 06(01), 58-68. doi: 10.30595/pji.v6i1.402
- Weller, A.,. Sims, C.A., Matthews, R.F., Bates, R.P. & Brecht, J.K. (1997). Browning Susceptibility and Changes in Compotition during Storage of Carambola Slices. *Journal of Food Science*, 62(2), 256-260.

PENURUNAN KADAR AMONIAK DAN FOSFAT LIMBAH CAIR TAHU SECARA FOTO KATALITIK MENGGUNAKAN TiO_2 DAN H_2O_2

Taufiqur Rohman, Azidi Irwan, Zakiyatir Rahmi*
Program Studi Kimia FMIPA Universitas Lambung Mangkurat
Jl. A. Yani Km. 36 Banjarbaru, Kalimantan Selatan
*e-mail: zakiyatir.rahmi@ymail.com

ABSTRACT

Decreasing of Amoniac and Phosphate Content of Tofu Wastewater by photocatalytic Using TiO_2 And H_2O_2

The research reduction of ammonia and phosphate content of photocatalytic tofu wastewater by using TiO_2 and H_2O_2 had been done. The aim of this research is to find out the optimum concentration of TiO_2 and H_2O_2 , reaction time to decrease ammonia and phosphate in tofu wastewater after treatment with photocatalytic reaction. The photocatalytic reaction was used to degradation of ammonia and phosphate with the radiation by UV lamp, photocatalyst and oxidant. The results are shown that of ammonia content in artificial waste was decreased, variation in the concentration of TiO_2 , H_2O_2 , and time obtained the optimum concentration of 50 mg/L, 140 mg/L and the optimum time for 60 minutes with a percentage 72,18%, 86,00%, and 83,11%. The decrease of phosphate content, that found of variation in the concentration of TiO_2 , H_2O_2 , and time obtained the optimum concentration of 100 mg/L, 160 mg/L and the optimum time for 300 minutes with a percentage 79,34%, 77,59% and 78,12% respectively. The photocatalytic treatment of the tofu waste water carried out the addition with aeration. Measurement level of ammonia in tofu wastewater without aeration and with aeration a percentage of decreased are 56,5% and 66,14%. Measurement of phosphate without aeration and with aeration a percentage of decrease are 47,03% and 53,30%. Concluded, ammonia and phosphate content in tofu wastewater can be decreased by photocatalytic with UV rays.

Keywords: *tofu waste water, photo catalytic, ammonia, phosphate, TiO_2 , H_2O_2*

ABSTRAK

Penelitian tentang penurunan kadar amoniak dan fosfat limbah cair tahu secara foto katalitik menggunakan TiO_2 dan H_2O_2 telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan konsentrasi TiO_2 dan H_2O_2 optimum, dan waktu reaksi terbaik untuk penurunan amoniak dan fosfat limbah cair tahu setelah pengolahan dengan reaksi foto katalitik. Reaksi foto katalitik digunakan untuk mendegradasi amoniak dan fosfat dengan bantuan sinar ultra violet, fotokatalis dan oksidan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan kadar amoniak pada limbah buatan dengan variasi konsentrasi TiO_2 dan H_2O_2 didapatkan konsentrasi optimum sebesar 50 mg/L dan 140 mg/L dengan persentase penurunan sebesar 72,18% dan 86,00%. Penurunan kadar fosfat dengan variasi konsentrasi TiO_2 dan H_2O_2 didapatkan konsentrasi optimum sebesar 100 mg/L dan 160 mg/L dengan persentase penurunan sebesar 79,34% dan 77,59%. Pada variasi waktu didapatkan waktu terbaik selama 60 menit pada amoniak dan 300 menit pada fosfat dengan persentase penurunan sebesar 83,11% dan 78,12%. Pada perlakuan foto katalitik terhadap limbah cair tahu dilakukan aerasi. Pengukuran kadar amoniak limbah cair tahu tanpa aerasi dan aerasi didapatkan persentase penurunannya sebesar 56,50% dan 66,14%. Pengukuran kadar fosfat limbah cair tahu tanpa aerasi dan aerasi didapatkan persentase penurunannya sebesar 47,03% dan 53,30%. Disimpulkan bahwa kadar amoniak dan fosfat limbah cair tahu terjadi penurunan secara foto katalitik dengan bantuan sinar UV.

Kata Kunci: limbah cair tahu, foto katalitik, amoniak, fosfat, TiO_2 , H_2O_2

PENDAHULUAN

Industri tahu merupakan salah satu industri yang banyak terdapat di Indonesia, karena tahu adalah makanan yang disukai masyarakat dan bergizi tinggi. Pada proses

pembuatan tahu dihasilkan limbah cair, yang mana limbah tersebut dapat berdampak negatif apabila tidak dikelola dengan benar. Menurut Nurhasan dan Pramudyanto (1997), limbah cair industri tahu mempunyai kadar amoniak yang tinggi. Pada lingkungan yang tercemar kadar amoniak di atas 0,1 mg/L

akan mengakibatkan terganggunya ekosistem biota perairan, selain itu juga menimbulkan berbagai penyakit bagi manusia. Kandungan fosfat yang tinggi pun dapat menyebabkan terjadinya pertumbuhan tanaman air yang tidak terkendali, sehingga dapat mengganggu cahaya yang masuk ke perairan dan mengurangi distribusi oksigen untuk biota perairan (Wati, 2008).

Teknologi fotokimia juga dapat digunakan untuk pengolahan limbah cair organik karena kemampuannya untuk mendegradasi senyawa organik menjadi CO_2 dan air yang relatif tidak berbahaya (Sturini *et al.*, 2012). Proses tersebut dapat dilakukan dengan adanya katalis TiO_2 , dimana TiO_2 merupakan fotokatalis heterogen yang efisien dan paling banyak diteliti mengenai pemanfaatannya untuk mengatasi masalah pencemaran lingkungan karena sifatnya yang stabil secara kimia dan fisika (Anpo, 2000).

Pada penelitian Jayadi, Destiarti, & Sitorus.(2014) penggunaan fotokatalis TiO_2 dan penyinaran dengan lampu UV dapat menurunkan bahan organik sebesar 89,4%. Selain itu, Santi (2009) melaporkan penggunaan TiO_2 dapat menurunkan surfaktan pada limbah deterjen sebesar 95,6%. Pada proses ini, fotokatalis dapat diberi tambahan hidrogen peroksida (H_2O_2) sebagai *electron scavenger*. Pada penelitian Yuningrat, Gunamantha, & Wiratini (2012) dalam pengolahan lindi dengan sistem UV/ H_2O_2 / TiO_2 dan UV/ H_2O_2 dapat meningkatkan efektivitas penyisihan BOD dan COD lindi. Selain itu, Aji (2015) melaporkan bahwa dengan penambahan reagen fenton ($\text{Fe}:\text{H}_2\text{O}_2$) pada pengolahan limbah cair tahu didapat persentase penurunan nilai COD >90%.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan adalah limbah cair industri tahu, serbuk TiO_2 p.a *Merck*, H_2O_2 30% *Merck* p.a, natrium nitroprusida *Merck* p.a, akuades, amonium klorida *Merck* p.a, fenol p.a *Merck*, etil alkohol *Merck* p.a, indikator fenoltalein p.a, H_2SO_4 p.a *Merck*, KH_2PO_4 p.a *Merck*,

amonium molibdat p.a, kalium antimonil tartrat p.a dan asam askorbat p.a *Merck*.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi saringan limbah, aquarium ukuran 30 cm x 20 cm x 15 cm berkapasitas 9 liter, lampu *Philips* UV C 30 Watt, model reaktor sederhana fotokimia, aerator *Recent RC-999*, pompa celup *Recent RC-650*, stirrer *PMC*, pipa dan selang, alat-alat gelas standar *pyrex*, dan 1 unit Spektrofotometer UV-Visible *Genesys 10uv*.

Metode

a. Pengambilan Sampel

Sampel pada penelitian ini diperoleh dari industri tahu di daerah Banjarbaru. Metode pengambilan sampel limbah tahu ini menggunakan metode *diagonal*.

b. Pembuatan Model Reaktor Pengolahan Limbah

Casing reaktor dibuat sesuai dengan ukuran reaktor limbah. Reaktor limbah terbuat dari aquarium dengan luas 30 cm x 20 cm x 15 cm. Lampu UV dirangkai dalam *casing* dan menyambungkannya ke stop kontak. Dua buah bak aquarium disiapkan untuk menampung limbah cair tahu sebelum dan sesudah pengolahan secara fotokimia diluar *casing*. Selanjutnya dilakukan aerasi setelah didapat konsentrasi TiO_2 dan H_2O_2 optimum serta waktu terbaik dengan perlakuan non aerasi.

c. Penentuan Konsentrasi TiO_2 Optimum

Pada penentuan konsentrasi TiO_2 dilakukan sistem artifisial dengan larutan ammonium klorida dan kalium dihidrogen fosfat sebagai pengganti limbah, dimana larutan dibuat sesuai konsentrasi awal limbah. Sebanyak 5 liter larutan dimasukkan ke dalam bak aquarium. Kemudian serbuk titanium dioksida dimasukkan ke air limbah pada bak bagian atas dengan variasi konsentrasi 25, 50, 100, 150, dan 200 mg/L. Selanjutnya diberi perlakuan dengan sumber sinar lampu UV selama 6 jam. Setelah 6 jam, diukur kadar amoniak dan fosfat dengan spektrofotometer uv-vis dan didapat konsentrasi optimum TiO_2 .

d. Penentuan Konsentrasi H_2O_2 Optimum

Pada penentuan konsentrasi H_2O_2 dilakukan perlakuan yang sama seperti pada prosedur sebelumnya dengan penambahan TiO_2 optimum pada bak bagian atas dan hidrogen peroksida pada bak bagian bawah dengan variasi konsentrasi 80, 100, 120, 140, dan 160 mg/L.

e. Penentuan Waktu Penyinaran Optimum

Pada penentuan waktu penyinaran dilakukan perlakuan yang sama seperti pada prosedur sebelumnya dengan penambahan TiO_2 optimum pada bak bagian atas dan H_2O_2 optimum pada bak bagian bawah dan dilakukan pengambilan sampel setiap 30 menit.

f. Aplikasi pada Limbah Cair Tahu

Dilakukan perlakuan yang sama seperti pada prosedur sebelumnya menggunakan limbah cair tahu dengan penambahan TiO_2 optimum dan H_2O_2 optimum serta aerasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

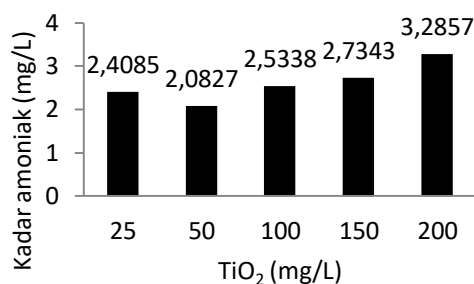
Pada penelitian ini dilakukan pengukuran kadar amoniak dan fosfat pada limbah cair tahu sebelum perlakuan secara foto katalitik dan diperoleh kadar amoniak awal sebesar 7,4866 mg/L dan kadar fosfat awal sebesar 4,1083 mg/L. Menurut Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan No. 04 tahun 2007 dan Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001, kadar maksimum amoniak hasil industri tahu sebesar 0,5 mg/L dan kadar maksimum fosfat sebagai parameter kualitas air sebesar 0,2 mg/L. Hal itu akan mengganggu ekosistem di air. Oleh karena itu, perlu adanya perlakuan pada limbah terlebih dahulu.

a. Konsentrasi TiO_2 Optimum

Pada Gambar 1 dapat ditunjukkan bahwa penambahan TiO_2 dengan konsentrasi 25, 50, 100, 150, dan 200 mg/L terjadi penurunan kadar amoniak berturut-turut sebesar 2,4085; 2,0827; 2,5338; 2,7343; dan 3,2857 mg/L. Nilai tersebut diikuti dengan persentase penurunan kadar amoniak sebesar 67,82; 72,18; 66,15; 63,47; dan 56,11%.

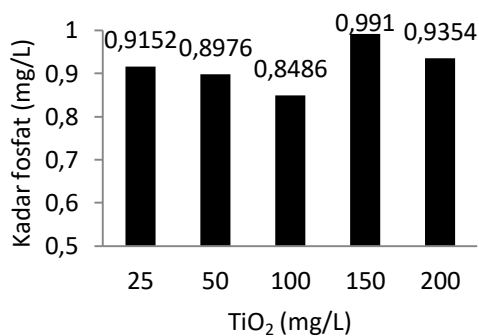
Menurut Damayanti, Wardhani & Purwonugroho (2014) hal itu menunjukkan terjadinya reaksi fotokatalitik saat TiO_2 disinari UV yang menghasilkan *hole* dan elektron, dimana *hole* bermuatan positif akan berinteraksi dengan H_2O atau ion OH^- dan akan menghasilkan suatu radikal. Radikal tersebut akan mendegradasi ion-ion amonium yang terdapat pada limbah tahu.

Pada penambahan TiO_2 dengan konsentrasi 100, 150, dan 200 mg/L dapat dilihat kadar amoniak mengalami kenaikan dibandingkan pada penambahan konsentrasi TiO_2 sebesar 25 dan 50 mg/L. Pada penelitian Hibban, Rezagama, & Purwono (2016) terjadi kenaikan konsentrasi amoniak setelah perlakuan dengan teknologi biofilter, dimana hal tersebut dapat diindikasikan telah terjadi proses asimilasi nitrat-nitrit sehingga meningkatkan kadar amoniak akibat penurunan N-organik (proses amonifikasi).



Gambar 1. Grafik Hubungan Pengaruh Konsentrasi TiO_2 terhadap Kadar Amoniak

Penurunan persentase pada konsentrasi 100, 150 dan 200 mg/L tersebut karena semakin banyak TiO_2 yang ditambahkan menyebabkan terhalangnya sinar yang masuk, selain itu terjadi penggumpalan serbuk TiO_2 , sehingga penyerapan sinar oleh foto katalis berkurang dan tidak dapat bekerja secara maksimal (Santi, 2009). Selain itu, pengadukan yang tidak merata juga menyebabkan TiO_2 mengendap sehingga sisi aktifnya pun berkurang. Pada penambahan TiO_2 dengan konsentrasi 50 mg/L didapatkan kadar amoniak terendah yaitu 2,0827 mg/L dan nilai persentase penurunan amoniak tertinggi yaitu 72,18%.



Gambar 2. Grafik Hubungan Pengaruh Konsentrasi TiO₂ terhadap Kadar Fosfat

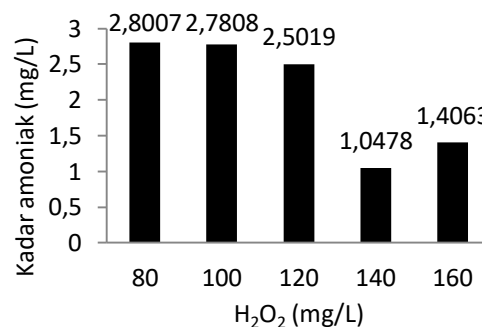
Pada Gambar 2 dapat ditunjukkan hubungan penambahan konsentrasi TiO₂ dan penurunan kadar fosfat. Pada penambahan konsentrasi TiO₂ 25, 50, 100, 150, dan 200 mg/L didapat penurunan kadar fosfat berturut-turut sebesar 0,9152; 0,8976; 0,8486; 0,9910; dan 0,9354 mg/L. Nilai tersebut diikuti dengan persentase kadar fosfat sebesar 77,72; 78,58; 79,34; 73,87; dan 77,23%. Pada penambahan konsentrasi TiO₂ 25, 50, dan 100 mg/L terjadi penurunan kadar fosfat yang semakin besar. Peningkatan tersebut dikarenakan sisi aktif foto katalis setelah diberi penyinaran sinar ultra violet. Ion fosfat yang ada pada limbah akan berkurang karena berinteraksi dengan radikal yang dihasilkan dari *hole* pada permukaan TiO₂.

b. Konsentrasi H₂O₂ Optimum

Penentuan konsentrasi H₂O₂ optimum untuk kadar amoniak ditambahkan TiO₂ sebanyak 50 mg/L dan untuk kadar fosfat sebanyak 100 mg/L. Hasil pengukuran penentuan konsentrasi H₂O₂ optimum dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4.

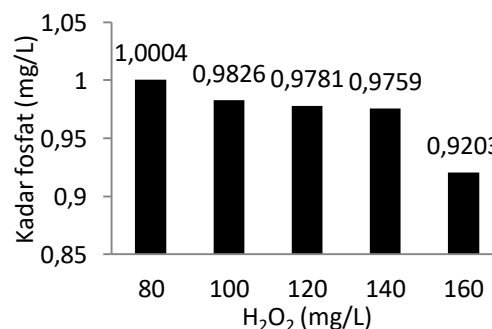
Pada Gambar 3 dapat ditunjukkan penurunan kadar amoniak dengan penambahan TiO₂ dan variasi konsentrasi H₂O₂. Pada konsentrasi H₂O₂ 80, 100, 120, 140, dan 160 mg/L diketahui penurunannya berturut-turut sebesar 2,8007 mg/L; 2,7808 mg/L; 2,5019 mg/L; 1,0478 mg/L dan 1,4063 mg/L. Nilai tersebut diikuti dengan persentase penurunan kadar amoniak sebesar 79,35; 62,85; 83,05; 86,00; dan 81,19%. Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa konsentrasi H₂O₂ optimum penurunan

kadar amoniak yaitu 140 mg/L, karena pada penambahannya didapat kadar terendah dan persentase penurunan yang besar. Hal itu menunjukkan pada konsentrasi 140 mg/L banyak radikal hidroksil yang terbentuk sehingga membantu aktivitas fotokatalitik TiO₂.



Gambar 3. Grafik Hubungan Pengaruh Konsentrasi H₂O₂ terhadap Kadar Amoniak

Nilai persentase pada konsentrasi H₂O₂ 140 mg/L lebih besar dibandingkan pada penelitian Huang, Li, Dong, Hou, & Liu (2008) dengan radikal hidroksil yang dihasilkan dari proses fotolisis, dimana dapat menyisihkan amoniak sebesar 26,4%. Selanjutnya, pada penambahan 160 mg/L terjadi penurunan persentase, karena penambahan H₂O₂ yang berlebihan akan menurunkan persentase degradasi karena terjadinya fenomena •OH yang bereaksi dengan H₂O₂ sehingga terbentuknya radikal HO₂• yang kurang reaktif dibandingkan radikal •OH dan adanya pembentukan molekul gas O₂ dalam sistem. Molekul gas ini tidak terlarut, sehingga akan mengalami reaksi kembali dan menghalangi transfer energi foton pada permukaan (Sibarani, Purba, Suprihatin, & Manurung, 2016).



Gambar 4. Grafik Hubungan Pengaruh Konsentrasi H₂O₂ terhadap Kadar Fosfat

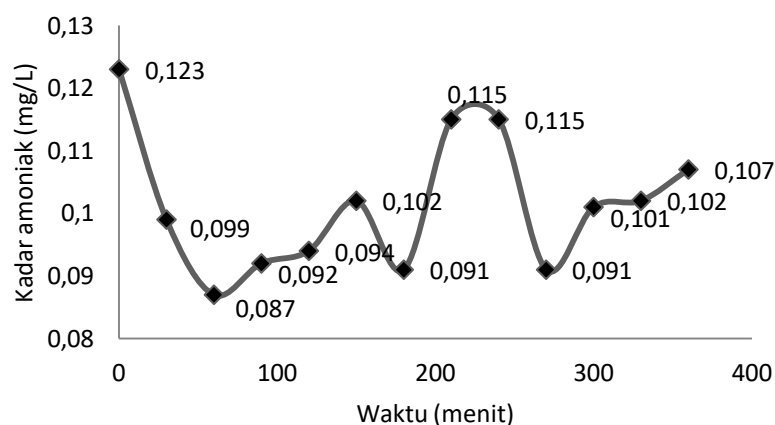
Pada Gambar 4 dapat ditunjukkan kadar fosfat terukur dengan penambahan TiO_2 dan variasi konsentrasi H_2O_2 . Pada konsentrasi H_2O_2 80, 100, 120, 140 dan 160 mg/L diketahui penurunannya berturut-turut sebesar 1,0004 mg/L; 0,9826 mg/L; 0,9781 mg/L; 0,9759 mg/L dan 0,9203 mg/L. Nilai tersebut diikuti dengan persentase penurunan sebesar 75,65; 76,08; 76,19; 76,24; dan 77,60%. Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa konsentrasi H_2O_2 yang terbaik untuk penurunan kadar fosfat yaitu 160 mg/L, karena pada penambahannya didapat nilai persentase yang besar yaitu sebesar 77,60%.

c. Waktu Penyinaran

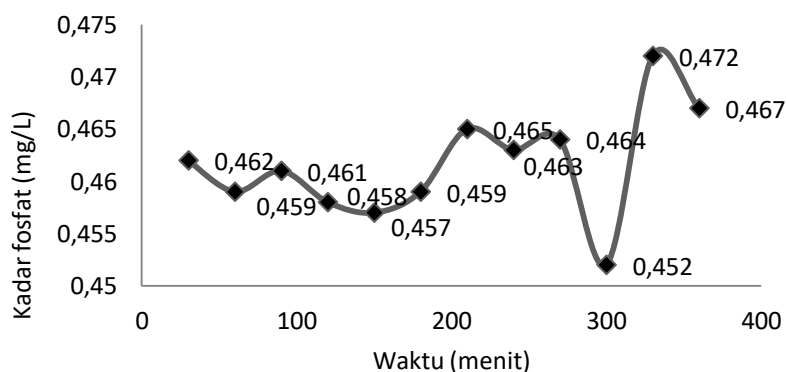
Pada Gambar 5 ditunjukkan penurunan kadar amoniak setelah perlakuan dengan

variasi waktu dengan nilai yang fluktuatif tetapi diketahui pada penyinaran selama 60 menit merupakan waktu terbaik penurunan kadar amoniak yang ditunjukkan dengan kadar sebesar 0,087 mg/L dengan persentase penurunan sebesar 83,11%. Menurut Hibban *et al.* (2016), nilai yang fluktuatif tersebut diindikasikan terjadi asimilasi nitrat-nitrit sehingga konsentrasi amoniak meningkat.

Pada Gambar 6 dapat dilihat penurunan kadar fosfat setelah perlakuan dengan variasi waktu menunjukkan nilai yang juga fluktuatif tetapi diketahui pada penyinaran selama 300 menit merupakan waktu terbaik penurunan kadar amoniak yang ditunjukkan dengan kadar sebesar 0,899 mg/L dengan persentase penurunan sebesar 78,12%.



Gambar 5. Kurva Hubungan Pengaruh Waktu Penyinaran terhadap Kadar Amoniak



Gambar 6. Kurva Hubungan Pengaruh Waktu Penyinaran terhadap Kadar Fosfat

d. Aplikasi pada Limbah Cair Tahu

Pada perlakuan dengan limbah asli diperoleh kadar amoniak sebesar 3,968 mg/L dengan persentase penurunan sebesar 56,4%. Persentase penurunan pada limbah asli lebih rendah dibandingkan persentase penurunan pada limbah buatan yaitu sebesar 83,11%. Hal ini dikarenakan pada limbah tahu terdapat senyawa selain amoniak, sehingga tidak semua amoniak dapat terdegradasi.

Sesuai sifat alamiah dari TiO_2 , *hole* dan elektron akan bergabung kembali atau mengalami rekombinasi. Oleh karena itu, keberadaan H_2O_2 dalam sistem reaksi dapat mencegah terjadinya rekombinasi dengan cara mengikat elektron, sehingga radikal $\cdot\text{OH}$ tetap terjaga jumlahnya. Selain itu H_2O_2 juga menghasilkan radikal hidroksil sehingga dapat mengoksidasi senyawa organik pada limbah cair tahu.

Radikal OH yang terbentuk dapat mengoksidasi NH_3 menjadi NO_2^- dan lebih jauh lagi menjadi NO_3^- dan N_2 . Menurut Huang *et al.* (2008) dan Simic (1971), ketika $\cdot\text{OH}$ menyerang amoniak terjadi proses oksidasi menghasilkan $\cdot\text{NH}_2$. Selanjutnya $\cdot\text{NH}_2$ akan teroksidasi menjadi $\cdot\text{NHOH}$ dan oksidasi lebih lanjut menjadi NH_2O_2^- . NH_2O_2^- yang tidak stabil terpecah menjadi NO_2^- yang dapat dioksidasi NO_3^- . Setelah terbentuk nitrat, maka nitrat akan menjadi gas N_2 (Salimin, 2012).

Pada limbah asli diperoleh kadar fosfat sebesar 1,787 mg/L dengan persentase penurunan kadar fosfat sebesar 47,03%. Jika dibandingkan dengan limbah asli, persentase penurunan kadar fosfat pada limbah buatan lebih besar, yaitu sebesar 78,12%. Hal itu disebabkan pada limbah asli terdapat senyawa selain fosfat seperti amoniak atau bahan organik lainnya yang dapat mengalami degradasi akibat perlakuan dengan sistem foto katalitik.

Penurunan kadar amoniak tanpa perlakuan aerasi dan dengan aerasi diketahui konsentrasinya sebesar 3,968 mg/L dan 3,496 mg/L dengan persentase penurunannya berturut-turut sebesar 56,5% dan 66,14%. Pada pengukuran kadar fosfat tanpa aerasi dan dengan aerasi diketahui konsentrasinya sebesar 1,787 mg/L dan 1,393 mg/L dengan persentase

penurunannya sebesar 47,03% dan 53,30%. Kadar amoniak dan fosfat yang diperoleh belum memenuhi syarat untuk langsung dibuang ke perairan, sehingga dibutuhkan perlakuan lainnya agar memenuhi baku mutu limbah. Persentase penurunan dengan perlakuan aerasi mendapatkan nilai yang lebih tinggi, hal itu mengindikasikan bahwa suplai oksigen mampu meningkatkan proses degradasi senyawa organik dari limbah cair tahu oleh mikroorganisme pada kedua parameter tersebut.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah konsentrasi TiO_2 dan H_2O_2 optimum pada penurunan kadar amoniak berturut-turut sebesar 50 mg/L dan 140 mg/L. Konsentrasi TiO_2 dan H_2O_2 optimum pada penurunan kadar fosfat berturut-turut sebesar 100 mg/L dan 160 mg/L. Waktu penyinaran terbaik pada penurunan kadar amoniak adalah selama 60 menit dan pada fosfat selama 300 menit. Kadar amoniak dan fosfat limbah cair tahu setelah perlakuan belum memenuhi standar baku mutu limbah.

DAFTAR PUSTAKA

- Anpo, M. (2000). Use of visible light. Second-generation titanium oxide photocatalysts prepared by the application of an advanced metal ion-implantation method. *Pure Appl. Chem.*, 72(9), 1787-1792.
- Damayanti, C.A., Wardhani, S. & Purwonugroho, D. (2014). Pengaruh Konsentrasi TiO_2 dalam Zeolit Terhadap Degradasi *Methylene Blue* Secara Fotokatalitik. *Kimia Student Journal*, 1(1), 8-14.
- Hibban, M., Rezagama, A., Purwono. (2016). Studi Penurunan Konsentrasi Amoniak dalam Limbah Cair Domestik dengan Teknologi Biofilter Aerobmedia Tubular Plastik pada Awal

- Pengolahan. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5(2), 1-9.
- Huang, L., Li, L., Dong, W., Hou, H. & Liu, Y. (2008). Removal of Ammonia by OH Radical in Aqueous Phase. *Environmental Science & Technology*, 42(21), 8070-8075.
- Jayadi, S.F., Destiarti, I., & Sitorus, B. (2014). Pembuatan Reaktor Foto katalis dan Aplikasinya untuk Degradasi Bahan Organik Air Gambut menggunakan Katalis TiO₂. *JKK*, 3(3), 55-58.
- Salimin, Z. & Rachmadetin, J. (2012). Denitrifikasi Limbah Radioaktif Cair yang Mengandung Asam Nitrat dengan Proses Biooksidasi. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah IX*, 149-158.
- Santi, S.S. (2009). Penurunan Kosentrasi Surfaktan Pada Limbah Detergen dengan Proses Photokatalitik Sinar UV. *Jurnal Teknik Kimia*, 4(1), 260-264.
- Sibarani, J., Purba, D.L., Suprihatin, I.E., & Manurung, M. (2016). Fotodegradasi Rhodamin B menggunakan ZnO/UV/Reagen Fenton. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*, 4(1), 84-94.
- Yuningrat, N.W., Gunamantha, I.M., & Wiratini, N.M. (2012). Degradasi Pencemar Organik dalam Lindi dengan Proses Oksidasi Lanjut. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 1(2), 73-84

PEDOMAN PENULISAN

A. Pedoman Umum

1. Naskah merupakan hasil penelitian otentik yang belum dipublikasikan di media publikasi atau penerbitan lainnya.
2. Naskah tidak mengandung unsur plagiarisme. Dewan redaksi akan langsung menolak teks yang terindikasi plagiarisme.
3. Naskah yang telah ditulis berdasarkan pedoman Sains Natural (dalam format MS Word, sesuai template), harus dikirim melalui Sistem Submission Online dengan menggunakan Open Journal System (OJS) di portal e-jurnal Sains Natural (<http://ejournalunb.ac.id/index.php/JSN>). Kemudian, daftarkan diri sebagai salah satu penulis atau reviewer.
4. Naskah yang tidak sesuai dengan pedoman penulisan Sains Natural akan dikembalikan kepada penulis sebelum proses *review*.
5. Naskah bisa ditulis baik dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris dengan bahasa standar. Naskah harus terdiri dari sepuluh (10) sampai tiga belas (13) halaman termasuk gambar dan tabel. Naskah ditulis di atas kertas ukuran A4 (210x297 mm), dengan margin 3 cm (kiri, kanan, bawah dan atas).
6. Teks naskah harus menggunakan huruf Times New Roman, ukuran huruf 11pt, 1 spasi baris, dalam satu kolom.
7. Kata-kata yang tidak umum atau dari bahasa asing dituliskan dengan format *Italic*. Untuk naskah dalam Bahasa Indonesia, sebaiknya hindari istilah asing. Setiap paragraf dimulai 10 mm dari sisi kiri perbatasan sementara tidak ada spasi di antara paragraf.
8. Tabel dan gambar ditempatkan di grup teks setelah teks. Setiap gambar harus diberi judul (Gambar) di bawah gambar dan diberi nomor dalam format penomoran Arab yang diikuti oleh judul gambar. Setiap tabel harus diberi judul tabel dan diberi nomor dalam format penomoran arab di atas tabel diikuti dengan judul tabel. Gambar lampiran jelas (ukuran font, resolusi dan ruang garis terlihat jelas). Gambar, tabel, dan bagan harus ditempatkan di tengah antara kelompok teks. Jika memiliki ukuran lebih besar, bisa diletakkan di tengah halaman. Tabel tidak boleh berisi garis vertikal, sedangkan garis horisontal hanya diijinkan untuk hal penting.

B. Teks Naskah

1. Judul

Judul harus ringkas dan informatif. Judul naskah harus ditulis dengan maksimal 12 (dua belas) kata (dalam Bahasa Indonesia) dan 10 (sepuluh) kata dalam bahasa Inggris, font berukuran 12pt, UPPERCASE, BOLD, dan dalam format teks rata tengah.

2. Nama penulis dan afiliasinya

Nama dari masing-masing penulis dicantumkan dengan jelas dan harus menunjukkan penulis yang berperan sebagai koresponden. Alamat afiliasi penulis (tempat kerja sebenarnya dilakukan) dicantumkan di bawah nama. Tanggung jawab koresponden ini mencakup menjawab pertanyaan tentang Metodologi dan Bahan. Penulis juga mencantumkan alamat e-mail dan rincian kontak.

3. Abstrak

Abstrak ditulis dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris. Teks ditulis dalam format Times New Roman, ukuran huruf 9pt, 1 spasi baris, sebanyak 75-250 kata dan diikuti oleh lima kata kunci. Abstrak harus menyatakan secara singkat tujuan penelitian, hasil utama, dan kesimpulan utama.

4. Pendahuluan

Pada pendahuluan, sebutkan tujuan dan latar belakang yang memadai. Hindari survei literatur terperinci atau ringkasan hasilnya.

5. Bahan dan Metode

Metode ini diimplementasikan untuk memecahkan masalah, termasuk metode analisis. Metode yang digunakan dalam pemecahan masalah penelitian dijelaskan pada bagian ini.

6. Hasil dan Pembahasan

Hasil harus jelas dan ringkas. Pembahasan harus mengeksplorasi signifikansi hasil kerja, bukan mengulanginya. Hindari kutipan yang luas dan diskusi literatur yang dipublikasikan.

7. Kesimpulan

Kesimpulan utama penelitian ini dapat disajikan dalam bagian Kesimpulan singkat.

8. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih dicantumkan pada bagian terpisah di bagian akhir artikel sebelum referensi. Pada ucapan terima kasih dicantumkan nama/organisasi/institusi yang memberikan bantuan selama penelitian (misal, Memberikan bantuan bahasa, menulis bantuan atau bukti membaca artikel, dll.).

9. Referensi dan kutipan

Semua referensi yang digunakan harus diambil dari sumber utama (jurnal ilmiah dan yang paling sedikit adalah 80% dari semua referensi) yang diterbitkan dalam sepuluh tahun terakhir. Setiap naskah harus memiliki setidaknya sepuluh referensi. Referensi harus menggunakan "Mendeley" sebuah aplikasi manajemen referensi. Format penulisan yang digunakan dalam Sains Natural mengikuti format yang diterapkan oleh APA 6th Edition (American Psychological Association).

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih dan penghargaan diberikan kepada para pakar/mitra bestari/rekan setara yang telah diundang sebagai penelaah oleh *Jurnal Sains Natural* dalam Volume 8 No. 2, Tahun 2018. Berikut ini adalah daftar nama pakar/mitra bestari/rekan setara yang berpartisipasi :

1. Prof. Supriyono Eko Wardono (Biologi Perairan, Universitas Nusa Bangsa)
2. Prof. Dr. Adi Santoso (Kimia Analisis, Puslitbang Kehutanan)
3. Dra. Lilis Sugiharti, M.Si (Bioteknologi, STIKES Cendekia Utama)
4. Drs. Djadjat Tisnadjaya, M.Tech (Bioteknologi, Puslit Bioteknologi, LIPI)