

Pertumbuhan Bakteri Hasil Isolasi dari Tanah Perkebunan yang Tumbuh pada Media Mengandung Pestisida Propoxur dan Karbaril

Hartati Imamuddin, Nur Laili & Maman Rahmansyah

Pusat Penelitian Biologi LIPI, Cibinong Science Center, Jl. Raya Jakarta Bogor km 46, Cibinong-Bogor. Email: tatiklief@yahoo.com

ABSTRACT

Growth Capacity of Soil Bacteria Isolates Obtained from Estate Area from Media Containing Propoxur and Carbaryl. Isolation actions have been carried out with three soil samples derived from soil estate of pine apple, sugar cane, and banana in Lampung area, Southern Sumatra. The isolates were grown in the selected media containing carbaryl insecticide, and herbicide of diuron and bromocyl. The highest and vigorous growth isolates have gathered from three different soil samples, and subsequently named GGPC, GM, and NTF isolates. Furthermore, those isolates were studied through the growth rate in the media containing propoxur and carbaryl in the nutrient rich liquid (NB) and compared to limited mineral (MM). All of the isolates grew faster against pesticides in the liquid medium of NB compared to MM. High correlated value among parameters nurtured as due to bacterial population and those processes were not affected by media composition. The GM isolate showed similar pattern during propoxur decrease along with incubation even though the rate of pesticide elimination from the media was higher in the rich nutrient liquid media (NB) compared to MM.

Keywords: microbe isolate, pesticide, propoxur, carbaryl

PENDAHULUAN

Senyawa kimia propoxur dan karbaril adalah golongan senyawa karbamat yang bersifat racun dan digunakan untuk bahan pestisida. Karbamat memiliki daya racun kuat yang juga dapat memberi dampak cemaran kepada lingkungan tanah dan perairan, serta berefek buruk terhadap kesehatan manusia apabila terpapar melebihi kemampuan toleransi tubuh yang akan menyebabkan terganggunya sistem kerja syaraf dan menurunkan kemampuan pembentukan antibodi tubuh. Senyawa kimia ini termasuk bahan berbahaya dan memerlukan tingkat kehati-hatian di

dalam penggunaannya (Cochran 1997; Jones *et al.* 2003).

Tanah atau lahan pertanian yang sering menggunakan pestisida, secara alami akan membentuk komunitas mikroba yang memanfaatkan atau menguraikan residu pestisida menjadi bahan metabolismenya (Alexander 1999). Beberapa bakteri dilaporkan dapat mendegradasi pestisida karbamat seperti karbaril (Larkin & Day 1985) dan karbofuran (Chaudhry & Ali 1988). Kamanavalli & Ninnekar (2000) dalam hasil penelitiannya mendapatkan isolat *Pseudomonas* sp. yang dapat menghidrolisis propoxur menjadi isoproksifenol dan metilamin yang dapat

dimanfaatkan menjadi sumber karbon dan nitrogen bagi bakteri tersebut. Oleh karena itu, keberadaan populasi mikroba di lingkungan tanah yang tercemar pestisida dapat digunakan untuk mengevaluasi suatu pengaruh cemaran (Sing & Walker 2006). Pada penelitian laboratorium yang dilakukan oleh Anusha *et al.* (2009) memperoleh bakteri *Neisseria subflava* dan *Staphylococcus aureus* yang dapat tumbuh pada media yang mengandung propoksur.

Di Indonesia, pestisida berbahan dasar propoksur dan karbaril masih dipasarkan dan digunakan untuk membasmi hama pertanian dan juga digunakan di lingkungan rumah tangga. Pembasmian hama pada perkebunan yang berskala luas banyak mempercayakan kepada kemampuan kedua insektisida tadi. Oleh karena itu, akumulasi residu di tanah diduga akan membentuk komunitas mikroba yang memanfaatkan residu tersebut sebagai sumber energi di dalam sistem metabolismenya. Komunitas mikroba pendegradasi residu menjadi bagian dari konsorsia bakteri tanah yang berperan melakukan mineralisasi bahan organik seperti pada proses pelarutan fosfor dan nitrogen atau unsur lainnya yang menjadi sumber hara tumbuhan (Hill & Write 1978).

Memperhatikan fungsi pendegradasi residu pestisida maka mikroba menjadi penting karena berpeluang untuk diaplikasikan pada lahan pertanian dan perkebunan, yang di dalam prakteknya dapat dimanfaatkan bersamaan dengan penggunaan kompos. Sehubungan dengan keperluan aplikasi tersebut, penelitian ini dilakukan isolasi bakteri

yang dapat beradaptasi pada media yang mengandung pestisida. Bakteri diisolasi dari tanah perkebunan pisang, nanas, dan tebu yang secara intensif mengandalkan pemberantasan hama serangga dengan pestisida kimia. Bakteri yang tumbuh pada media mengandung pestisida berpeluang menjadi sumber inokulan untuk bioremediasi, khususnya digunakan di lahan yang menggunakan pestisida kimia karena berguna dalam mencegah meluasnya sebaran residu pestisida.

BAHAN DAN CARA KERJA

Tanah dikoleksi secara komposit pada sepuluh titik pengambilan secara acak, masing-masing sebanyak 500 g. Pengambilan sampel dilakukan pada tiga lokasi areal perkebunan (Tabel 1). Sampel dikoleksi dari tanah permukaan sampai kedalaman kurang dari 5 cm. Tanah selanjutnya diproses di Laboratorium Ekologi, Bidang Mikrobiologi, Puslit Biologi LIPI dengan tahapan kerja seperti berikut :

- a. Masing-masing sampel tanah dikering-anginkan, dipisahkan dari unsur bukan tanah, dan kemudian dilewatkan melalui saringan 2 mm.
- b. Untuk keperluan isolasi digunakan media *nutrient agar* (NA) dengan komposisi 3 g *beef-extract*, 5 g *peptone*, dan 22 g agar di dalam 1000 ml H₂O.
- c. Penyiapan media NA untuk keperluan seleksi maka kepada masing-masing media ditambahkan 0,5 ml larutan induk propoksur (200.000 ppm) sehingga diperoleh media mengandung 100 ppm propoksur per liter; kemudian

0,25 ml larutan induk diuron (200.000 ppm) sehingga diperoleh media mengandung 50 ppm diuron per liter; dan 0,5 ml larutan induk bromosil (100.000 ppm) sehingga diperoleh media mengandung 50 ppm bromosil di dalam setiap liter NA.

d. Satu gram tanah digunakan untuk isolasi melalui metode seri pengenceran. Pada seri pengenceran terendah (10^{-5}) diteteskan 20 μ l sampel dan disebarakan merata dengan bantuan spatula steril di atas media di dalam cawan petri berisi media NA, baik yang tanpa pestisida maupun mengandung pestisida. Cawan diinkubasi di ruang laboratorium sampai terlihat pertumbuhan bakteri.

e. Bakteri yang tumbuh dengan performa terbaik (*vigorous*) kemudian dimurnikan dan dipindah ke media agar miring NA di dalam tabung reaksi. Isolat disimpan sebagai koleksi (*working collection*) untuk keperluan uji tumbuh pada media mengandung pestisida propoksur dan karbaril.

Isolat bakteri GGPC, GM, dan NTF yang telah diketahui ketiganya mampu tumbuh paling baik pada media yang mengandung karbaril maka selanjutnya

diuji atas kemampuannya untuk melakukan degradasi terhadap pestisida karbaril dan propoksur. Untuk uji degradasi dilakukan pada media cair yaitu:

- a. Media MM (*mineral media*) terbuat dari larutan 9 g $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; 1,5 g KH_2HPO_4 ; 1 g NH_4Cl ; 0,2 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0,02 g $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; 0,012 g Fe(III)NH_4 Citrate; 1 ml elemen mikro; di dalam 1000 ml H_2O , dan
- b. Media NB (*nutrient broth*) terbuat dari larutan 3 g *beef-extract*, 5 g *peptone*, dan 1000 ml H_2O .

Untuk keperluan pengujian, maka masing-masing isolat bakteri (GM, NTF, dan GGPC) diremajakan pada media agar miring NA (5 ml) di dalam tabung-reaksi-25ml, kemudian diinkubasi di ruang laboratorium sampai tumbuh. Tuangkan 10 ml aquadest steril ke dalam masing-masing tabung, upayakan agar bakteri terambil atau terlepas dari media agar, kemudian air yang mengandung bakteri dipindahkan ke dalam tabung reaksi lain yang kosong sebagai isolat yang siap diujikan (Sediaan-S₁). Untuk keperluan uji, sebanyak 50 ml dari masing-masing media ditempatkan di

Tabel 1. Sampel tanah dan isolat bakteri yang digunakan pada penelitian

Asal sampel tanah	Lokasi sampling	Unsur tanah (%)			Kode isolat	Populasi *	Uji tumbuh/populasi* pada media seleksi mengandung		
		C	N	C/N			karbaril	diuron	bromosil
Perkebunan Nanas	Gunung Madu, Lampung Tengah	1,8	0,13	13,6	GGPC	3896	22,8	11,6	12,8
Perkebunan Tebu	Bandar Jaya, Lampung Tengah	1,4	0,15	9,6	GM	~**	47,8	38,1	6,4
Perkebunan Pisang	Way Jepara, Lampung Selatan	1,2	0,13	9,2	NTF	389,3	106,6	13,9	19,2

*colony forming unit/ml. 10^5 ; ** tidak dapat dihitung pada seri pengenceran 10^5

dalam erlenmeyer-100-ml (lihat Tabel 2). Selanjutnya, sebanyak 3 ml Sediaan-S₁ masing-masing ditambahkan ke dalam media uji dan diinkubasi selama 6 hari di ruang laboratorium. Pengamatan dilakukan setiap hari terhadap populasi yang dihitung berdasar perubahan kerapatan optik. Penghitungan kandungan pestisida di dalam media dikalkulasikan terhadap produk fenol akibat penguraian bahan pestisida propoksur; atau produk 1-naptol pada pola penguraian karbaril (Wolve *et al.* 1978; Anusha *et al.* 2009); turbiditas akibat populasi dibaca dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 540 nm, sedangkan untuk kandungan propoksur dan karbaril diukur pada spektrum 463 nm.

HASIL

Ketiga isolat pilihan yang diperoleh dari tanah perkebunan asal Lampung, Sumatra, yang diuji pada penelitian ini mampu tumbuh pada media mengandung karbaril dan propoksur. Pola pertumbuhan dan penurunan pestisida yang diamati melalui pengaruh pelakuan yang meliputi jenis media, waktu inkubasi, dan tingkat kepekatan atau konsentrasi larutan digunakan sebagai parameter di dalam mengevaluasi potensi yang dimiliki masing-masing isolat.

Hasil penelitian terhadap populasi bakteri memperlihatkan bahwa dalam masa inkubasi sampai 6 hari terjadi pertumbuhan bakteri pada media yang mengandung 100 ppm karbaril di dalam masing-masing media NB maupun MM (Gambar 1). Bakteri yang tumbuh pada

media NB sepuluh kali lebih besar dibandingkan dengan yang tumbuh pada media MM, sedangkan pertumbuhan isolat GM dan GGPC tumbuh lebih baik dari isolat NTF. Pada media NB, isolat NTF tumbuh lebih pesat pada inkubasi hari ketiga dan kemudian menurun tajam pada masa inkubasi hari kelima. Hubungan antara populasi dengan penurunan kandungan propoksur pada media yang ditumbuhi ketiga isolat ditunjukkan pada Gambar 2. Populasi puncak terjadi pada inkubasi hari ketiga pada isolat GGPC dan GM, sedangkan isolat NTF terjadi pada hari kelima. Isolat NTF memperlihatkan performa pertumbuhan sel bakteri tertinggi. Nilai korelasi populasi terhadap penurunan kandungan pestisida menunjukkan hasil yang signifikan (Tabel 3).

Isolat yang diuji pertumbuhannya melalui kultur media di laboratorium pada penelitian ini mampu tumbuh lebih tinggi pada media NB yang mengandung 100 ppm karbaril dibandingkan dengan yang terjadi pada media MM. Isolat NTF tumbuh paling baik dibandingkan dengan isolat lainnya, sekalipun yang tumbuh pada media MM yang miskin sumber mineralnya (Gambar 3). Pengamatan hari keenam memperlihatkan bahwa umumnya jumlah 1-naptol menurun pada biakan bakteri di media NB. Sekalipun populasi belum menunjukkan penurunan yang nyata namun pada hari pengamatan yang sama telah terjadi penurunan 1-naptol, yang dimungkinkan oleh karena terjadinya penguraian naptol menjadi asam organik lain.

Proses penurunan kandungan propoksur sebagai pestisida golongan

karbamat pada dua macam media NB dan MM yang diujikan pada penelitian ini menunjukkan kesamaan pola, namun secara kuantitas degradasi pada media NB lebih tinggi. Terbentuknya fenol sebagai indikator terjadinya penguraian propoksur pada pengamatan setelah hari ketiga yang tumbuh di media NB, berlawanan dengan hasil pengamatan pada media MM; baik pada media yang mengandung 50 maupun 100 ppm propoksur (Gambar 4). Sebagai tindak penguatan maka dilakukan analisis di antara parameter pengamatan yang memiliki keterkaitan melalui nilai korelasi. Beberapa hasil yang menunjukkan korelasi tinggi ditampilkan pada Tabel 3. Pertumbuhan setiap isolat dan daya tumbuhnya pada media yang mengandung pestisida karbaril (100 ppm), baik yang tumbuh pada media uji NB maupun MM, diamati selama enam hari inkubasi yang hasilnya seperti tertera pada Gambar 5.

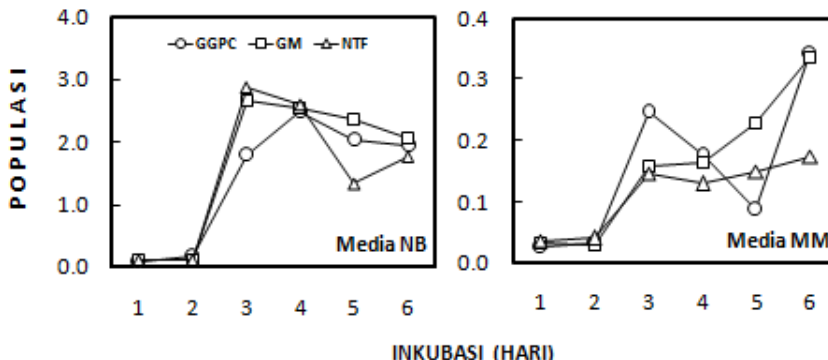
PEMBAHASAN

Pestisida tersusun oleh komponen organik dan inorganik, sehingga di dalam penamaannya mengacu kepada struktur kimia yang membangunnya. Pengelompokan pestisida dikenal sebagai golongan organoklorin, organofosfat, karbamat, formamidin, tiosinat, organotin, denitrofenol, piretroid sintetis, dan antibiotik (Bohmont 1990). Aplikasi semua bahan tadi berpotensi mencemari lingkungan karena dapat memasuki tanah, sungai, danau, kolam, air tanah, perairan laut dan bahkan udara. Melalui proses penguraian secara kimia dan biologi, atau melalui kombinasi keduanya, merupakan proses-proses yang alami terjadi di tanah maupun pada lingkungan perairan (Howard 1991). Beberapa jenis bakteri telah teridentifikasi dan berperan mendegradasi karbamat (Desaint *et al.* 2000). Penelitian yang dilakukan oleh Rahmansyah *et al.* (2009) memperlihatkan bahwa isolat bakteri dari tanah

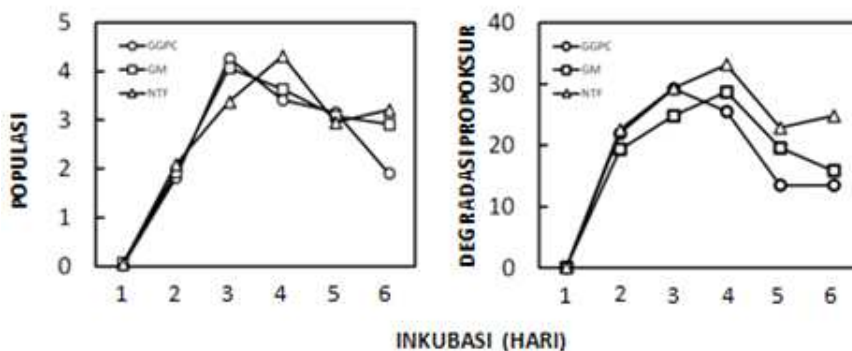
Tabel 2. Pola pengujian isolat bakteri pada media MM dan NB.

Konsentrasi Pestisida pada Media Uji	Isolat	Uji tumbuh		Uji degradasi	
		MM	NB	MM	NB
Karbaril 100 ppm	GGPC	+	+	+	+
	GM	+	+	+	+
	NTF	+	+	+	+
Propoksur 50 ppm	GGPC	-**	+	+	+
	GM	-	+	+	+
	NTF	-	+	+	+
Propoksur 100 ppm	GGPC	-	-	+	+
	GM	-	-	+	+
	NTF	-	-	+	+

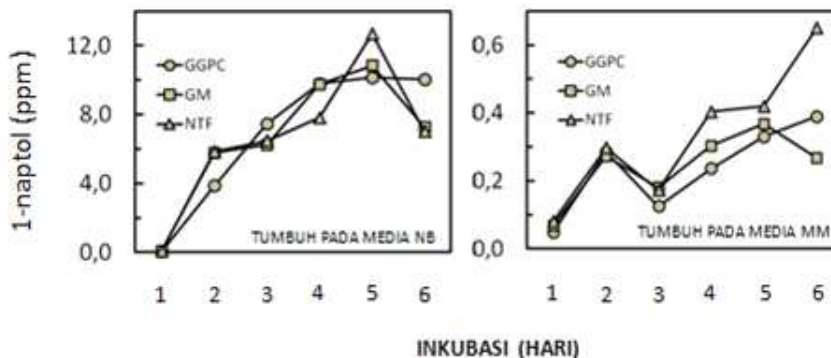
*+ = dilakukan; ** - = tidak dilakukan



Gambar 1. Kurva pertumbuhan bakteri (Isolat GGPC, GM, dan NTF) yang populasinya dihitung berdasar kerapatan optis media (OD) pada media mengandung 100 ppm propoksur.



Gambar 2. Pertumbuhan populasi dan penguraian pestisida oleh bakteri (Isolat GGPC, GM, dan NTF) pada media NB mengandung 50 ppm propoksur. Populasi dihitung berdasar kerapatan optis media (OD) dan penguraian pestisida berdasar jumlah fenol (ppm) pada media.



Gambar 3. Laju penguraian pestisida oleh bakteri (Isolat GGPC, GM, dan NTF) pada media mengandung 100 ppm propoksur, dihitung berdasar jumlah 1-naptol pada media.

Tabel 3. Hubungan di antara parameter pengamatan yang memiliki nilai korelasi tinggi.

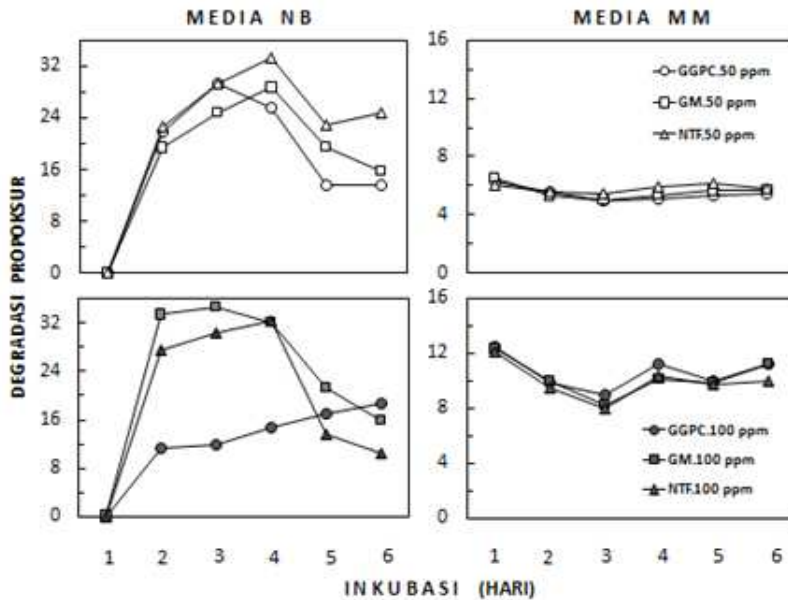
Parameter pengamatan	Nilai		Asumsi
	Korelasi (<i>r</i>)	Standar <i>p</i> 0,05	
Petumbuhan populasi bakteri tanpa melihat pembeda isolat yang tumbuh pada media NB mengandung 50 ppm propoksur, dibandingkan dengan isolat yang tumbuh pada media NB mengandung 100 ppm karbaril	0,635	0,468 (df = 16)	Kemampuan isolat untuk tumbuh dengan memanfaatkan media NB tidak terpengaruh oleh keberadaan pestisida propoksur dan karbaril
Petumbuhan populasi bakteri tanpa melihat pembeda isolat yang tumbuh pada media NB mengandung 100 ppm propoksur, dibandingkan dengan isolat yang tumbuh pada media MM mengandung 100 ppm propoksur	0,673	0,468 (df = 16)	Kemampuan isolat untuk tumbuh pada media mengandung 100 ppm propoksur tidak terpengaruh oleh perbedaan media NB dan MM
Perbandingan populasi terhadap daya metabolisme pestisida tanpa melihat pembeda isolat ketika dikultur pada media NB mengandung 50 ppm propoksur	0,903	0,468 (df = 16)	Populasi isolat sesuai dengan kemampuan memetabolisme pestisida propoksur
Kemampuan metabolisme bakteri terhadap pestisida tanpa melihat pembeda isolat yang tumbuh pada media NB mengandung 50 ppm propoksur dibandingkan dengan isolat yang tumbuh pada media NB mengandung 100 ppm karbaril	0,707	0,468 (df = 16)	Kemampuan isolat untuk memetabolisme pestisida pada media NB tidak terpengaruh oleh keberadaan sumber karbon dari propoksur dan karbaril
Kemampuan metabolisme bakteri terhadap pestisida tanpa melihat pembeda isolat yang tumbuh pada media NB mengandung 100 ppm propoksur dibandingkan dengan isolat yang tumbuh pada media MM mengandung 100 ppm propoksur	0,722	0,468 (df = 16)	Kemampuan isolat untuk memetabolisme pestisida tumbuh pada media mengandung 100 ppm propoksur tidak terpengaruh oleh perbedaan media NB dan MM
Kemampuan metabolisme Isolat GM terhadap 100 ppm pestisida karbaril di dalam media NB dibandingkan dengan isolat yang tumbuh pada media MM	0,937	0,811 (df = 6)	Kemampuan metabolisme isolat GM terhadap karbaril yang ditumbuhkan pada media NB sama dengan kemampuan metabolisme terhadap karbaril yang ditumbuhkan pada media MM

pertanian memiliki respon degradasi lebih tinggi terhadap propoksur bila dibandingkan dengan isolat bakteri tanah hutan dari suatu lingkungan bentang alam yang sama. Isolat bakteri yang diseleksi dengan media mengandung herbisida (Curzate) ketika diujikan pada media yang mengandung insektisida propoksur dan karbaril menunjukkan daya degradasi yang lebih tinggi dibanding dengan daya degradasinya terhadap herbisida yang lain (2,4-D). Karbaril termasuk golongan bahan pestisida yang lambat terdegradasi oleh mikroorganisme tanah (Rodriguez & Dorough 1977), dan seperti yang didapat dari hasil penelitian ini di mana ketika ditumbuhkan pada media yang minim kandungan mineralnya (media MM), populasi ketiga isolat mikroba menjadi rendah dan daya tumbuhnya juga rendah.

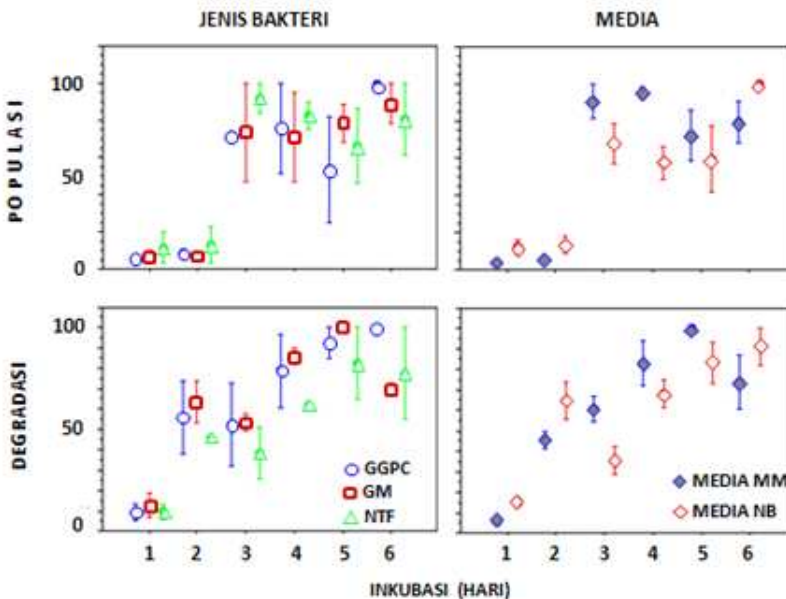
Penggunaan propoksur dan karbaril secara intensif di lahan pertanian dapat menaikkan kemampuan respon degradasi mikroba tanah terhadap pestisida, dan efeknya masih berpengaruh kepada penggunaan pestisida golongan karbofuran lain pada aplikasi berikutnya (Morel-Chevillet *et al.* 1996). Sehubungan dengan hal tersebut, dikenalnya karakter mikroba yang dapat tumbuh pada media mengandung pestisida merupakan informasi penting untuk keperluan manajemen pengendalian hama dalam kaitannya dengan efektifitas penggunaan pestisida. Pada sisi lain, keragaman mikroba di lingkungan tanah tropika memiliki diversitas yang luas, selain juga memiliki kondisi kelembaban dan temperatur yang tinggi (Jain *et al.* 2005).

Beberapa jenis bakteri mampu melakukan penguraian biologis secara tuntas terhadap pestisida karbaril menjadi CO₂ (Chapalamadugu & Chaudhry, 1991), sementara pada beberapa jenis bakteri lainnya melakukan penguraian hanya sampai menjadi 1-naftol saja. Namun, pada kondisi lingkungan di tanah tampaknya bahwa konsorsium bakteri mampu mendegradasi residu karbaril maupun 1-naftol sepenuhnya menjadi CO₂. Jalur proses degradasi karbaril oleh bakteri yang menggunakannya sebagai sumber karbon adalah dengan cara menguraikannya menjadi 1-naftol, yang selanjutnya melalui proses intermediasi asam salisilat, katekol, dan gentisat menghasilkan produk metabolit berupa CO₂ dan air (Hayatsu *et al.* 1999).

Beberapa hasil studi menunjukkan bahwa bakteri yang diisolasi dari tanah yang telah terkena karbofuran dapat pula mendegradasi karbaril. Proses metabolisme yang dipelajari pada *Pseudomonas* sp. Phale (2005) memperlihatkan bahwa karbaril pada proses awalnya dihidrolisis menjadi 1-naftol, kemudian selanjutnya akan dimetabolisme melalui serangkaian proses biokimiawi menjadi 1,2-dihidroksinaftalen menuju siklus TCA (*tricarboxylic acid*), sehingga menjadikan satu-satunya sumber karbon dan energi yang berasal dari karbaril. Pada penguraian lainnya terjadi sebagai proses metabolisme insidental (*cometabolism*), di mana dalam prosesnya pestisida menjadi bukan target langsung melainkan dimanfaatkan dalam aktivitas normal melalui alur metabolisme yang lain (Racke 1993). Uji bakteri yang mampu mendegradasi



Gambar 4. Kemampuan penguraian pestisida oleh bakteri (Isolat GGPC, GM, dan NTF) terhadap dua macam konsentrasi propoksur (50 dan 100 ppm) pada dua macam media. Laju penguraian pestisida atau degradasi dihitung berdasar jumlah fenol (ppm) pada media.



Gambar 5. Nilai rerata pertumbuhan dan daya penguraian pestisida oleh bakteri pada setiap jenis isolat yang tumbuh di dalam media mengandung 100 ppm karbaril. Populasi dihitung berdasar kerapatan optis media (OD) dan laju penguraian atau degradasi dihitung berdasar jumlah 1-naptol (ppm) pada media

pestisida karbamat dilakukan melalui aktivitas enzim hidrolase seperti esterase dan amidase. Turan *et al.* (2008) melaporkan bahwa dalam keterdapatannya kedua enzim tersebut sebagai enzim sitoplasma yang didapati pada bakteri *Stenotrophomonas maltophilia*. Penurunan fenol pada inkubasi hari kelima pada media NB pada penelitian ini dapat saja terjadi, karena menurut pendapat Schleinitz *et al.* (2009) yang menyatakan bahwa adanya penguraian fenol oleh aktivitas enzim fenilfosfat-sintase dan fenilfosfat-karboksilase pada sel-sel bakteri mendukung penguraian fenol menjadi asam organik yang lain.

KESIMPULAN DAN SARAN

Isolat bakteri (GGPC, GM dan NTF) terseleksi yang diperoleh dari tanah perkebunan dapat tumbuh pada media seleksi mengandung insektisida karbaril, serta herbisida diuron dan bromosil di mana ketiga pestisida tersebut memiliki struktur dasar kimia yang berbeda.

Isolat bakteri yang ditumbuhkan pada media bermineral terbatas (media MM), ketiganya mampu tumbuh sekalipun di dalam media tersebut terdapat propoksur dan karbaril. Senyawa pestisida menjadi sumber metabolit bakteri, tetapi jumlah pestisida yang terurai kadarnya lebih kecil pada media MM bila dibandingkan dengan yang tumbuh pada media kaya mineral (NB).

Isolat bakteri yang diasumsikan memanfaatkan propoksur dan karbaril sebagai sumber metabolit pada media NB diakibatkan karena proses metabolisme ikutan yang berfungsi

sebagai *co-metabolic substrate* dan efeknya menjadikan isolat lebih mampu berkembang biak pada media tersebut.

Isolat bakteri (GGPC, GM dan NTF) terseleksi berpotensi digunakan sebagai sumber inokulan untuk mengatasi residu pestisida pada paktek penggunaan pupuk organik hayati.

Uji kemampuan ketiga isolat untuk ditumbuhkan pada media mengandung herbisida diuron dan bromosil diperlukan untuk mengetahui lebih lanjut akan kemampuan isolat-isolat tersebut untuk mendegradasi residu herbisida.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kegiatan ini dibiayai oleh anggaran DIPA Pusat Penelitian Biologi LIPI melalui Kegiatan Tolok Ukur Sumberdaya Hayati Tahun Anggaran 2010. Ucapan terima kasih disampaikan kepada rekan berdiskusi di laboratorium yang telah berbagi pendapat. Atas bantuan teknis selama pelaksanaan kerja juga diucapkan terima kepada Nani Mulyani dan Aris Rosmalina.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, M. 1999. *Biodegradation and Bioremediation*. Second ed. Academic Press, New York.
- Anusha, J., PK. Kavitha, CG. Louella, DM. Chetan & CV. Rao. 2009. A study on biodegradation of propoxur by bacteria isolated from municipal solid waste. *Int. J. Biotech. Appl.* 1(2): 26-31.
- Bohmont, BL. 1990. *The standard Pesticide user guide regents/*

- Prentice hall British Standard Institute (1990). Methods of Soil Testing for Civil Engineering Purpose*, p. BS: 1377.
- Chaudhary GR. & AN. Ali. 1988. Bacterial metabolism of carbofuran. *App. Env. Microbio.* 54:1414-1419.
- Chapalmadugu, S. & GR. Chaudhry. 1991. Hydrolysis of carbaryl by a *Pseudomonas* sp and construction of a microbial consortium that completely metabolize carbaryl. *App.Env. Microbio.* 57:744-750.
- Cochran, R. 1997. *Propoxur: Risk characterization document*. Department of Pesticide Regulation. California Environmental Protection Agency.
- Desaint, S., A. Hartmann, NR. Parekh & J.C. Fournier. 2000. Genetic diversity of carbofuran-degrading soil bacteria. *FEMS Microbio. Ecol.* 34: 173- 180.
- Hayatsu, M., M. Hirano & T. Nagata. 1999. Involvement of two plasmids in the degradation of carbaryl by *Arthrobacter* sp. Strain RC100. *App.Envi. Microbio.* 65:1015-1019.
- Hill, IR. & SJL. Write. 1978. *Pesticide Microbiology*. Academic Press, London. p. 586.
- Howard, PH. 1991. *Handbook of Environmental Fate and Exposure Data for Organic Chemicals: Pesticides*. Lewis Publishers. Chelsea. MS., pp. 3-15.
- Jain, RK., M. Kapur, S. Labana, B. Lal, PM. Sarma, D. Bhattacharya & IS. Thakur. 2005. Microbial diversity: Application of microorganisms for the biodegradation of xenobiotics. *Cur. Sci.* 89 (1):101-112.
- Jones RD., TM. Steeger & E. Behl. 2003. *Environmental Fate and Ecological Risk Assesment for the Re-registration of Carbaryl*. Office of Prevention, Pesticides, and Toxic Substances. United State Environmental Protection Agency.
- Kamanavalli, CM. & HZ. Ninnekar. 2000. Biodegradation of propoxur by *Pseudomonas* species. *World J. Microbio. Biotech.* 16:329-331.
- Larkin, MJ. & MJ. Day. 1985. The effect of pH on the selection of carbaryl degrading bacteria from garden soil. *J. Applied Bacterio.* 58:175-185.
- Morel-Chevillet, C., NS. Parekh, D. Pautrel & J. Fournier. 1996. Cross enhancement of carbofuran biodegradation in soil samples previously treated with carbamate pesticides. *Soil Biol. Biochem.* 28, 1767-1776.
- Phale, S. 2005. Biodegradation of carbaryl and phthalate isomers by soil microorganisms. *Env. Health Risk.* 3:427-436.
- Racke, KD. 1993. Environmental fate of chlorpyrifos. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* 13:1-151.
- Rahmansyah, M. & N. Sulistinah. 2009. Performa bakteri pada tanah tercemar pestisida. *Berita Biologi.* 9(5):657-664.
- Rodriguez, LD. & HW. Dorough. 1977. Degradation of carbaryl by soil microorganisms. *Archive Env. Contam. Toxicol.* 6:47-56.

- Schleinitz, KM., S. Schmeling, N. Jehmlich, M.von Bergen, H. Harms, S. Kleinsteuber, S. Vogt & G. Fuchs. 2009. Phenol degradation in the strictly anaerobic Iron-Reducing Bacterium *Geobacter metallireducens* GS-15. *Appl. Env. Microbiol.* 75(12): 3912–3919.
- Singh, B. & A. Walker. 2006. Microbial degradation of organophosphorus compounds. *FEMS Microbial Review.* 30:428–471.
- Turan, K., K. Levent, S. Muhittin & K. Songul. 2008. Bacterial biodegradation of aldicarb and determination of bacterium which has the most biodegradative effect. *Turkish J. Biochem.* 33: 209-214.
- Wolfe, NL., RG Zepp & DF. Paris. 1978. Carbaryl, propham and chloroprotham: A comparison of the rates of hydrolysis and photolysis with the rate of biolysis. *Water Res.* 12: 565-571.

Memasukkan September 2011

Diterima: Juli 2012