

**UJI KEMAMPUAN BAKTERI *Pseudomonas fluorescens*  
SEBAGAI AGENS BIOREMEDIASI INSEKTISIDA  
BERBAHAN AKTIF KARBOFURAN**

Oleh

**SAFIRA RIZKA LESTARI**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS PERTANIAN  
MALANG**

**2019**

## PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi pembimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar di perguruan tinggimanapun dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, 4 Maret 2019

Safira Rizka Lestari



**LEMBAR PERSETUJUAN**

Judul : Uji Kemampuan Bakteri *Pseudomonas fluorescens*  
Sebagai Agens Bioremediasi Insektisida Berbahan  
Aktif Karbofuran

Nama : Safira Rizka Lestari

Nim : 155040207111012

Minat : Hama dan Penyakit Tumbuhan

Program Studi : Agroekoteknologi

Disetujui

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

Dr. Ir. Toto Himawan, MS.  
NIP. 19551119 198303 1 002

Fery Abdul Choliq, SP. MP. MSc.  
NIK. 20150386 0523 1 001

Diketahui,  
Ketua Jurusan

Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS.  
NIP. 19551018 198601 2 001

**Tanggal Persetujuan:**

**LEMBAR PENGESAHAN**

Mengesahkan

**MAJELIS PENGUJI**

Penguji I

Penguji II

Dr. Ir. Gatot Mudjiono  
NIP. 19520125 197903 1 001

Fery Abdul Choliq, SP., MP., M.Sc  
NIK. 20150386 0523 1 001

Penguji III

Penguji IV

Dr. Ir. Toto Himawan, SU  
NIP. 19551119 198303 1 002

Lugman Qurata Aini, SP., MP., Ph.D  
NIP. 19720919 199802 1 001

**Tanggal Lulus :**

## RINGKASAN

**Safira Rizka Lestari. 155040207111012. Uji Kemampuan Bakteri *Pseudomonas fluorescens* Sebagai Agens Bioremediasi Insektisida Berbahan Aktif Karbofuran. Dibawah bimbingan Dr. Ir. Toto Himawan, SU. sebagai Pembimbing Utama dan Fery Abdul Choliq, SP., MP., M.Sc. sebagai Pembimbing Pendamping.**

---

Indonesia dalam memenuhi kebutuhan pangan masih menggunakan sistem tanam monokultur. Sistem tanam monokultur dapat menyebabkan ekosistem menjadi tidak seimbang, sehingga hama dan penyakit sering menyerang. Penggunaan pestisida sintetis menjadi solusi bagi petani. Akan tetapi pestisida, khususnya insektisida bahan aktif karbofuran dapat menghasilkan residu yang susah diuraikan. Terdapat satu upaya untuk mengurangi residu karbofuran yakni dengan melakukan bioremediasi. Bioremediasi merupakan penggunaan mikroorganisme yang ditumbuhkan pada polutan tertentu yang bertujuan untuk mengurangi kadar polutan tersebut (Priadie, 2012).

Penelitian uji kemampuan bakteri *Pseudomonas fluorescens* sebagai agens bioremediasi insektisida berbahan aktif karbofuran ini dilaksanakan di Laboratorium Bakteriologi Penyakit Tumbuhan, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya dari bulan Desember hingga Januari 2019. Alat yang digunakan dalam penelitian adalah LAFC (*Laminar Air Flow Cabinet*), autoklaf, spektrofotometer UV-Vis Spectroquant Pharo 300 M, kuvet, cawan petri, pinset, jarum ose, bunsen, tabung reaksi, spatula, labu erlenmeyer, kompor, panci, korek api, kulkas, botol *Schott*, corong, kertas saring, neraca digital. Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah bakteri *P. fluorescens* kode Pf UB 1 koleksi Jurusan Hama dan Penyakit Tanaman dengan kekeruhan  $1,4 \times 10^8$  cfu/ml, insektisida berbahan aktif karbofuran, kompos yang berasal dari UPT Kompos Universitas Brawijaya, sampel tanah sawah Lahan Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Desa Jatimulyo, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang, aquades, *Nutrient Agar* (NA), *Nutrient Broth* (NB), *Plate Count Agar* (PCA), aseton, kertas Whatmann No. 1, plastik tahan panas, *plastic wrap*, aluminium foil, dan tisu.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan diperoleh *P. fluorescens* mampu bertahan hidup pada media padat NA yang mengandung 8000 ppm karbofuran. *P. fluorescens* tidak menghasilkan zona bening dala uji kemampuan degradasi karbofuran. *P. fluorescens* menyerap karbofuran menjadi sumber karbon serta energi, dan dapat mengurangi konsentrasi karbofuran pada 5 perlakuan yakni 0 ppm, 2000 ppm, 4000 ppm, 6000 ppm, dan 8000 ppm. Penurunan konsentrasi karbofuran berbeda nyata antar perlakuan. *P. fluorescens* mampu mengurangi konsentrasi karbofuran antara 50-86% selama 15 hari pengamatan.



## SUMMARY

**Safira Rizka Lestari. 155040207111012. Ability Test of *Pseudomonas fluorescens* Bacteria as Agents of Bioremediation Carbofuran Insecticides. Under the guidance of Dr. Ir. Toto Himawan, SU. as Main Supervisor and Fery Abdul Choliq, SP., MP., M.Sc. as Co-Supervisor.**

---

Indonesia in fulfilling food needs still uses a monoculture planting system. Monoculture planting systems can cause ecosystems to become unbalanced, so that pests and diseases often attack. The use of synthetic pesticides is a solution for farmers. However, pesticides, especially carbofuran active ingredients, can produce residues that are difficult to decipher. There is an effort to reduce carbofuran residue by conducting bioremediation. Bioremediation is the use of microorganisms grown on certain pollutants that aim to reduce the levels of these pollutants (Priadie, 2012).

The research on the ability of *Pseudomonas fluorescens* bacteria as an insecticide bioremediation agent based on carbofuran was carried out in the Plant Bacteriology Laboratory, Department of Plant Pests and Diseases, Faculty of Agriculture, Brawijaya University from December to January 2019. The tool used in the study was LAF (Laminar Air Flow Cabinet), autoclave, Spectroquant Pharo 300 M UV-Vis spectrophotometer, cuvette, petri dish, tweezers, osseum needle, bunsen, test tube, spatula, erlenmeyer flask, stove, pan, lighters, refrigerator, Schott bottle, funnel, filter paper, digital balance. The material used in the study was *P. fluorescens* code Pf UB 1 collection of Pests and Plant Diseases with turbidity of  $1.4 \times 10^8$  cfu / ml, insecticides with active carbofuran, compost originating from UPT Kompos Universitas Brawijaya, rice field samples Experimental Field Brawijaya University Faculty of Agriculture, Jatimulyo Village, Lowokwaru District, Malang City, Aquades, Nutrient Agar (NA), Nutrient Broth (NB), Plate Count Agar (PCA), Acetone, Whatmann No. 1, heat-resistant plastic, plastic wrap, aluminum foil, and tissue.

Based on the research conducted, *P. fluorescens* was able to survive on NA solid media containing 8000 ppm carbofuran. *P. fluorescens* does not produce clear zones in the test of carbofuran degradation ability. *P. fluorescens* absorbs carbofuran into a carbon source and energy, and can reduce the concentration of carbofuran in 5 treatments, namely 0 ppm, 2000 ppm, 4000 ppm, 6000 ppm, and 8000 ppm. Decreasing carbofuran concentration was significantly different between treatments. *P. fluorescens* is able to reduce the concentration of carbofuran between 50-86% for 15 days of observation.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Uji Kemampuan Bakteri *Pseudomonas fluorescens* Sebagai Agens Bioremediasi Insektisida Berbahan Aktif Karbofuran”.

Pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Toto Himawan, SU, selaku dosen pembimbing utama yang telah membimbing penulis selama penelitian.
2. Fery Abdul Choliq, SP. MP. M.Sc., selaku dosen pembimbing pendamping yang telah membimbing penulis selama penelitian.
3. Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS., selaku ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Universitas Brawijaya.
4. Kedua orang tua dan segenap keluarga, teman-teman serta semua pihak yang telah membantu.

Penulis sangat mengharapkan bimbingan, kritik dan saran yang dapat membangun untuk proses pembuatan skripsi untuk lebih lanjutnya, diharapkan skripsi ini dapat memberikan kontribusi positif berupa informasi bagi semua pihak yang membutuhkan.

Malang, Maret 2019

Penulis

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Denpasar pada tanggal 4 Maret 1997 sebagai putri pertama dari dua bersaudara dari Bapak Purwari S.Pd. dan Ibu Dra. Eka Henny Rakhma Dewi. Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN 5 Padang Sambian pada tahun 2003 sampai 2009, kemudian penulis melanjutkan ke SMP N 4 Denpasar pada tahun 2009 dan selesai pada tahun 2012. Pada tahun 2012 sampai tahun 2015 penulis studi di SMA N 7 Denpasar. Pada tahun 2015 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata-1 Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang, Jawa Timur, melalui jalur SPMK.

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi Juara III menulis essay pertanian yang diselenggarakan oleh IBEMPI 2015, Juara II Lomba Karya Tulis Ilmiah Indonesian Student Summit 2017, Finalis Mahasiswa Berprestasi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya 2018, Juara I Story Telling Olimpiade Dekan 2018, dan Juara III Pop Solo Olimpiade Dekan 2018. Penulis pernah aktif dalam keanggotaan Forum Komunikasi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya tahun 2015-2016, Aliansi Mahasiswa Agroekoteknologi Malang tahun 2016-2017, dan Forum Mahasiswa Agroekoteknologi Indonesia tahun 2016-2017. Penulis pernah aktif dalam kepanitiaan RANTAI (Rangkaian Orientasi Program Studi Agroekoteknologi) tahun 2016, DIES NATALIS ke-54 Universitas Brawijaya tahun 2016, AFTA (Agriculture Family Time with Alumnae) tahun 2017, KPP (Komisi Penyelenggara Pemilihan) HIMAPTA tahun 2018, dan EKSPEDISI (Eksplorasi Potensi dan Kreativitas) HIMAPTA tahun 2018.

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>i</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iii</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>viii</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Hipotesis Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
2.1 Pestisida.....	4
2.2 Insektisida Berbahan Aktif Karbofuran.....	5
2.3 Biodegradasi dan Bioremediasi.....	6
2.4 Degradasi Insektisida Berbahan Aktif Karbofuran .....	8
2.5 Karakteristik Umum Bakteri <i>Pseudomonas</i> sp. ....	9
2.6 Karakteristik Bakteri <i>P. fluorescens</i> Sebagai Agens Bioremediasi.....	10
<b>III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>11</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	11
3.2 Alat dan Bahan .....	11
3.3 Rancangan Penelitian .....	11
3.4 Persiapan Penelitian .....	12
3.5 Pelaksanaan Penelitian .....	14
3.6 Analisis Data .....	17
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>18</b>
4.1 Isolasi Bakteri <i>P. fluorescens</i> .....	18
4.2 Kemampuan Bakteri <i>P. fluorescens</i> Mendegradasi Karbofuran .....	18
4.3 Analisis Perubahan Konsentrasi Karbofuran dalam Sampel Tanah.....	20
<b>V. PENUTUP .....</b>	<b>25</b>
5.1 Kesimpulan.....	25
5.2 Saran.....	25
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>26</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>29</b>



**DAFTAR TABEL**

Nomor	Teks	Halaman
1	Perlakuan uji kemampuan bakteri <i>P. fluorescens</i> mendegradasi insektisida karbofuran .....	11
2	Hasil Uji Kemampuan Bakteri <i>P. fluorescens</i> Mendegradasi Karbofuran .....	19
3	Penurunan konsentrasi karbofuran hari ke-5, 10, dan 15.....	20
4	Peningkatan kerapatan bakteri <i>P. fluorescens</i> hari ke-5, 10, dan 15.....	21



## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1	Titik pengambilan sampel tanah .....	13
2	Menghitung Zona Bening .....	15
3	Hasil isolasi bakteri <i>P. fluorescens</i> pada pengenceran $10^{-10}$ setelah 24 jam.....	18
4	Pertumbuhan bakteri <i>P. fluorescens</i> pada media NA dengan kandungan 8000 ppm karbofuran setelah 24 jam inkubasi.....	19
5	Hasil uji bakteri <i>P. fluorescens</i> mendegradasi karbofuran (a) Perlakuan kontrol, (b) Perlakuan 1 karbofuran 2000 ppm, (c) Perlakuan 2 karbofuran 4000 ppm, (d) Perlakuan 3 karbofuran 6000 ppm, (e) Perlakuan 4 karbofuran 8000 ppm.....	20
6	Grafik interaksi rerata konsentrasi karbofuran (ppm) dan rerata kerapatan populasi bakteri <i>P. fluorescens</i> ( $10^{10}$ CFU/ml) perlakuan 2000 ppm karbofuran .....	22
7	Grafik interaksi rerata konsentrasi karbofuran (ppm) dan rerata kerapatan populasi bakteri <i>P. fluorescens</i> ( $10^{10}$ CFU/ml) perlakuan 4000 ppm karbofuran .....	23
8	Grafik interaksi rerata konsentrasi karbofuran (ppm) dan rerata kerapatan populasi bakteri <i>P. fluorescens</i> ( $10^{10}$ CFU/ml) perlakuan 6000 ppm karbofuran .....	23
9	Grafik interaksi rerata konsentrasi karbofuran (ppm) dan rerata kerapatan populasi bakteri <i>P. fluorescens</i> ( $10^{10}$ CFU/ml) perlakuan 8000 ppm karbofuran .....	24



## DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1	Lampiran 1. Data pengamatan analisis karbofuran dengan spektrofotometri pada panjang gelombang ( $\lambda$ ) = 254 nm dan kerapatan bakteri <i>P. fluorescens</i> pada TPC.....	29
2	Lampiran 2. Hasil Analisis Sampel Tanah.....	30



## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia dalam memenuhi kebutuhan pangan masih menggunakan sistem tanam monokultur. Sistem tanam monokultur dapat menyebabkan ekosistem menjadi tidak seimbang, sehingga seringkali serangan hama dan penyakit muncul di lahan pertanian dan petani menjadi gagal panen. Alasan agar tidak merugi mendorong petani terus menerus menggunakan pestisida sintetis yang dianggap dapat menyelesaikan masalah hama dan penyakit tanaman budidaya milik petani. Penggunaan pestisida yang berlebihan dan tidak sesuai dengan dosis anjuran menyebabkan agroekosistem dapat tercemar dengan adanya residu pestisida. Disisi lain terdapat senyawa kimia yang bersifat racun yang sulit terurai pada pestisida sintetis sehingga akan meningkatkan toksisitas pada area sekitar pertanian dan hasil pertanian.

Pestisida terdiri dari beberapa kelompok salah satunya adalah kelompok insektisida yakni bahan kimia yang digunakan untuk membunuh serangga (Alfiah, 2011). Insektisida berbahan aktif organoklorin merupakan insektisida pioner yang zaman dulu dijadikan andalan petani, sebab dapat ampuh membunuh berbagai macam hama pada seluruh stadia. Akan tetapi sejak insektisida golongan organoklorin tidak diperbolehkan beredar di Indonesia maka insektisida golongan karbamat dijadikan alternatif bagi petani. Insektisida golongan karbamat yang banyak digunakan antara lain adalah jenis adikarb, karbaril, dan karbofuran (Sadjusi dan Lukman, 2004).

Karbofuran tidak hanya dapat berperan sebagai insektisida namun juga sebagai nematisida, dan herbisida dengan cara membenamkannya di dalam tanah sebelum tanaman ditanam. Aplikasi insektisida karbofuran yang dilakukan secara intensif dapat menghasilkan residu insektisida yang mampu menurunkan kualitas hasil pertanian diantaranya seperti beras, melon, dan kedelai (Anshori dan Prasetyono, 2016). Tak hanya itu, hewan ternak seperti itik, dan ayam mengalami kematian sebab terdapat insektisida karbofuran di dalam organ hati Tarmudji dan Yuningsih (1985).

Berdasarkan uraian diatas, diperlukan upaya untuk mengurangi residu insektisida karbofuran dalam tanah yang dapat ditempuh dengan melakukan

bioremediasi. Bioremediasi merupakan penggunaan mikroorganisme yang ditumbuhkan pada polutan tertentu yang bertujuan untuk mengurangi kadar polutan tersebut (Priadie, 2012). Bioremediasi telah banyak dikembangkan untuk pengelolaan limbah yang mengandung senyawa-senyawa kimia yang sulit untuk didegradasi seperti logam-logam berat, petroleum hidrokarbon, dan senyawa-senyawa pestisida (Tortora, 2010). Bioremediasi oleh mikroorganisme merupakan salah satu cara yang tepat dan efektif, serta sedikit memberikan pengaruh pada lingkungan dibandingkan dengan cara penanggulangan limbah yang lain (Fahrudin, 2005).

Mikroorganisme yang sering digunakan sebagai agens bioremediasi adalah bakteri, jamur, khamir, dan alga. Senyawa kimia yang dikeluarkan dalam pertumbuhan dan reproduksi mikroorganisme dapat mendegradasi polutan (Munir, 2006). Mikroorganisme golongan bakteri yang dapat digunakan adalah *Pseudomonas* sp. salah satunya adalah *Pseudomonas fluorescens*. *P. fluorescens* pada penelitian oleh Kumar, dkk (2014) sebagai agens bioremediasi dalam usaha reklamasi tanah yang tercemar senyawa hidrokarbon salah satunya adalah senyawa pestisida. Kemampuan bakteri *P. fluorescens* dalam mendegradasi hidrokarbon dengan menghasilkan biosurfaktan juga menunjukkan bahwa isolat bakteri ini berpotensi untuk digunakan dalam upaya bioremediasi lingkungan akibat residu insektisida karbofuran.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diajukan dari penelitian ini adalah bagaimana kemampuan bakteri *Pseudomonas fluorescens* sebagai agens bioremediasi insektisida berbahan aktif karbofuran.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang diatas maka tujuan penelitian ini adalah mengetahui kemampuan bakteri *P. fluorescens* dalam mendegradasi insektisida berbahan aktif karbofuran di dalam tanah.

## 1.4 Hipotesis Penelitian

Hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah bakteri *P. fluorescens* dapat mendegradasi insektisida berbahan aktif karbofuran di dalam tanah.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada masyarakat umum mengenai pemanfaatan bakteri *P. fluorescens* sebagai pendegradasi insektisida karbofuran, sehingga dapat mengurangi residu karbofuran di dalam tanah.



## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pestisida

Pestisida berasal dari bahasa latin yaitu *pestis* (hama) dan *caedo* (pembunuh), dapat diterjemahkan menjadi racun untuk mengendalikan jasad pengganggu atau yang biasa juga disebut organisma pengganggu tanaman (OPT). Pestisida adalah semua zat yang digunakan untuk membunuh atau mengendalikan hama. Menurut Peraturan Pemerintah RI No. 7 tahun 1973, pestisida adalah semua zat kimia dan bahan-bahan lain serta jasad-jasad renik dari virus yang digunakan untuk:

1. Memberantas atau mencegah hama dan penyakit yang merusak tanaman, bagian-bagian tanaman atau hasil-hasil pertanian
2. Memberantas rerumputan
3. Mematikan daun dan mencegah pertumbuhan yang tidak diinginkan
4. Memberantas atau mencegah hama luar pada hewan piaraan dan ternak
5. Memberantas atau mencegah hama-hama air
6. Mengatur atau merangsang pertumbuhan tanaman atau bagian-bagian tanaman, tidak termasuk pupuk
7. Memberantas atau mencegah binatang-binatang dan jasad-jasad renik dalam rumah, bangunan dan alat-alat pengangkutan
8. Memberantas atau mencegah binatang-binatang yang dapat menyebabkan penyakit pada manusia atau binatang yang perlu dilindungi dengan penggunaan pada tanaman, tanah dan air.

Pestisida berdasarkan pernyataan Matsumura dan Boush (1966), dapat mendepositkan residunya dalam tanah yaitu: (1) teradsorpsi bahan organik tanah, (2) proses pencucian oleh air, (3) ter evaporasi melalui udara, (4) terdegradasi dan atau teraktivasi oleh mikroorganisme tanah, (5) terdekomposisi secara fisiologis akibat kadaan tertentu suatu tanah, (6) telah mengalami fotodekomposisi, dan (7) mengalami translokasi melalui sistem biologis ke lingkungan lain. Karakteristik pestisida yaitu larut dalam air dan polar menyebabkan pestisida bersifat lipofilik dan stabil terhadap reaksi kimia. Terdapat tiga jenis pestisida menurut Yuantari (2009), yakni pestisida non-persisten jika memiliki waktu paruh kurang dari 3 bulan, pestisida semi persisten jika memiliki waktu paruh 3-12 bulan, dan

pestisida persisten jika memiliki waktu paruh lebih dari 12 bulan. Pestisida yang tidak persisten bisa diuraikan di alam menjadi senyawa yang tidak berbahaya (detoksifikasi). Penguraian bisa berlangsung secara kimiawi yaitu dengan cara fotolisis dan hidrolisis, atau secara biologis oleh tanaman dan atau mikroorganisme. Efek residu pestisida yang tidak persisten pada tanaman bisa menurun dengan relatif cepat dalam beberapa bulan. Pestisida modern dari kelompok organofosfat, karbamat dan piretroid umumnya tidak lagi bersifat persisten. Karbofuran termasuk ke dalam pestisida karbamat yang penguraiannya tidak persisten sehingga dapat terdegradasi sempurna dalam waktu 30 hingga 60 hari.

## 2.2 Insektisida Berbahan Aktif Karbofuran

Insektisida karbofuran adalah insektisida golongan karbamat bersifat sistemik yang memiliki bahan aktif yaitu karbofuran (*2,3-dihydro-2,2-dimethyl-7benzofuranyl methylcarbamate*) (Baehaki, 1993). Insektisida karbofuran pada umumnya memiliki bentuk padatan yakni granul ungu tidak berbau. Berat molekul karbofuran 221,28 dengan rumus molekul  $C_{12}H_{15}NO_3$ . Karbofuran memiliki titik lebur  $300^{\circ}C$  serta tekanan uap 0,00002 mmHg pada  $33^{\circ}C$ . Daya larut karbofuran dalam air yaitu 700 ppm pada  $25^{\circ}C$ . Oleh karena sifat yang mudah larut dalam air maka karbofuran mudah diserap oleh tanaman (Sastroutomo, 1992).

Insektisida karbofuran pada individu dewasa bekerja menghambat aktifitas Choline Esterase (AChE) pada sistem saraf manusia, vertebrata, dan serangga. Akumulasi asetilkolin pada simpul syaraf simpangan myoneural menimbulkan efek keracunan (Sastroutomo, 1992). Pemaparan karbofuran saat masa embrional dapat menghambat perkembangan otak hingga sampai suatu individu menetas atau lahir. Perkembangan otak yang terhambat memiliki arti menghambat pula seluruh pusat dari segala aktifitas seperti penglihatan, pendengaran, kontrol pernafasan dan detak jantung, keterampilan bawah sadar, pengaturan suhu badan, tekanan darah, reaksi emosional yang diperlukan untuk bertahan hidup, nafsu makan, agresivitas, reaksi terbang (seperti kejang atau berhalusinasi), dan perasaan seksual (Setiani, 2001).

### 2.3 Biodegradasi dan Bioremediasi

Mekanisme reaksi yang biasanya terjadi dalam menggunakan mikroorganisme sebagai agens degradasi insektisida organofosfat dan karbamat adalah melalui proses hidrolisis esterase (Matsumura dan Boush, 1971). Beberapa penelitian terdahulu mengemukakan bahwa mikroba yang memiliki enzim tanah mampu mendegradasi pestisida. Enzim ini merupakan jenis eksoenzim yang diproduksi jasad mikro yang telah mati (Skujinz, 1966). Selain itu berdasarkan penelitian Matsumura dan Boush (1966), *Trichoderma viride* diketahui memiliki enzim hidrolisis yang dapat mendegradasi pestisida jenis malathion, sedangkan hasil penelitian Ahmed dan Casida (1958) menerangkan bahwa *Pseudomonas fluorescens* dan *Thiobacillus thiooxidans* dapat memecah ikatan sulfat pada pestisida jenis *phorate*. Secara umum terdapat dua jenis proses metabolisme mikroba dalam mendegradasi pestisida, yang pertama merupakan oksidasi tioeter menjadi sulfoksida dan sulfan, sedangkan yang kedua merupakan perubahan N-dealkilasi dari alkalamin.

Biodegradasi adalah terjadinya perubahan senyawa kimia menjadi komponen yang lebih sederhana melalui bantuan mikroorganisme (Sugianto, 2010). Mikroorganisme memiliki potensi yang besar dalam biodegradasi. Kemampuan organisme untuk menurunkan konsentrasi senyawa xenobiotik secara langsung berhubungan dengan adaptasi panjang pada lingkungan dimana senyawa ini ada (Porto, dkk., 2010). Laju biodegradasi pestisida di tanah tergantung 4 variabel yaitu, ketersediaan pestisida atau metabolit untuk organisme, status fisiologi mikroorganisme, kemampuan bertahan hidup mikroorganisme pendegradasi pestisida dan daya dukung mikroorganisme.

Keberhasilan proses degradasi banyak ditentukan oleh aktivitas enzim. Berdasarkan Matsumura dan Boush (1966), hal yang mempengaruhi hilangnya residu pestisida dengan bantuan mikroba antara lain adalah cahaya, udara, keadaan permukaan, kelembaban, dan pH. Hal ini karena aktivitas mikroorganisme dapat optimal dengan pengaturan kondisi dan pemberian suplemen yang sesuai seperti faktor-faktor yang telah disebutkan diatas. Pernyataan tersebut juga didukung oleh Boopathy (2000) yang menjelaskan

faktor-faktor lain yang berpengaruh dan mendukung proses biodegradasi antara lain:

1. Oksigen

Keberadaan oksigen merupakan faktor pembatas laju degradasi hidrokarbon dan juga dibutuhkan untuk pertumbuhan bakteri aerob. Oksigen digunakan untuk mengkatabolisme senyawa hidrokarbon dengan cara mengoksidasi substrat dengan katalisis enzim oksidase. Ketersediaan oksigen dalam tanah tergantung pada kecepatan konsumsi oleh mikroorganisme tanah, tipe tanah dan kehadiran substrat lain juga bereaksi dengan oksigen.

2. Kelembaban

Kelembaban tanah juga dapat mempengaruhi keberadaan kontaminan, transfer gas dan tingkat toksisitas dari kontaminan. Kelembaban sangat penting untuk hidup, tumbuh dan aktivitas metabolik mikroorganisme. Namun kandungan air dalam tanah yang terlalu tinggi selama proses bioremediasi berlangsung akan mengakibatkan sulitnya oksigen untuk masuk ke dalam tanah.

3. pH

Tingkat keasaman (pH) juga merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi laju pertumbuhan mikroorganisme. Kebanyakan bakteri dapat tumbuh dengan baik pada kisaran pH netral (pH 6.5–7.5). Misalnya *P. aeruginosa* mampu tumbuh pada kisaran pH 6.6–7.0 dan mampu bertahan pada kisaran 5.6 – 8.0, sedangkan bakteri tanah *Rhizobium* mampu bertahan pada kisaran pH 3.4 – 8.1.

4. Suhu

Suhu akan berpengaruh terhadap sifat fisik dan kimia, kecepatan degradasi oleh mikroorganisme serta komposisi komunitas mikroorganisme selama proses degradasi.

5. Nutrisi

Mikroorganisme membutuhkan nutrisi sebagai sumber karbon, energi dan keseimbangan metabolisme sel.

Biodegradasi kemudian dilanjutkan dengan bioremediasi karena bioremediasi inilah yang akan menyelesaikan masalah di lapang. Bioremediasi

merupakan proses penguraian limbah organik atau anorganik polutan secara biologi dalam kondisi terkendali dengan tujuan mengontrol, mereduksi atau bahkan mereduksi bahan pencemar dari lingkungan. Menurut definisi (Vidali, 2001), bioremediasi adalah penggunaan organisme hidup, terutama mikroorganisme, untuk mendegradasi kontaminan lingkungan ke dalam bentuk yang kurang beracun. Bioremediasi terjadi karena enzim yang diproduksi oleh mikroorganisme memodifikasi polutan beracun dengan mengubah struktur kimia polutan tersebut, disebut biotransformasi. Pada banyak kasus, biotransformasi berujung pada biodegradasi, dimana polutan beracun terdegradasi, strukturnya menjadi tidak kompleks, dan akhirnya menjadi metabolit yang tidak berbahaya dan tidak beracun.

Bioremediasi dapat dilakukan dengan dua strategi yakni, biostimulan dan bioaugmentasi. Biostimulan adalah teknik dengan menambahkan nutrisi tertentu untuk merangsang aktivitas mikroba (indigenous) (Munir, 2006). Sedangkan bioaugmentasi adalah mengintroduksi mikroba tertentu pada daerah yang akan diremediasi (Munir, 2006). Dalam beberapa hal bioaugmentasi memiliki beberapa kelebihan dibandingkan biostimulasi seperti tingkat degradasi yang lebih cepat dan efektif (Priadie, *dkk.*, 2003).

#### **2.4 Degradasi Insektisida Berbahan Aktif Karbofuran**

Aplikasi insektisida berbahan aktif karbofuran secara terus menerus akan menghasilkan residu atau sisa dalam jangka waktu tertentu sehingga menyebabkan terjadinya peristiwa khemis dan fisis (Sugianto, 2010). Residu insektisida dapat hilang atau terdegradasi dengan beberapa cara diantaranya:

1. Hidrolisis terjadi jika insektisida bereaksi dengan air ( $H_2O$ ) membentuk senyawa metabolitnya.
2. Fitodegradasi yaitu perubahan komposisi senyawa insektisida karena terkena cahaya matahari.
3. Biodegradasi merupakan penguraian senyawa insektisida di alam karena proses biologi. Biodegradasi yang terjadi biasanya akibat aktivitas mikroorganisme.
4. Volatilisasi yakni penguapan insektisida dari padatan atau cair menjadi gas.

Apabila senyawa kimia terdegradasi maka sejumlah zat akan menghilang dan membentuk senyawa baru dengan struktur yang lebih sederhana. Jika dilihat dari toksisitasnya, senyawa baru yang dihasilkan dapat memiliki toksisitas yang lebih rendah atau lebih tinggi dibandingkan senyawa asalnya (Permatasari, 2007). Dalam hal ini penurunan kandungan insektisida karbofuran terjadi karena adanya reaksi oksidasi pada suatu metabolisme seperti metabolisme pada mikroorganisme. Namun, sebenarnya secara umum reaksi oksidasi belum dapat dikatakan sebagai detoksifikasi. Reaksi oksidasi dibedakan menjadi dua yaitu hidroksilasi cincin serta terkadang oksidasi sampai keton, dan oksidasi sisi rantai. Insektisida karbofuran terdegradasi dengan adanya oksidasi hidroksilasi (Matsmura, 1975). Reaksi oksidasi insektisida karbofuran yaitu hidroksilasi cincin menjadi 3-*hydroxycarbofuran* dan selanjutnya oksidasi sampai keton dengan hasil 3-*ketoncarbofuran*.

### 2.5 Karakteristik Umum Bakteri *Pseudomonas* sp.

Bakteri *Pseudomonas* sp. (Suyono dan Salahudin, 2011) merupakan bakteri gram negatif berbentuk batang (*rods*) atau kokus (*coccus*) yang bersifat aerob obligat. *Pseudomonas* sp. memiliki flagel polar, serta bereaksi positif terhadap oksidase dan katalase. *Pseudomonas* sp. tumbuh baik dibawah suhu 43°C dan banyak ditemukan di tanah, tanaman, dan air. *Pseudomonas* sp. (Duffy dan Defago, 1999) banyak dipelajari sebagai agens pengendalian hayati sebab memiliki kombinasi pengendalian hayati yang efektif. *Pseudomonas* sp. menghasilkan metabolit sekunder yakni berupa anti bakteri dan anti fungi. Bakteri *Pseudomonas* sp. juga menghasilkan siderofor yang bisa menghambat pertumbuhan patogen dengan membatasi penggunaan zat besi dalam tanah.

Adapun klasifikasi bakteri *Pseudomonas* sp. adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Bacteria
Filum	: Proteobacteria
Kelas	: Gamma proteobacteria
Ordo	: Pseudomonadales
Famili	: Pseudomonadaceae
Genus	: <i>Pseudomonas</i>
Spesies	: <i>Pseudomonas</i> sp.

## 2.6 Karakteristik Bakteri *P. fluorescens* Sebagai Agens Bioremediasi

*Pseudomonas* sp. merupakan bakteri hidrokarbonoklastik yang mampu mendegradasi berbagai jenis hidrokarbon. Kemampuan bakteri *Pseudomonas* sp. dalam mendegradasi hidrokarbon dan dalam menghasilkan biosurfaktan menunjukkan bahwa isolat bakteri *Pseudomonas* sp. berpotensi untuk digunakan dalam upaya bioremediasi lingkungan akibat pencemaran hidrokarbon. Salah satu contoh bakteri *Pseudomonas* sp. adalah *P. fluorescens*. Secara alami pada tanah yang tercemar terdapat bakteri penghasil biosurfaktan. Biosurfaktan merupakan senyawa yang dihasilkan oleh mikroorganisme yang berfungsi untuk menurunkan tegangan permukaan cairan agar proses bioremediasi dapat berlangsung dengan baik. Dengan adanya bakteri penghasil biosurfaktan maka proses degradasi lingkungan tanah yang tercemar akan berlangsung dengan baik (Utami, 2013).

Biosurfaktan adalah kelompok molekul yang memiliki sifat aktif permukaan. Sifat ini disebabkan biosurfaktan merupakan molekul kompleks yang memiliki gugus hidrofilik dan hidrofobik, sehingga dapat menurunkan tegangan permukaan pada ruang antar air dan minyak (Suryatmana, et. al., 2004). Biosurfaktan merupakan komponen mikroorganisme yang terdiri atas molekul hidrofobik dan hidrofilik, yang mampu mengikat molekul hidrokarbon tidak larut air dan mampu menurunkan tegangan permukaan. Selain itu biosurfaktan secara ekstraseluler menyebabkan emulsifikasi hidrokarbon sehingga mudah untuk didegradasi (Fatimah, 2007). Hal ini menyebabkan tingkat dispersi dan emulsifikasi minyak bumi meningkat dalam air. Beberapa peneliti mengklasifikasikan biosurfaktan kedalam katagori berikut ini: (i) glikolipid, (ii) lipopeptida, (iii) asam lemak, lemak netral, fosfolipid (iv) surfaktan polimerik dan (v) biosurfaktan partikulat. Kelompok senyawa ini merupakan produk ekstraseluler yang disintesis oleh beberapa kelompok mikroorganisme (Suryatmana, et. al., 2004).

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bakteriologi Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Penelitian dilaksanakan selama 2 bulan yaitu pada bulan Desember 2018 hingga Januari 2019.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah LAFC (*Laminar Air Flow Cabinet*), autoklaf, spektrofotometer UV-Vis Spectroquant Pharo 300 M, kuvet, cawan petri, pinset, jarum ose, bunsen, tabung reaksi, spatula, labu erlenmeyer, kompor, panci, korek api, kulkas, botol *Schott*, corong, kertas saring, neraca digital.

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah bakteri *P. fluorescens* kode Pf UB 1 koleksi Jurusan Hama dan Penyakit Tanaman dengan kekeruhan  $1,4 \times 10^8$  cfu/ml, insektisida berbahan aktif karbofuran, kompos yang berasal dari UPT Kompos Universitas Brawijaya, sampel tanah, aquades, *Nutrient Agar* (NA), *Nutrient Broth* (NB), *Plate Count Agar* (PCA), aseton, kertas Whatmann No. 1, plastik tahan panas, *plastic wrap*, aluminium foil, dan tisu.

#### 3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan 5 perlakuan yaitu taraf konsentrasi karbofuran diulang sebanyak 5 kali, sehingga mendapatkan 25 unit sampel penelitian. Penelitian ini dilakukan dengan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL). Adapun 5 perlakuan penelitian adalah sebagai berikut:

**Tabel 1.** Perlakuan uji kemampuan bakteri *P. fluorescens* mendegradasi insektisida karbofuran

No.	Perlakuan	Keterangan
1.	P1	Kontrol (0 ppm)
2.	P2	2000 ppm
3.	P3	4000 ppm
4.	P4	6000 ppm
5.	P5	8000 ppm

### 3.4 Persiapan Penelitian

#### 3.4.1 Sterilisasi Alat

Alat yang disterilisasi adalah cawan petri, tabung erlenmeyer, botol media, dan tabung reaksi. Alat-alat dimasukkan ke dalam plastik tahan panas, lalu dimasukkan ke dalam autoklaf pada temperatur 121°C dan tekanan 1,5 atm selama 60 menit. Alat yang tidak tahan panas disterilisasi dengan menggunakan klorox, alkohol, dan aquades.

#### 3.4.2 Persiapan Media Kultur

##### 1) Pembuatan Media *Nutrient Agar* (NA).

*Nutrient Agar* ditimbang sebanyak 20 gr dicampurkan aquades 1000 ml, lalu dipanaskan dan diaduk. NA yang homogen disterilisasi dalam autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. Media didinginkan (sekitar 40°C) lalu dituang ke dalam botol *Schott*.

##### 2) Pembuatan Media *Nutrient Broth* (NB)

*Nutrient Broth* 8 gr dilarutkan dalam 1000 ml aquades, dipanaskan hingga larut. NB yang homogen disterilisasi pada suhu 121°C dan tekanan sebesar 1 atm selama 15 menit di autoklaf. Media didinginkan (sekitar 40°C) lalu dituang ke dalam botol *Schott*.

##### 3) Pembuatan Media *Nutrient Agar* (NA) Adaptasi

*Nutrient Agar* sebanyak 5 gr dan insektisida karbofuran sebanyak 2 gr dilarutkan dalam 250 ml aquades, dipanaskan hingga larut. NA dan karbofuran yang homogen disterilisasi pada suhu 121°C dan tekanan sebesar 1 atm selama 15 menit di autoklaf. Media didinginkan (sekitar 40°C) lalu dituang ke dalam botol *Schott*.

##### 4) Pembuatan Media *Nutrient Broth* (NB) Adaptasi

*Nutrient Broth* sebanyak 2 gr dan insektisida karbofuran (0.5 gr, 1 gr, 1.5 gr, 2 gr) dilarutkan dalam 250 ml aquades, dipanaskan hingga larut. NB dan karbofuran yang homogen disterilisasi pada suhu 121°C dan tekanan sebesar 1 atm selama 15 menit di autoklaf. Media didinginkan (sekitar 40°C) lalu dituang ke dalam botol *Schott*.

### 5) Pembuatan Media *Plate Count Agar* (PCA)

*Plate Count Agar* sebanyak 23 gr dan dilarutkan dalam aquades 1000 ml, dipanaskan sambil diaduk. PCA yang homogen disterilisasi pada suhu 121°C dan tekanan sebesar 1 atm selama 15 menit di autoklaf. Media didinginkan (sekitar 40°C) lalu dituang ke dalam botol *Schott*.

#### 3.4.3 Pembuatan Larutan Stok Karbofuran

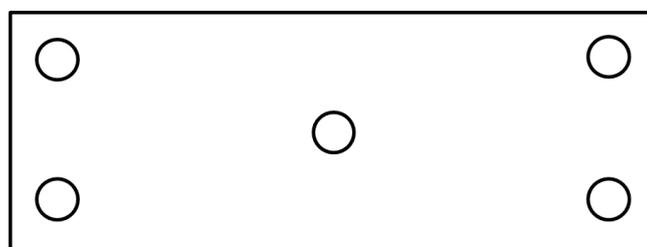
Insektisida Furadan 3GR dihaluskan sebanyak 2 gr, 4 gr, 6 gr, dan 8 gr. Masing-masing dilarutkan pada 1000 ml aquades, diaduk hingga homogen.

#### 3.4.4 Peremajaan Isolat Bakteri *P. fluorescens*

Isolat bakteri *P. fluorescens* diremajakan dengan 2 cara. Pertama, isolat bakteri *P. fluorescens* diambil 1 ose lalu dihomogenkan dalam 250 ml media NB, digojog selama 24 jam pada kecepatan 100 rpm. Kedua, isolat bakteri *P. fluorescens* diambil 1 ose lalu digoreskan secara zig-zag pada permukaan media NA padat, diinkubasi selama 24 jam.

#### 3.4.5 Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan di lahan budidaya tanaman padi Lahan Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Desa Jatimulyo, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang. Sampel tanah yang diambil merupakan sampel tanah komposit sebanyak 20 kg. Pengambilan sampel tanah komposit dilakukan dengan menggunakan metode diagonal yaitu pengambilan sampel di 5 titik (1 titik pusat dan 4 titik diagonal) dengan kedalaman 0-10 cm (*top soil*). Jarak antar titik adalah  $\pm 50$  m diukur dari titik pusat. Sampel tanah yang telah diambil lalu dikering anginkan. Sampel tanah diayak, dan ditimbang 13 kg digunakan untuk media perlakuan bioremediasi.



Keterangan:

○ : Titik pengambilan sampel      □ : Petak lahan

**Gambar 1.** Titik pengambilan sampel tanah

#### 3.4.6 Analisis Kimia Sampel Tanah

Sampel tanah kering angin ditimbang 10 gr untuk analisa kandungan kimia di Laboratorium Kimia Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Analisis kimia yang dilakukan antara lain adalah pH tanah, dan kandungan C-Organik. Analisis kimia tanah dibutuhkan untuk menentukan kebutuhan kompos yang akan diaplikasikan.

#### 3.4.7 Aklimatisasi dan Pengukuran Pertumbuhan Sel Bakteri *P. fluorescens*

Aklimatisasi bertujuan agar bakteri *P. fluorescens* dapat beradaptasi sebelum dicampurkan ke tanah yang tercemar karbofuran. Aklimatisasi dilakukan dengan mencampur media cair NB adaptasi sebanyak 100 ml dengan 2 ml bakteri *P. fluorescens* hasil peremajaan. Campuran lalu digojog dengan *orbital shaker* dengan kecepatan 100 rpm selama 24 jam pada suhu ruang (28-30°C).

Perhitungan jumlah sel dilakukan dengan metode *Standard Plate Count* (SNI 01-2897-1992). Sebanyak 1 ml media hasil aklimatisasi diencerkan, kemudian diinokulasikan ke media PCA dengan metode cawan sebar lalu diinkubasi selama 24 jam dan jumlah koloni yang tumbuh dihitung. Estimasi jumlah sel bakteri tumbuh dihitung dengan rumus:

$$\text{Estimasi jumlah sel} = \text{Jumlah Koloni} \times \frac{1}{\text{Faktor pengenceran}} \text{ (CFU/ml)}$$

### 3.5 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.5.1 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan diperlukan untuk mengetahui pertumbuhan isolat bakteri *P. fluorescens* kode Pf UB 1. Metode yang digunakan dalam penelitian pendahuluan adalah metode *Total Plate Count* (TPC). Sebanyak 1 ml isolat diencerkan pada 9 ml aquades. Sebanyak 1 ml dari larutan tersebut diambil lalu dimasukkan kedalam 9 ml aquades lainnya sehingga didapatkan pengenceran  $10^{-2}$ . Begitu seterusnya sampai mencapai pengenceran yang diharapkan.

Setelah dilakukan pengenceran, masing-masing larutan kemudian diinokulasikan ke media PCA dengan metode cawan sebar lalu diinkubasi selama 24 jam. Jumlah koloni masing-masing cawan diamati dan dihitung. Penghitungan dilakukan mengikuti metode *Standard Plate Count* (SPC) SNI 01-2897-1992 dengan rumus:

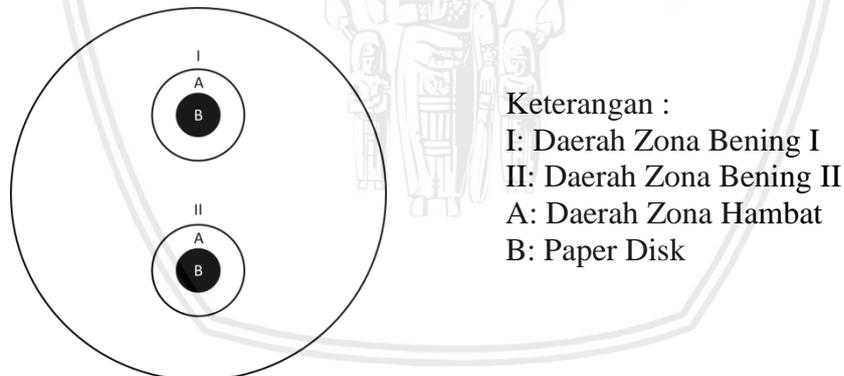
$$\text{Estimasi jumlah sel} = \text{Jumlah Koloni} \times \frac{1}{\text{Faktor pengenceran}} \text{ (CFU/ml)}$$

### 3.5.2 Pelaksanaan Penelitian Tahap 1

#### Uji Kemampuan Degradasi Karbofuran

Sebelum dilakukan uji kemampuan degradasi, bakteri *P. fluorescens* diambil dari isolat awal kemudian dilakukan metode *streak plate* pada media NA adaptasi. Bakteri *P. fluorescens* kemudian dilihat pertumbuhannya setelah 24 jam inkubasi.

Uji kemampuan degradasi selanjutnya dilakukan merujuk pada metode milik Rundengan, dkk (2017). Bakteri *P. fluorescens* yang telah diremajakan dalam NB dimurnikan sebanyak 1 ml pada permukaan NA dan diratakan dengan stik L. Kertas cakram (*paper disc*) direndam pada insektisida karbofuran dengan konsentrasi 2000 ppm, 4000 ppm, 6000 ppm, 8000 ppm. Kertas cakram diletakkan pada permukaan NA. Zona bening atau zona hambat diamati setelah masa inkubasi 24 jam. Pengukuran zona hambat dapat dilakukan dengan bantuan alat jangka sorong menggunakan rumus sebagai berikut:



**Gambar 2.** Menghitung Zona Bening

1. Cara menghitung diameter rata-rata zona hambat:

Diameter zona bening I = Diameter A – Diameter B

Diameter zona bening II = Diameter A – Diameter B

$d = (\text{Diameter I} + \text{Diameter II}) : 2$

2. Catatan:

Diameter >20 mm : daya hambat sangat kuat (bakteri sangat rentan)

Diameter 10 – 20 mm : daya hambat kuat (bakteri rentan)

Diameter 5 – 10 mm : daya hambat cukup/medium (bakteri cukup resisten)

Diameter < 5 mm : daya hambat kurang (Bakteri resisten)

### 3.5.3 Pelaksanaan Penelitian Tahap 2

#### 1) Inokulasi Bakteri *P. fluorescens* ke Dalam Tanah

Tanah kering angin diambil 13 kg diberikan kompos produksi Ecogreen Recycling Plaza Universitas Brawijaya sesuai dengan hasil analisa tanah (Lampiran 2), dan diinkubasi selama 1 hari. Tanah kompos selanjutnya disterilisasi pada suhu 121°C dalam autoklaf selama 15 menit.

Tanah kompos steril yang sudah disiapkan diambil sebanyak 500 gram lalu dicemari pestisida karbofuran sebanyak 10 ml (2000 ppm, 4000 ppm, 6000, ppm, 8000 ppm) dan diinkubasi selama 1 hari. Bakteri *P. fluorescens* hasil aklimatisasi diinokulasikan sebanyak 5 ml ke dalam tanah.

#### 2) Analisis Kandungan Karbofuran pada Sampel Tanah

Analisis kandungan karbofuran pada sampel tanah dilakukan dengan menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis Spectroquant Pharo 300 M. Spektrofotometri adalah suatu metode pengukuran serapan radiasi elektromagnetik pada panjang gelombang tertentu yang sempit dan mendekati monokromatik dan diserap oleh zat. Secara umum terdapat beberapa langkah dalam mengukur kadar karbofuran, yakni penentuan kurva standar, penentuan panjang gelombang maksimal, dan pengukuran kadar sampel.

Metode spektrofotometri yang digunakan merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh Mohammed, dkk (2014) yang telah dimodifikasi. Pada penelitiannya kurva standar ditentukan dengan membuat larutan standar tunggal karbofuran dengan kemurnian 99% dengan konsentrasi 10, 8, 6, 5, 4, dan 2 ppm dalam labu ukur 50 ml yang diencerkan dengan air terdeionisasi. Kurva standar yang telah dirumuskan dalam grafik lalu digunakan sebagai dasar penentuan panjang gelombang maksimum yakni dengan mempersiapkan etanol sebagai larutan blanko sehingga panjang gelombang yang dihasilkan adalah 254 nm.

Pengukuran kadar sampel dilakukan dengan mengambil 100 gr setiap sampel tanah lalu dicampur dengan 200 ml aseton sebagai pelarut selama 5

menit. Sampel selanjutnya disaring dengan kertas Whatmann No. 1 dan dimasukkan kedalam labu ukur. Larutan hasil penyaringan lalu diukur dalam spektrofotometri UV-Vis sebanyak 1.5 ml. Analisis residu pestisida karbofuran dilakukan pada hari ke-5, 10, dan 15 pengamatan.

Selain dilakukan pengukuran terhadap residu pestisida, pengukuran pertumbuhan bakteri *P. fluorescens* pada tanah juga dilakukan. Selama 15 hari masa inkubasi, pada hari ke-5, 10, dan 15 diambil 1 ml biakan dan di *plate count* di media PCA untuk mendapatkan jumlah bakteri yang tumbuh pada tanah. Estimasi jumlah sel bakteri tumbuh dihitung dengan rumus:

$$\text{Estimasi jumlah sel} = \text{Jumlah Koloni} \times \frac{1}{\text{Faktor pengenceran}} \text{ (CFU/ml)}$$

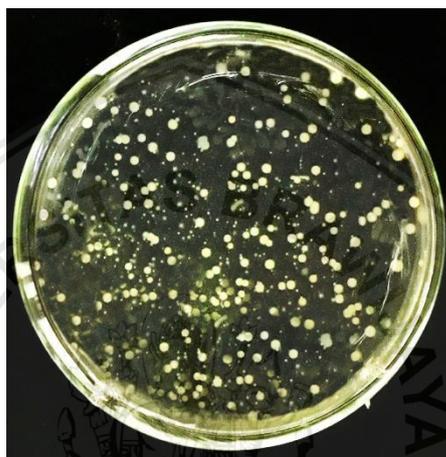
### 3.6 Analisis Data

Data pengamatan dianalisis dengan menggunakan analisis ragam uji F ANOVA pada taraf 5%. Bila hasil pengujian terdapat perbedaan nyata maka dilanjutkan dengan Uji DNMRT (*Duncan's New Multiple Range Test*) pada taraf 5%.

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Isolasi Bakteri *P. fluorescens*

Bakteri *P. fluorescens* yang digunakan dalam penelitian berasal dari koleksi Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan. Isolasi bakteri *P. fluorescens* dilakukan dengan menggunakan metode pengenceran bertingkat. Hasil pengenceran  $10^{-7}$ ,  $10^{-8}$ ,  $10^{-9}$ , dan  $10^{-10}$  kemudian dimurnikan dalam media PCA untuk dihitung kerapatannya dengan menggunakan metode TPC.



**Gambar 3.** Hasil isolasi bakteri *P. fluorescens* pada pengenceran  $10^{-10}$  setelah 24 jam inkubasi

Hasil perhitungan dengan metode TPC menunjukkan kerapatan populasi bakteri *P. fluorescens* yakni  $146 \times 10^{-10}$ . Larutan kultur bakteri *P. fluorescens* kemudian diencerkan lagi sehingga kerapatan populasi bakteri mencapai  $1 \times 10^{-10}$ .

### 4.2. Kemampuan Bakteri *P. fluorescens* Mendegradasi Karbofuran

Uji kemampuan bakteri *P. fluorescens* dalam mendegradasi karbofuran didahului dengan melakukan metode *streak plate* pada media nutrisi agar yang telah dicampurkan konsentrasi karbofuran tertinggi dalam perlakuan yaitu sebanyak 8000 ppm. Gambar 3 menunjukkan bahwa bakteri *P. fluorescens* mampu hidup dalam media adaptasi karbofuran dengan baik.



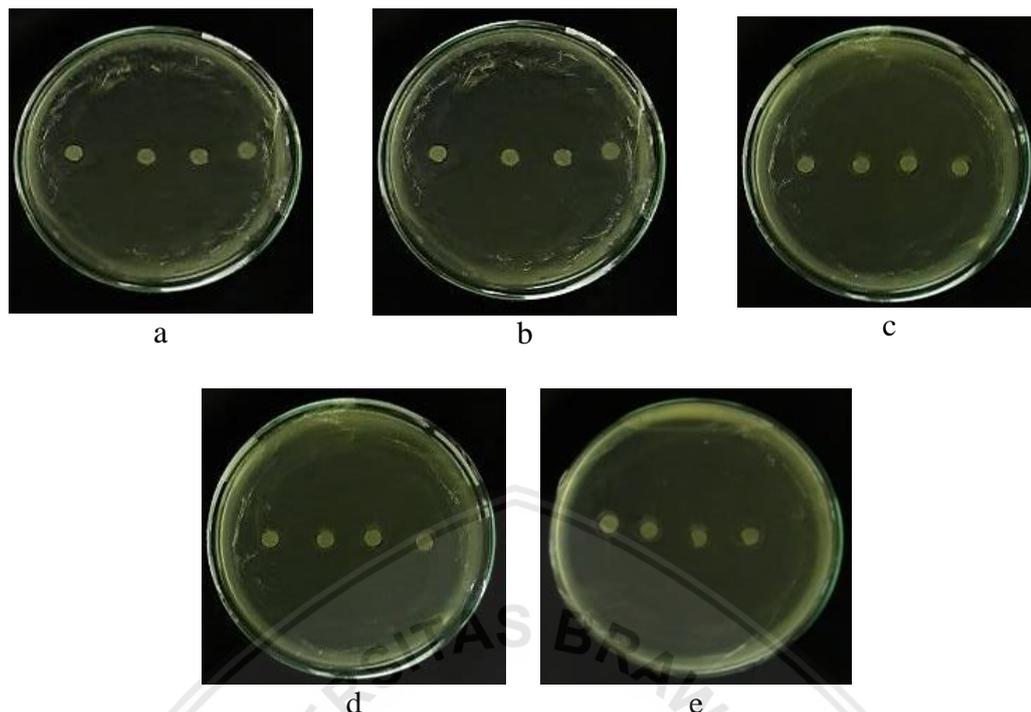
**Gambar 4.** Pertumbuhan bakteri *P. fluorescens* pada media NA dengan kandungan 8000 ppm karbofuran setelah 24 jam inkubasi

Uji kemampuan degradasi bakteri *P. fluorescens* terhadap karbofuran dilanjutkan dengan uji zona bening. Uji zona bening dilakukan dengan 5 perlakuan dan diamati setiap hari ke-5, 10 dan 15 (Tabel 2).

**Tabel 2.** Hasil Uji Kemampuan Bakteri *P. fluorescens* Mendegradasi Karbofuran

No.	Perlakuan Konsentrasi Karbofuran	Diameter Zona Bening (mm)		
		Hari ke-5	Hari ke-10	Hari ke-15
1.	0 ppm	0	0	0
2.	2000 ppm	0	0	0
3.	4000 ppm	0	0	0
4.	6000 ppm	0	0	0
5.	8000 ppm	0	0	0

Zona bening atau zona hambat tidak muncul pada setiap perlakuan baik pada pengamatan hari ke-5, 10, dan maupun 15. *Pseudomonas sp.* berdasarkan pernyataan Fatimah (2007) dalam beradaptasi dengan zat hidrokarbon maka akan memproduksi enzim regulatori yang berperan dalam sintesis biosurfaktan. Biosurfaktan yang dihasilkan membantu bakteri *Pseudomonas sp.* untuk melarutkan hidrokarbon hingga ke tingkat sel. Oleh karena itu bakteri *P. fluorescens* tidak membentuk suspensi dan menimbulkan sifat *opaque* (buram) saat dilakukan uji zona bening.



**Gambar 5.** Hasil uji bakteri *P. fluorescens* mendegradasi karbofuran (a) Perlakuan kontrol, (b) Perlakuan 1 karbofuran 2000 ppm, (c) Perlakuan 2 karbofuran 4000 ppm, (d) Perlakuan 3 karbofuran 6000 ppm, (e) Perlakuan 4 karbofuran 8000 ppm

#### 4.3. Analisis Perubahan Konsentrasi Karbofuran dalam Sampel Tanah

Analisis konsentrasi karbofuran dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Pengambilan sampel untuk analisis karbofuran dilakukan pada hari ke-5, 10, dan 15.

**Tabel 3.** Penurunan konsentrasi karbofuran hari ke-5, 10, dan 15

No.	Perlakuan	Penurunan Konsentrasi Karbofuran Hari ke-		
		(% )		
		5	10	15
1.	2000 ppm	54,90 a A	61,52 b B	78,68 a C
2.	4000 ppm	57,53 b A	58,93 a B	83,61 b C
3.	6000 ppm	59,36 c A	82,53 c B	85,51 c C
4.	8000 ppm	79,83 d A	83,63 d B	86,19 d C

Keterangan : Bilangan yang didampingi huruf yang berbeda menunjukkan beda nyata pada uji *Duncan's New Multiple Range Test* (DNMRT) 5%

Tabel 3 menunjukkan penurunan konsentrasi karbofuran antar perlakuan dari hari ke-5 sampai hari ke-15 berbeda nyata. Hal ini menjelaskan bahwa

keempat perlakuan dan masa inkubasi mempengaruhi penurunan konsentrasi karbofuran secara signifikan. Perlakuan yang diberikan berbanding lurus terhadap penurunan konsentrasi karbofuran, dimana semakin tinggi perlakuan konsentrasi yang diberikan maka penurunan yang konsentrasi karbofuran juga semakin tinggi. Masa inkubasi juga berbanding lurus terhadap penurunan konsentrasi karbofuran, dimana semakin lama masa inkubasi maka semakin tinggi penurunan konsentrasi karbofuran.

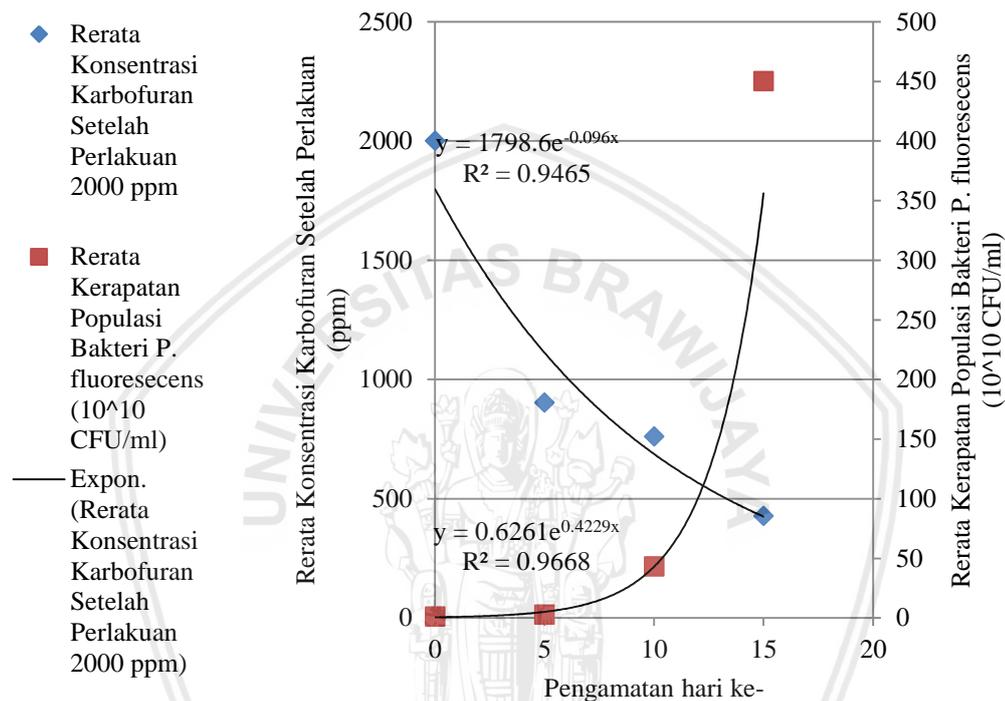
**Tabel 4.** Peningkatan kerapatan bakteri *P. fluorescens* hari ke-5, 10, dan 15

No.	Perlakuan	Kerapatan Bakteri <i>P. fluorescens</i> Hari ke-		
		(CFU/ml)		
		5	10	15
1.	0 ppm	$2,73.10^{10}$ e	$1,8.10^{11}$ a	$2,81.10^{12}$ a
		A	B	C
2.	2000 ppm	$2,57.10^{10}$ d	$4,48.10^{11}$ b	$4,52.10^{12}$ b
		A	B	C
3.	4000 ppm	$2,34.10^{10}$ c	$6,8.10^{11}$ c	$8,81.10^{12}$ c
		A	B	C
4.	6000 ppm	$2,22.10^{10}$ b	$1,88.10^{12}$ d	$1,95.10^{13}$ d
		A	B	C
5.	8000 ppm	$2,17.10^{10}$ a	$2,18.10^{12}$ e	$2,56.10^{13}$ e
		A	B	C

Keterangan : Bilangan yang didampingi huruf yang berbeda menunjukkan bed nyata pada uji *Duncan's New Multiple Range Test* (DNMRT) 5%

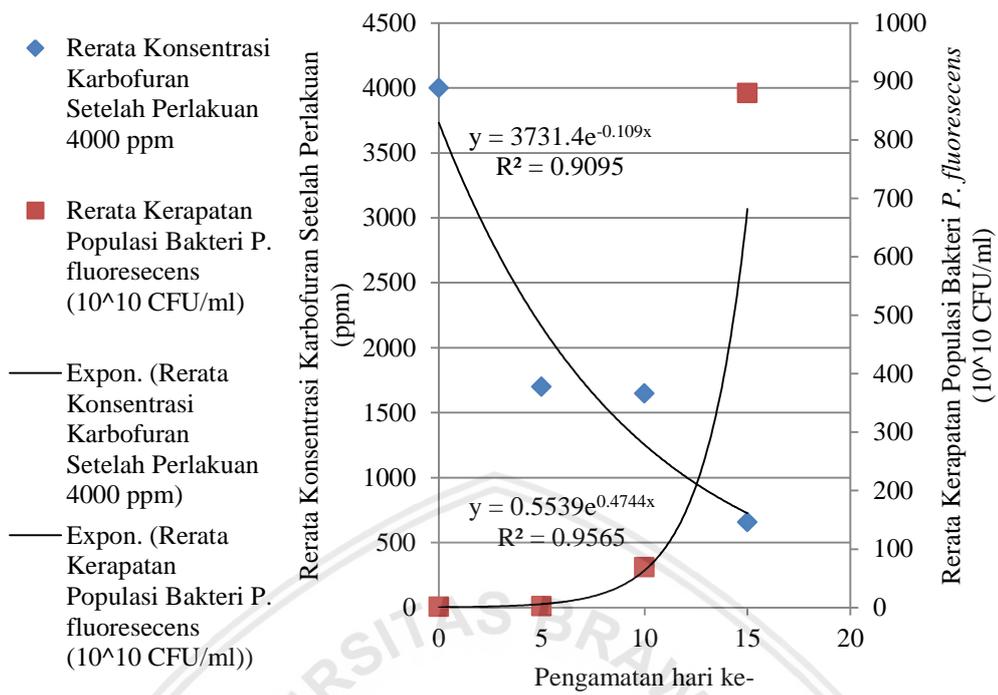
Tabel 4 menunjukkan peningkatan kerapatan bakteri *P. fluorescens* antar perlakuan dari hari ke-5 sampai hari ke-15 berbeda nyata. Hal ini menjelaskan bahwa kelima perlakuan dan masa inkubasi mempengaruhi peningkatan kerapatan bakteri *P. fluorescens* secara signifikan. Perlakuan konsentrasi karbofuran yang diberikan berbanding terbalik terhadap peningkatan kerapatan bakteri *P. fluorescens* pada hari ke-5, dimana semakin tinggi perlakuan konsentrasi yang diberikan maka peningkatan kerapatan bakteri *P. fluorescens* juga semakin rendah. Namun sebaliknya pada hari ke-10 dan 15, perlakuan konsentrasi karbofuran berbanding lurus terhadap peningkatan kerapatan bakteri *P. fluorescens*, dimana semakin tinggi perlakuan konsentrasi karbofuran maka semakin tinggi pula peningkatan kerapatan bakteri *P. fluorescens*. Masa inkubasi berbanding lurus terhadap peningkatan kerapatan bakteri *P. fluorescens*, dimana semakin lama masa inkubasi maka semakin tinggi peningkatan kerapatan bakteri *P. fluorescens*.

Berdasarkan hasil pengamatan, pada perlakuan kontrol bakteri *P. fluorescens* terus tumbuh sampai hari ke-15. Pertumbuhan bakteri *P. fluorescens* mengikuti kurva sigmoid dan mengalami fase eksponensial mulai hari ke-10. Pada perlakuan 2000 ppm karbofuran, bakteri *P. fluorescens* mampu terus tumbuh hingga hari ke-15. Sedangkan konsentrasi karbofuran mengalami penurunan sejak pengamatan hari ke-5 hingga hari ke-15.

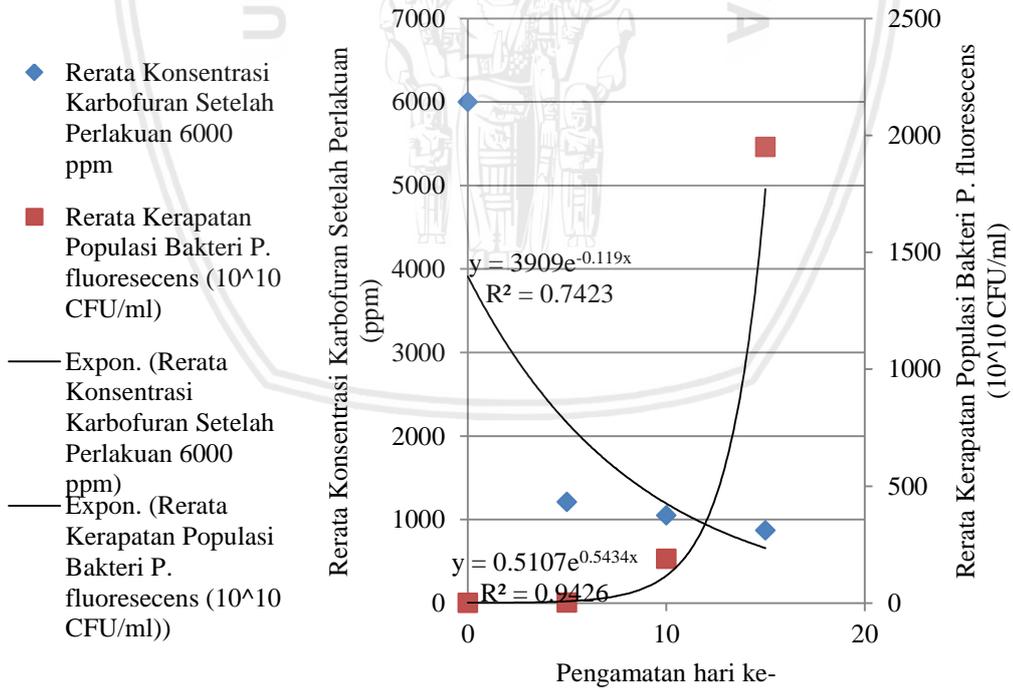


**Gambar 6.** Grafik interaksi rerata konsentrasi karbofuran (ppm) dan rerata kerapatan populasi bakteri *P. fluorescens* ( $10^{10}$  CFU/ml) perlakuan 2000 ppm karbofuran

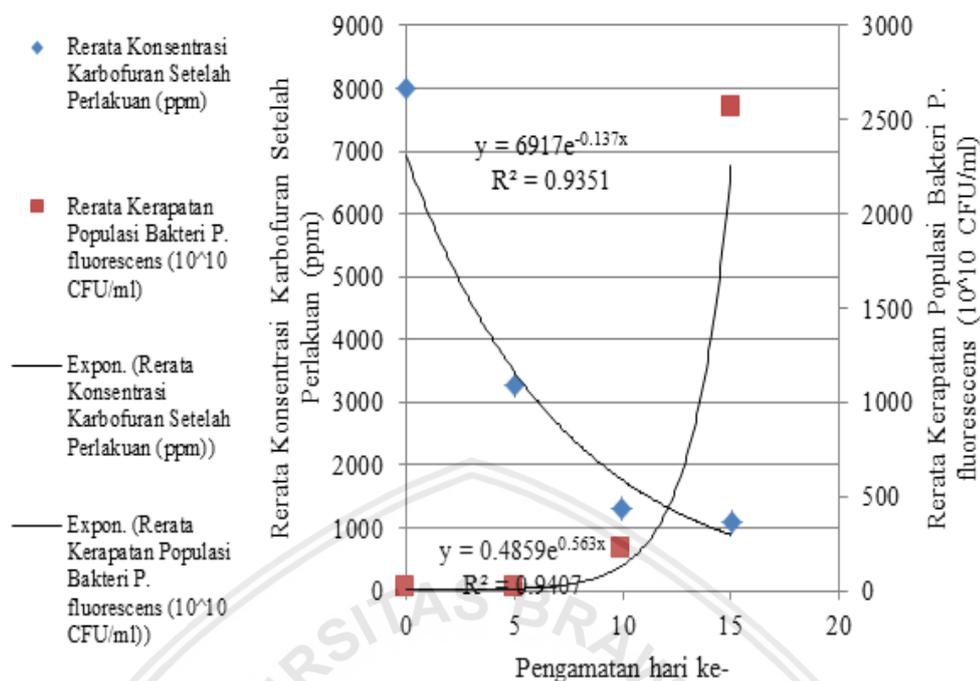
Pada perlakuan 4000, 6000, dan 8000 ppm karbofuran, bakteri *P. fluorescens* terus tumbuh hingga hari ke-15 dan mengalami fase eksponensial mulai hari ke-10. Konsentrasi karbofuran pada perlakuan 4000 ppm mengalami penurunan sejak pengamatan hari ke-5, statis pada hari ke-10, dan turun lagi pada hari ke-15 (Gambar 6). Konsentrasi karbofuran pada perlakuan 6000 ppm karbofuran mengalami penurunan drastis pada hari ke-5, kemudian cenderung statis pada hari ke-10 dan 15 (Gambar 7). Sedangkan konsentrasi karbofuran perlakuan 8000 ppm menurun saat pengamatan hari ke-5, terus turun pada hari ke-10, dan cenderung statis pada hari ke-15 (Gambar 8).



**Gambar 7.** Grafik interaksi rerata konsentrasi karbofuran (ppm) dan rerata kerapatan populasi bakteri *P. fluorescens* ( $10^{10}$  CFU/ml) perlakuan 4000 ppm karbofuran



**Gambar 8.** Grafik interaksi rerata konsentrasi karbofuran (ppm) dan rerata kerapatan populasi bakteri *P. fluorescens* ( $10^{10}$  CFU/ml) perlakuan 6000 ppm karbofuran



**Gambar 9.** Grafik interaksi rerata konsentrasi karbofuran (ppm) dan rerata kepadatan populasi bakteri *P. fluorescens* ( $10^{10}$  CFU/ml) perlakuan 8000 ppm karbofuran

Peningkatan jumlah kepadatan bakteri *P. fluorescens* terjadi karena didukung oleh faktor suhu dan pH yang optimum serta sumber yang cukup untuk pertumbuhan bakteri *P. fluorescens*. Temperatur sangat berpengaruh terhadap kecepatan reaksi kimiawi ataupun secara enzimatik dalam proses bioremediasi. Suhu optimum untuk proses bioremediasi adalah suhu ruang berkisar antara 20-40°C (Jumbriah, 2006). Suhu yang terlalu tinggi atau lebih dari 40°C dan pH yang terlalu asam atau kurang dari 5 akan menyebabkan aktivitas mikroorganismenya terhambat. Proses degradasi dalam penelitian ini dikondisikan pada pH 5-7 dengan kadar air 30-50% dan suhu 28-32°C. Dimana kondisi ini merupakan kondisi yang optimum untuk pertumbuhan mikroorganismenya sehingga mendukung terjadinya peningkatan jumlah populasi dan aktivitas bakteri *P. fluorescens*. Mikroorganismenya dapat tumbuh dan berkembang biak dengan baik pada kondisi pH netral karena pada kondisi tersebut zat-zat makanan bagi mikroorganismenya mudah larut dalam air yang ada dalam tanah dan kerja enzim yang dihasilkan oleh mikroorganismenya menjadi maksimal.

## V. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan penelitian ini adalah *P. fluorescens* mampu bertahan hidup pada media padat NA yang mengandung 8000 ppm karbofuran, namun tidak menghasilkan zona bening pada uji kemampuan degradasi karbofuran. *P. fluorescens* dapat mengurangi konsentrasi karbofuran pada 5 perlakuan yakni 0 ppm, 2000 ppm, 4000 ppm, 6000 ppm, dan 8000 ppm. *P. fluorescens* mampu mengurangi konsentrasi karbofuran antara 50-86% selama 15 hari pengamatan pada perlakuan konsentrasi karbofuran 2000 ppm, 4000 ppm, 6000 ppm, dan 8000 ppm. Rata-rata penurunan konsentrasi karbofuran dan pertumbuhan bakteri *P. fluorescens* terbanyak ada pada perlakuan 8000 ppm karbofuran yaitu 83,22%.

### 5.2 Saran

Saran yang diajukan dalam penelitian ini yaitu,

1. Perlu penelitian lebih lanjut menggunakan bakteri *P. fluorescens* dan pengaplikasiannya di lapangan, mengidentifikasi senyawa turunan hasil degradasi, serta melakukan uji toksisitas untuk mengetahui pengaruh pestisida (karbofuran) dan turunannya terhadap tanaman.
2. Dalam proses degradasi ini melibatkan hanya bakteri *P. fluorescens* sehingga perlu studi lanjut dengan menggunakan beragam mikroorganisme atau konsorsium bakteri untuk mengetahui kemampuannya mendegradasi karbofuran dalam tanah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alfiah, S. 2011. Dikloro Difenil Trikoloetan (DDT). Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Vektor dan Reservoir Penyakit. Salatiga.
- Anshori, A. dan C. Prasetyono. 2016. Pestisida pada Budidaya Kedelai Kabupaten Bantul D. I. Yogyakarta. *Journal of Sustainable Agriculture*. Vol. 31 No. 1 Hal. 38-44. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP). Yogyakarta.
- Atlas, R.M. dan R. Berta. 1992. Hydrocarbon Biodegradation and Oil Spill Bioremediation, *Adv. Microbial Ecol.* 12 : 287-338.
- Baehaki. 1993. Insektisida Pengendalian Hama Tanaman. Angkasa. Bandung.
- Boophaty R. 2000. Factor Limiting Bioremediation Technology. Review paper. *Bioresource Technology*. 74: 63-67.
- Chanif, I., Djauhari, S., dan Aini, L. Q. 2015. Uji Potensi Jamur Pelapuk Putih Dalam Bioremediasi Insektisida Karbofuran. *Jurnal HPT* 3 (2) : 83-90.
- Fadhilah, N. 2015. Skripsi Isolasi Dan Uji Potensi Bakteri Penghasil Biosurfaktan Dari Laut Belawan Sumatera Utara Dalam Mendegradasi Pestisida Berbahan Aktif Karbofuran Pada Tanah. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara.
- Fahrudin. 2010. Bioteknologi Lingkungan. Bandung: Penerbit Alfabeta.
- Fatimah. 20017. Uji Produksi Biosurfaktan oleh *Pseudomonas* sp. pada Substrat yang Berbeda. *Jurnal Penelitian Hayati* 12 : 181-185.
- Fitriani, I. 2013. Makalah Bioremediasi. Diunduh Tanggal 23 Maret 2018 dari [http:// idafitiani96.blogspot.com /2013 /01 /makalah - presentasi mikrobiologi\\_3.html](http://idafitiani96.blogspot.com/2013/01/makalah-presentasi-mikrobiologi_3.html)
- Jumbriah. 2006. Tesis Bioremediasi Tanah Tercemar Diazinon Secara Ex Situ dengan Menggunakan Kompos Limbah Media Jamur (Spent Mushroom Compost). Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Kumar, V., Singh, S., Manhas, A., Negi, P., Singla, S., Kaur, P., Bhadrecha, P., Datta, S., Kalia, A., Joshi, R., Singh, J., Sharma, S., dan Upadhyay, N. 2014. Bioremediation of Petroleum Hydrocarbon by using *Pseudomonas* Species Isolated from Petroleum Contaminated Soil. *Oriental Journal Of Chemistry*. 30 (4): 1771-1776.
- Lieberg, E.W. dan Cutright, T.J. 1999. Development of Fungal Inocula for Bioaugmentation Through the Addition of Macro and Micro Nutrients in PAHs Contaminated Soil. *Biodet. Inter*.
- Matsumura, F. 1975. *Toxicology of Insecticides*. Plenum Press. New York.
- Matsumura, F., dan G. M. Boush. 1966. *Toxicology of Insecticides*. Plenum Press. New York.
- Matsumura, F., dan G. M. Boush. 1971. In *Soil Biochemistry*, Vol. H. A.D. McLaren dan J.J. Skujins, eds. Marcel Dekker, New York, p 320.

- Mohammed, N. J., Khalaf, K. D., dan Dhahir. S. A. 2014. Spectrophotometric Determination Of Carbofuran In Neutral And Alkaline Medium Of Environmental Water Samples. *Global Journal For Research Analysis* 3 (12).
- Munir, E. 2006. Pemanfaatan Mikroba dalam Bioremediasi Suatu Teknologi Alternatif untuk Pelestarian Lingkungan. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar Tetap dalam Bidang Mikrobiologi pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Ningsih D. 2001. Bioremediasi Diazinon Secara Ex Situ Menggunakan Mikrob Indigenous Isolat B3 [skripsi] Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor.
- Permatasari, E. 2007. Bioindikator Pencemaran Insektisida Organofosfat pada Tanah Pertanian. Institut Teknologi Bandung. Bandung. Jawa Barat.
- Porto, A. L., Melgar, G. Z., Kasemodel, M.C. and Nitschke, M. 2010. Biodegradation Of Pesticides. Brazil: Universitas Sao Paulo. Pages 407-408, 419-420
- Pradie, B., Rabiet, R., dan Zastyia, M. 2012. Inokulasi dan Identifikasi Bakteri dari Perairan Tercemar untuk Menunjang Upaya Bioremediasi Badan – Air. Pusat Litbang Sumber Daya Air. Bandung.
- Rundengan, C. H., Fatimawati, dan Simbala, H. 2017. Uji Daya Hambat Ekstrak Etanol Biji Pinang Yaki (*Areca vestiara*) Terhadap Bakteri *Stapylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*. *Pharmacon Jurnal Ilmiah Farmasi*. 6 (1): 37-46.
- Sadjudi dan Lukman, E. I. 2004. Penggunaan pestisida ditinjau dari segi pengamanan lingkungan. Pros. Seminar Nasional Parasitologi dan Toksikologi Veteriner. Balai Penelitian Veteriner dan Department for International Development. 20 - 21 April 2004. Bogor. hlm: 85 – 96.
- Santi, L.p.. 2005. *Tesis Potensi Sejumlah Isolat Fungi Pelapuk Putih untuk Bioremediasi Herbisida dalam Tanah*. Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sastroutomo, S.S. 1992. Pestisida. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Setiani, D.H. 2001. Otak Manusia dan Berfikir. Makalah Falsafah Sains. PPS IPB. E-mail: dewi\_setiani@excite.com.
- Sugianto, Y. 2010. Studi Analisis Residu Klorpirifos dalam Minyak Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) Menggunakan Kromatografi Gas dengan Detektor Penangkap Elektron. Fakultas Farmasi Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Tarmudji dan Yuningsih. 1985. Kasus kematian itik gembala yang diduga keracunan pestisida carbofuran (Furadan) sebagai penyebab utamanya. *Penyakit Hewan*. 17(30): 35 – 40.
- Thelin, G.P. dan L. P. Gianessi. 2000. Method for Estimating Pesticide Use for Country Areas of the Conterminous. United States. Sacramento. CA. U.S. Geological Survey.

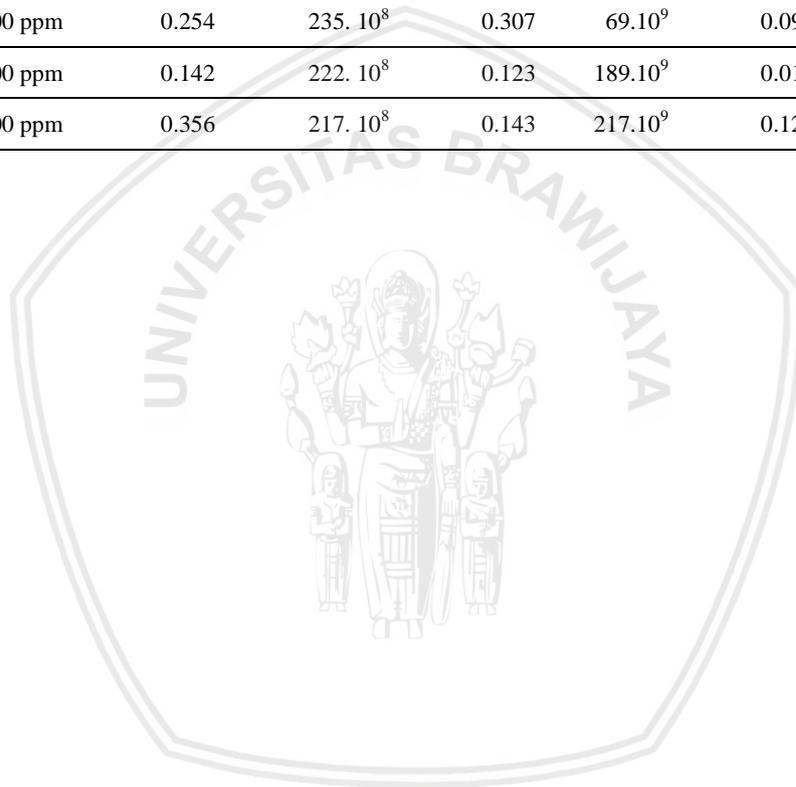
- Tortora, G. J., Funke, B. R. dan Case, C. L. 2010. Microbiology an introduction 10th edition. Pearson edition, Inc. Publishing as Pearson Benjamins Cummings. San Francisco.
- Vidali, M. 2001. Bioremediation: An Overview. Pure Appl Chemical. Vol. 3 No. 7 pp. 1163-1172.
- Yuantari, M.G.C. 2009. Studi Ekonomi Lingkungan Penggunaan Pestisida Dan Dampaknya Pada Kesehatan Petani Di Area Pertanian Hortikultura Desa Sumber Rejo Kecamatan Ngablak Kabupaten Magelang Jawa Tengah. [Tesis]. Semarang: Universitas Diponegoro, Program Pasca Sarjana.



## LAMPIRAN

**Lampiran 1.** Data pengamatan analisis karbofuran dengan spektrofotometri pada panjang gelombang ( $\lambda$ ) = 254 nm dan kerapatan bakteri *P. fluorescens* pada TPC

No.	Dosis Insektisida Karbofuran	Pengamatan hari ke-					
		5		10		15	
		Absorbansi Jumlah Residu	Populasi bakteri	Absorbansi Jumlah Residu	Populasi bakteri	Absorbansi Jumlah Residu	Populasi bakteri
1	0 ppm	0.242	$273 \cdot 10^8$	0.172	$17 \cdot 10^{10}$	0.168	$28 \cdot 10^{11}$
2	2000 ppm	0.184	$89 \cdot 10^9$	0.157	$43 \cdot 10^{10}$	0.087	$45 \cdot 10^{11}$
3	4000 ppm	0.254	$235 \cdot 10^8$	0.307	$69 \cdot 10^9$	0.098	$88 \cdot 10^{11}$
4	6000 ppm	0.142	$222 \cdot 10^8$	0.123	$189 \cdot 10^9$	0.012	$195 \cdot 10^{11}$
5	8000 ppm	0.356	$217 \cdot 10^8$	0.143	$217 \cdot 10^9$	0.121	$256 \cdot 10^{11}$



## Lampiran 2. Hasil Analisis Sampel Tanah



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
 UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
 FAKULTAS PERTANIAN  
 Jalan Veteran, Malang 65145, Indonesia  
 Telp. +62341 551665, Fax, +62341 560011  
 E-mail : [fperta@ub.ac.id](mailto:fperta@ub.ac.id) <http://fp.ub.ac.id>

Nomor : 458 / UN10.4 / T / PG / 2018

### HASIL ANALISIS CONTOH TANAH

a.n. : Safira  
 Alamat : HPT, FP - UB  
 Lokasi tanah : Jatimulyo

Terhadap kering oven 105°C

No.Lab	Kode	pH 1:1		C.organic	N.total	C/N	Bahan Organik	P.Bray1	K
		H <sub>2</sub> O	KCl 1N						NH <sub>4</sub> OAC1N pH:7
TNH 1875	TANAH	5,6	5,3	1,96	0,20	10	3,38	14,54	0,63

Tenaga Ahli

Prof.Dr.Ir.Syekhfani,MS  
 NIP 19480723 197802 1 001

Malang, 17 Desember 2018  
 Penanggung jawab,  
 Ketua Lab. Kimia Tanah

Dr.Ir.Retno Sunari,MS  
 NIP 19580503 198303 2 002



Prof.Dr.Ir.Zaenal Kusuma,SU  
 NIP 19540501 198103 1 006