



## TIPE INTERAKSI BAKTERI PENYUSUN KONSORSIUM DALAM DEGRADASI PARAQUAT

**Henri Pietherson Eryah**

Universitas San Pedro

Email: [eryahijonk@gmail.com](mailto:eryahijonk@gmail.com)

DOI: <https://doi.org/10.32938/jbe.v6i3.1995>

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tipe interaksi bakteri penyusun konsorsium. Penelitian ini merupakan penelitian experimental dengan rancangan acak lengkap dengan 3 kali pengulangan. Data yang diperoleh dari penelitian ini berupa: 1) kadar residu paraquat dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis; 2) jumlah populasi bakteri (CFU/mL) dan waktu inkubasi; 3) perhitungan jumlah koloni bakteri atau Total Plate Count (TPC); dan 4) pengukuran nilai Optical Dencity (OD) isolat bakteri. Data dianalisis secara statistik, sedangkan data penurunan persentase degradasi herbisida paraquat diuji menggunakan Two-Way Analysis of Varians (ANOVA) (derajat signifikansi = 5%), dilanjutkan dengan uji duncan. Hasil uji interaksi bakteri penyusun konsorsium menunjukkan bahwa adanya hubungan sinergis antar bakteri penyusun konsorsium dalam mendegradasi paraquat. Hasil uji dengan Kit dan identifikasi bakteri didapatkan hasil bahwa pq1 adalah spesies *Pseudomonas stutzeri*, pq4 adalah spesies *Acinetobacter* sp., dan pq6 adalah spesies *Micrococcus* sp. Selain itu, hasil penelitian juga menunjukkan bahwa formulasi bakteri berpengaruh terhadap degradasi paraquat di tanah ditunjukkan oleh formulasi bakteri pq4pq6 sebesar 76.4%, diikuti pq1pq4pq6 sebesar 68.1%, pq1pq6 56.3%, pq1pq4 53.3%. Persentase degradasi tertinggi ditunjukkan oleh pq4pq6 sebesar 76.4%.

**Kata Kunci:** degradasi paraquat, konsorsium bakteri.

### Abstract

This study aims to determine the type of interaction of bacteria that make up the consortium. This study is an experimental study with a completely randomized design with 3 repetitions. The results obtained from this study are: 1) the residual levels of paraquat were analyzed using UV-Vis spectrophotometer; 2) number of bacterial population (CFU/mL) and incubation time; 3) calculation of the number of bacterial colonies or Total Plate Count (TPC); and 4) measurement of the value of Optical Dencity (OD) of bacterial isolates. The data were statistically analyzed, while the data on decreasing the percentage of paraquat herbicide degradation was tested using Two-Way Analysis of Variance (ANOVA) (degree of significance = 5%), followed by Duncan's test. The results of the interaction test of the consortium-composing bacteria showed that there was a synergistic relationship between the consortium-composing bacteria in degrading paraquat. The test results with Kit and bacterial identification showed that pq1 was a species of *Pseudomonas stutzeri*, pq4 was a species of *Acinetobacter* sp., and pq6 was a species of *Micrococcus* sp. In addition, the research results also showed that the bacterial formulation had an effect on the degradation of paraquat in the soil indicated by the bacterial formulation pq4pq6 at 76.4%, followed by pq1pq4pq6 at 68.1%, pq1pq6 56.3%, pq1pq4 53.3%. The highest percentage of degradation was shown by pq4pq6 of 76.4%.

Keywords: degradation of paraquat, bacterial consortium

## PENDAHULUAN

Herbisida merupakan salah satu jenis pestisida yang digunakan untuk mengendalikan dan membunuh gulma. Herbisida memiliki dua tipe menurut aplikasinya, yaitu herbisida pra-tumbuh (pre emergence herbicide) dan herbisida pasca-tumbuh (post emergence herbicide). Menurut Moenandir (1993), herbisida adalah zat kimia yang dapat menekan gulma dan bahkan dapat mematikannya. Salah satu herbisida yang digunakan adalah herbisida paraquat. Paraquat merupakan senyawa kimia golongan piridina, bersifat nonselektif (kontak) yang digunakan pasca tumbuh inangnya, terutama pada gulma semusim dan rerumputan. Menurut Fibriarti, dkk (2010), paraquat (N,N1-dimetyl bipyridylium dichloride) adalah bahan aktif berbagai herbisida. Paraquat bersifat toksik terhadap berbagai macam organisme, karena pembentukan radikal bebas yang akan bereaksi dengan oksigen membentuk superoksida toksik yang mempengaruhi membran sel.

Menurut Ledoh, dkk (2010), paraquat merupakan herbisida golongan ammonium kuartener yang merupakan herbisida kontak dan bersifat tidak selektif. Paraquat diklorida yang dikenal secara sederhana adalah gramoxone® yang berpotensi dapat mencemari lingkungan. Senyawa ini digunakan untuk mengendalikan gulma seperti enceng gondok di danau dan pantai, rumput teki di sawah dan gulma lainnya di perkebunan sawit, kopi, lada, dan tebu. Oleh karena itu, diperlukan suatu usaha penanganan residu yang tepat dari pemakaian pestisida ini agar residu senyawa tersebut tidak terakumulasi di alam, yaitu melalui biodegradasi. Biodegradasi adalah dekomposisi atau pemecahan zat melalui aktivitas mikroorganisme seperti bakteri dan jamur.

Menurut Wogo, dkk (2010), degradasi merupakan salah satu proses selain adsorpsi dan desorpsi yang sangat penting untuk memperkirakan perilaku herbisida di dalam tanah. Beberapa penelitian biodegradasi terhadap herbisida paraquat sudah pernah dilakukan yakni dengan memanfaatkan mikroba indigenous. Penelitian Giardina et al., (1973) memberikan hasil bahwa 100–400 ppm paraquat yang diaplikasikan ke tanah dapat terdegradasi 50% selama 20 hari. Audus (1969) meneliti hasil biodegradasi paraquat

dalam tanah oleh *Lipomyces starkeyi* menggunakan paraquat dengan 14C. *Lipomyces*

*starkeyi* dapat memanfaatkan paraquat sebagai sumber nitrogen. Hasil penelitian Carr et al (1985), melaporkan bahwa khamir tanah *Lipomyces starkeyi* mampu mendegradasi paraquat sebagai sumber Nitrogen. Hasil penelitian Viriyawattana dan Surachat (2014) menunjukkan bahwa hanya ada dua strain *Aeromonas* spp. Strain NK 66 dan NK 67 yang mampu menurunkan kadar paraquat dan ditemukan bahwa tingkat paraquat menurun menjadi 4,9 ppm (24,36%) dan 10,68 ppm (53,4%) setelah terkena *Aeromonas*

spp NK 66 dan NK 67.

Sampai saat ini belum ada penelitian biodegradasi senyawa paraquat dengan memanfaatkan konsorsium mikroba indigenous. Suatu konsorsium merupakan campuran populasi mikroba dalam bentuk komunitas yang mempunyai hubungan kooperatif, komensal, dan mutualistik. Anggota komunitas yang mempunyai hubungan akan berasosiasi, sehingga lebih berhasil mendegradasi jika dibandingkan dengan dikerjakan masing-masing (Nugroho, 2006). Penggunaan konsorsium mikroba dalam degradasi paraquat yang tepat akan memberikan manfaat daripada kultur murni. Oleh karena itu, degradasi herbisida paraquat lebih baik dilakukan dengan memanfaatkan konsorsium mikroba indigenous untuk dapat menanggulangi pencemaran tanah yang diakibatkan oleh

senyawa toksik yang dihasilkan oleh herbisida paraquat. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka perlu dilakukan penelitian mengenai Efektivitas Variasi Formula Jenis Konsorsium Bakteri Terhadap Degradasi Herbisida Paraquat.

## **METODE**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi, Program Studi Biologi, Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga. Penelitian ini telah dilaksanakan dari bulan Juni – September 2015. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu konsorsium bakteri. Konsorsium Bakteri yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah bakteri yang diisolasi dari sampel tanah yang terkandung herbisida paraquat, diperoleh dari tanah perkebunan di Desa Batetangga Kecamatan Binuang, Kabupaten Polman, Sulawesi Barat, oleh tim Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga Surabaya yang berhasil mengisolasi bakteri pendegradasi paraquat di tanah. Media yang digunakan untuk pertumbuhan dan peremajaan mikroba adalah media NA dan media N-free dan Nutrient Broth (NB) untuk prakultur eksplorasi mikroba potensial pendegradasi paraquat dan untuk penghitungan OD. Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah paraquat gramoxone, aquadest, spiritus, alkohol 70%, larutan gram A (Hucker Crystal Violet), larutan gram B (Mordan Lugol's Iodin), larutan gram C (alkohol aseton), larutan gram D (safranin).

### **Prosedur Penelitian**

#### **Peremajaan isolat murni bakteri**

Membuat isolasi murni bakteri penyusun konsorsium pq1, pq4, dan pq6 dengan menginokulasikan kultur murni pada media Nutrient Agar miring dengan metode streak secara aseptik, dan kemudian diinkubasikan pada suhu ruangan ( $\pm 28^{\circ}\text{C}$ ) selama 24 jam hingga nampak koloni yang tumbuh. Selanjutnya bakteri yang tumbuh tersebut dapat digunakan dalam penelitian atau digunakan sebagai stok bakteri uji penyusun konsorsium bakteri. Stok bakteri uji penyusun konsorsium bakteri disimpan dalam lemari es dengan suhu  $4^{\circ}\text{C}$ . Peremajaan isolasi murni bakteri dilakukan sehari sebelum dibuat suspensi konsorsium bakteri.

#### **Pembuatan media**

1. Media NA 28 g dilarutkan ke dalam volume 1 liter akuades di atas pemanas hingga larut. Media diautoklaf pada suhu  $121^{\circ}\text{C}$ , tekanan 1 atm, selama 15 menit.
2. Media N free mengandung  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  0,1 g, KCl 0,5 g,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0,5 g,  $\text{FeSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  0,02 g,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  9,372 mg, glukosa 5 g yang dilarutkan ke dalam volume 1 liter akuades dan diaduk hingga larut. Media diautoklaf pada suhu  $121^{\circ}\text{C}$ , tekanan 1 atm, selama 15 menit.
3. Media NB 13 g ditambahkan ke dalam akuades 1 liter dan diaduk hingga larut. Media diautoklaf pada suhu  $121^{\circ}\text{C}$ , tekanan 1 atm selama 15 menit.

#### **Pembuatan suspensi mikroba**

1. Mikroba penyusun konsorsium bakteri yakni pq1, pq4 dan pq6, dalam media miring/
2. Diambil 2 ose dari pq1, pq4, pq6 dan ditambahkan dalam media N-free.
3. Pembuatan formulasi 2 bakteri (pq1) 3 ml pq1 + 3 ml pq4 ditambahkan dalam 54 ml media N-free yang mengandung 40 ppm paraquat.

4. Pembuatan formulasi 3 bakteri (pq4) 2 ml pq1 + 2 ml pq4 + 2 ml pq6 ditambahkan dalam 54 ml media N-free yang mengandung 40 ppm paraquat.
5. Menyiapkan botol infus 100 mL sebanyak jumlah mikroba penyusun konsorsium bakteri yang telah diisi media NA dengan volume 100 ml kemudian disterilkan dengan autoclave selama 20 menit pada suhu 121°C dan tekanan 1 atm.
6. Menginokulasikan selanjutnya masing-masing bakteri pada media NA, lalu menginkubasi selama 24 jam.
7. Mengukur dan menetapkan absorbansi pada  $OD_{\lambda 600} = 0.5$  nm dengan cara memasukkan 4 ml suspensi bakteri dalam tabung cuvet kemudian mengukur kekeruhannya menggunakan spektrofotometer. Jika OD yang terukur melebihi 0,5, maka dilakukan pengenceran dengan menggunakan air fisiologi steril.
8. Melakukan pengenceran untuk mendapatkan  $OD_{\lambda 600} = 0,5$  nm

### **Pembuatan konsorsium bakteri**

Diambil 6 ml formulasi konsorsium bakteri (pq1, pq4 dan pq6) ditambahkan ke dalam 54 ml sehingga total 60 ml media N-free yang mengandung 40 ppm paraquat, misalnya, pada konsorsium bakteri pq1pq4W2 ada 2 bakteri ditambahkan ke dalam 60 ml media N-free yang mengandung 40 ppm pada masing-masing botol kultur dan kontrol tanpa penambahan isolat bakteri. Uji efektivitas biodegradasi oleh konsorsium bakteri pada kultur cair dengan substrat uji herbisida paraquat

1. Menyiapkan sebanyak 45 botol kultur volume 250 ml yang telah diisi dengan media N-free dengan volume 54 ml kemudian disterilkan dengan autoclave selama 20 menit pada suhu 121°C dan tekanan 1 atm. Membuat 45 botol infus dalam set kultur dengan substrat herbisida paraquat sebanyak 3 botol (triplo). Masing-masing set akan diujikan 3 jenis konsorsium bakteri yaitu pq1, pq4, dan pq6 serta kontrol (pq0).
2. Menambahkan substrat yang berupa herbisida paraquat sebanyak 1ml pada set kultur.
3. Menginokulasikan konsorsium bakteri sesuai dengan perlakuan yang diinginkan. Kultur pada perlakuan kontrol tidak ditambahkan bakteri.
4. Menginkubasikan kultur pada suhu ruangan dan di-shaker dengan kecepatan yang sama untuk setiap kultur, selama 3, 5 dan 7 hari.

### **Pengukuran efektivitas biodegradasi herbisida paraquat oleh konsorsium bakteri pada kultur cair**

1. Penghitungan jumlah sel bakteri
 

Pengukuran jumlah sel bakteri dilakukan dengan metode Total Plate Count (TPC).

  - a. Menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan, yaitu:
  - b. Botol perlakuan untuk analisis TPC yang sudah selesai masa inkubasinya,
  - c. Menyiapkan tabung reaksi yang telah berisi masing-masing 9 ml air fisiologi steril (banyak tabung sesuai dengan banyak pengenceran yang ditetapkan).
  - d. 36 cawan petri steril
  - e. Mengukur pH kultur dengan pH meter.
  - f. Melakukan seri pengenceran  $10^1$ ,  $10^2$ ,  $10^3$ , dan seterusnya ..., sesuai kebutuhan pada air fisiologis steril yang sudah disiapkan.
  - g. Melakukan pour platedengan cara memasukkan 1 ml sampel dari suatu seri pengenceran dalam cawan petri, tambahkan  $\pm 15$  mL NA kemudian menghomogenkan dengan cara menggoyang seperti angka delapan. Membiarkan

agar memadat kemudian, menginkubasi cawan petri dalam keadaan terbalik agar tidak menetes dan menginkubasikannya selama 24 jam.

- h. Menghitung jumlah bakteri yang muncul pada NA di cawan petri kemudian mengalikannya dengan 1 faktor pengenceran.

2. Tahap pembuatan kurva standar paraquat (Jaya et al, 2012)

Larutan standar yang digunakan adalah larutan yang di buat dari bahan aktif herbisida Gramoxone yaitu paraquat. Larutan standar disiapkan dengan konsentrasi 0,5,10,20,30 dan 40 ppm dengan mengambil 0, 2,5,5,10,15 dan 20 ml dari larutan induk 100 ppm ke dalam 5 ml larutan sodium ditionit 1% (dalam NaOH 0,1 N) kemudian diencerkan kedalam akuades hingga mencapai volume 50 ml. Larutan kemudian diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 300 nm.

3. Penentuan konsentrasi paraquat

Kultur diambil kemudian dimasukkan ke dalam tabung eppendorf kemudian di sentrifugasi dengan kecepatan 3500 rpm selama 40 menit, untuk mengendapkan sel bakteri. Kemudian diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 345 nm. Hasil pengamatan kemudian diplot pada kurva standar paraquat.

4. Tahap III yaitu uji kemampuan biodegradasi bakteri indigenous terpilih terhadap paraquat

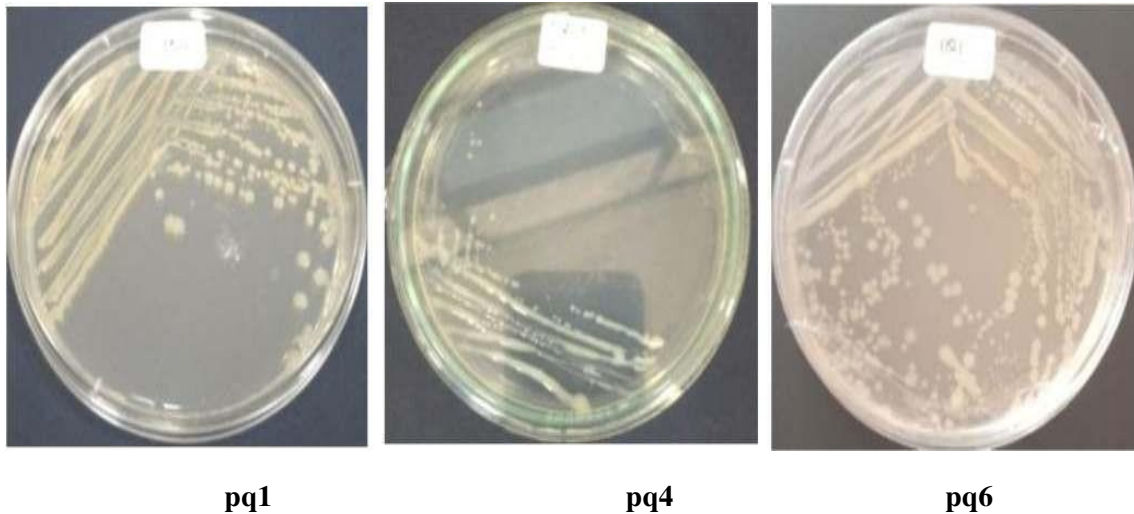
Pada tahap III akan dilakukan uji kemampuan biodegradasi paraquat oleh kandidat bakteri terpilih pada konsentrasi 40 ppm dengan waktu inkubasi selama 60 jam sesuai dengan pertumbuhan optimum bakteri uji. Hasil degradasi Poliaromatik hidrokarbon (PAHs) oleh konsorsium bakteri yang diperkaya dari sedimen mangrove yang didapatkan dari proses analisis GC-MS (Gas Chromatography-Mass Spectrometry) Hewlett-Packard 5890 seri II dilakukan penghitungan persentase biodegradasi dengan rumus (Yu et al., 2005).

## **Analisis Data**

Data yang diperoleh dari penelitian ini berupa (1) kadar residu paraquat dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis; 2) jumlah populasi bakteri (CFU/mL) dan waktu inkubasi; 3) perhitungan jumlah koloni bakteri atau Total Plate Count dan 4) pengukuran nilai Optical Density isolat bakteri. Data dianalisis secara statistik, sedangkan data penurunan presentasi degradasi herbisida paraquat diuji menggunakan Two-Way Analysis of Varians (ANOVA) (derajat signifikansi = 5%) dilanjutkan dengan uji man whitney dan uji kruskall walls.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil uji interaksi bakteri penyusun konsorsium menunjukkan bahwa adanya hubungan sinergis antar bakteri penyusun konsorsium dalam mendegradasi paraquat di tanah dan tidak ditemukan adanya hubungan antagonis, karena tidak terbentuknya zona halo. Formulasi yang menunjukkan hubungan sinergis diambil sebagai kandidat terpilih dalam mendegradasi paraquat. Berdasarkan hasil pengamatan di Laboratorium Mikrobiologi, Program Studi Biologi, Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga ditemukan 3 bakteri penyusun konsorsium yaitu pq1, pq4 dan pq6. Tiga isolat bakteri pendegradasi paraquat ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



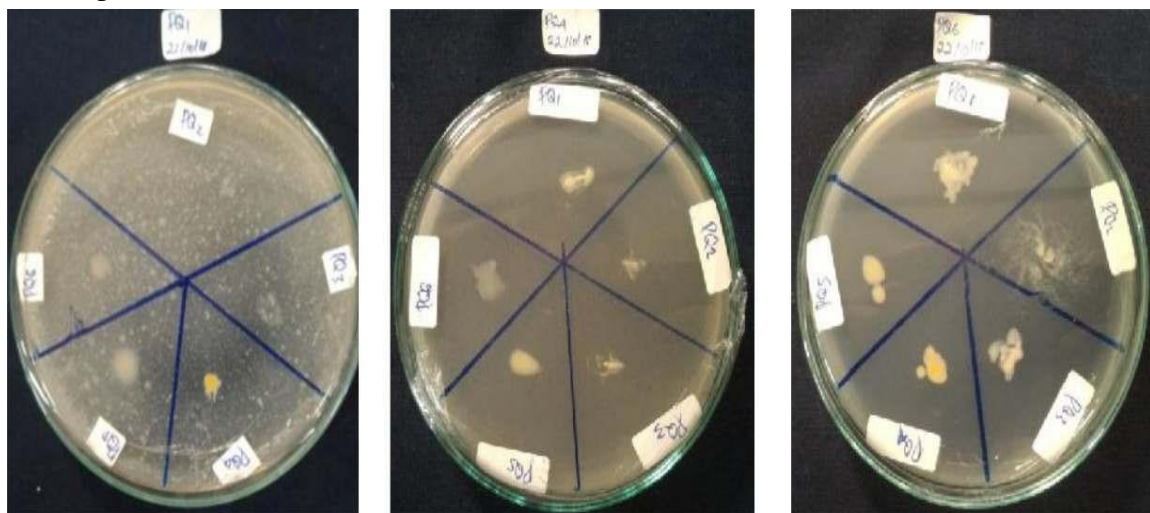
**pq1**

**pq4**

**pq6**

**Gambar 1.** Tiga isolat bakteri pendegradasi paraquat

Ketiga isolat yang terdapat pada Gambar 1. di atas merupakan kandidat terpilih untuk dilakukan uji antagonis dan sinergis dalam formulasi bakteri pendegradasi paraquat di tanah. Formulasi dari bakteri yang digunakan untuk mendegradasi paraquat dapat dilihat pada Gambar 2.

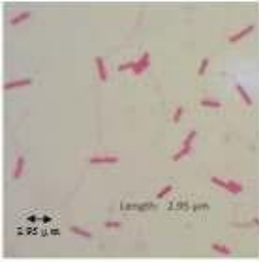

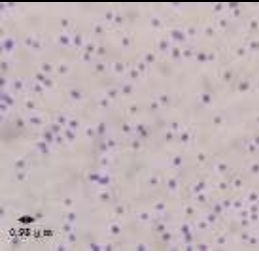


**Gambar 2.** Formulasi bakteri pendegradasi paraquat

Berdasarkan Gambar 2 di atas, dapat dilihat hasil isolat sampel pq1, pq4 dan pq6 setelah dimurnikan dalam media NA miring maka ketiga isolat ini selanjutnya diformulasi untuk melihat apakah ketiga isolat ini sinergis atau antagonis, dalam uji formulasi ketiga bakteri ini tidak menunjukkan adanya hubungan antagonis, tetapi pq1 sinergis terhadap pq4 dan pq6, pq4 sinergis terhadap pq1 dan pq6, pq6 sinergis terhadap pq1 dan pq4, selanjutnya formulasi bakteri ini digunakan untuk mendegradasi paraquat di tanah.

Formulasi konsorsium bakteri pq1, pq4, dan pq6 memiliki karakteristik morfologi yang berbeda-beda saat direaksikan dengan pewarnaan Gram. Adapun karakteristik mikroskopik formulasi konsorsium bakteri pq1, pq4, dan pq6 setelah direaksikan dengan pewarnaan Gram ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Karakteristik Morfologi Koloni Bakteri dan Karakteristik Mikroskopis Sel Bakteri Pendegradasi Paraquat yang Direaksikan dengan Pewarnaan Gram, Diamati pada Pembesaran 1000x.

No.	Uraian	Kode Isolat	Gambar
1.	a. Karakteristik makroskopis bakteri 1. Ukurannya Sedang 2. Warnanya merah muda 3. Bentuknya bulat	pq1	
	b. Karakteristik Mikroskopis bakteri 1. Gram negatif 2. Bentuk sel coccus berantai		
2.	a. Karakteristik makroskopis bakteri 1. Ukurannya Besar 2. Warnanya merah muda 3. Bentuknya Bulat	Pq4	
	b. Karakteristik Mikroskopis bakteri 1. Gram negatif 2. Bentuk sel Batang berantai		
3.	a. Karakteristik makroskopis bakteri 1. Ukuran Sedang 2. Warnanya putih susu 3. Bentuknya Bulat		
	b. Karakteristik mikroskopis bakteri 1. Gram positif 2. Bentuk sel coccus		

Berdasarkan data pada Tabel 2 tentang karakteristik morfologi koloni bakteri dan karakteristik mikroskopis sel bakteri pendegradasi paraquat yang direaksikan dengan pewarnaan Gram, diamati pada pembesaran 1000x, ditemukan adanya perbedaan dan persamaan antara tiap bakteri yang diuji. Hasil pengamatan karakteristik fisiologis isolat pq1, pq4, pq6 menggunakan Microbact Identification Kits (Microbact GNB 12A dan 12B) dan Identifikasi bakteri menggunakan buku Bergey's Manual of Determinative Bacteriology (Holt, J.G. 1994, William & Wilkins Baltimore) dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

**Tabel 3.** Hasil Pengamatan Karakteristik Fisiologis Isolat pq1, pq4, pq6

No	Karakteristik	Hasil Pengamatan		
		pq1	pq2	pq3
1.	Oxidase	+	-	+
2.	Motilitas	+	-	-
3.	Nitrate	+	+	+
4.	Lysine	-	-	+
5.	Ornithine	-	+	-
6.	H <sub>2</sub> S	-	-	-
7.	Glucose	-	+	-
8.	Mannitol	-	+	-
9.	Xylose	-	+	-
10.	ONPG	-	+	-
11.	Indole	-	-	-
12.	Urease	+	-	-
13.	VP	+	+	-
14.	Citrate	-	+	+
15.	TDA	+	-	-
16.	Gelatin	-	-	+
17.	Malonate	-	+	-
18.	Inositol	-	-	-
19.	Sorbitol	-	-	-
20.	Rhamnose	-	-	-
21.	Sucrose	-	-	-
22.	Lactose	-	-	-
23.	Arabinose	-	+	-
24.	Adonitol	-	-	-
25.	Raffinose	-	-	-
26.	Salicin	-	-	-
27.	Arginine	+	+	+
28.	Pewarnaan Gram	-	-	+
29.	Bentuk	Batang	Batang	Bulat

Keterangan:

+ = positif

- = negative

**Tabel 4.** Hasil Pengamatan Identifikasi Isolat pq1, pq4, pq6

Klasifikasi	Nama Isolat Bakteri		
	pq1	pq4	pq6
Filum	Proteobacteria	Proteobacteria	Actinobacteria
Kelas	Gamma Proteobacteria	Gamma Proteobacteria	Actinobacteria
Ordo	Pseudomonadales	Pseudomonadales	Actinomycetales
Family	Pseudomonaceae	Moraxellaceae	Micrococcaceae
Genus	Pseudomonas	Acinobacter	Mirococcus sp
Spesies	<i>Pseudomonas stutzeri</i>	<i>Acinobacter sp</i>	<i>Mirococcus sp</i>

Berdasarkan hasil pengamatan pada Tabel 3 dan Tabel 4 tentang hasil uji dengan



menggunakan Kit dan identifikasi bakteri. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa isolatpq1, bakteri teridentifikasi spesies *Pseudomonas stutzeri* dengan persen probability 99,42%. pq4 teridentifikasi sebagai spesies *Acinetobacter* sp. dengan persen probability 82,76%. pq6 teridentifikasi sebagai spesies *Micrococcus* sp. dengan persen probability 81,82%.

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

### **Kesimpulan**

Kesimpulan yang diperoleh setelah melaksanakan penelitian ini adalah yaitu ada hubungan sinergis antar bakteri penyusun konsorsium dalam mendegradasi paraquat di tanah dan tidak ditemukan adanya hubungan antagonis.

### **Saran**

Saran yang dapat diberikan oleh penulis adalah sebagai berikut:

1. Dalam penelitian lanjutan pengamatan formulasi bakteri terhadap degradasi herbisida paraquat disarankan melakukan pengujian hubungan interaksi antara bakteri terlebih dahulu sebelum dilakukan formulasinya.
2. Dalam penelitian lanjutan disarankan mengamati pengaruh faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan formulasi bakteri, seperti ketersediaan oksigen, lama inkubasi, dan variasi penambahan glukosa, agar dapat diperoleh persentase biodegradasi yang tertinggi.
3. Pendeteksian senyawa metabolit antara dari proses biodegradasi diharapkan dapat dilakukan supaya dapat diketahui bagaimana proses biodegradasi dari senyawa paraquat.

## **DAFTAR RUJUKAN**

- Audus, L.J. (1969). *The Physiology And Biochemistry of Herbicides*. Academic Press, New York.
- Carr, R.J.G., Bilton, R.F. & Atkinson, T. (1985). Mechanism of Biodegradation of Paraquat by *Lypomyces starkeyi*. *Applied Environmental Microbiology*. 49:1290-1294.
- Fibriarti, B.L., Tetty Marta Linda, Elsa Windi Nefira. (2010). Isolasi dan Seleksi Bakteri Pendegradasi Paraquat Dari Tanah Pertanian di Kampar Riau. *Jurnal Teknobiologi*, 1(2) 2010: 27–33 ISSN: 2087-5428
- Giardina, M.C., U. Tomatu & W. Pietrosante. (1973). Effect of paraquat on Some Soil Bacteria Responsible for Hydrolytic Activity. *Nuovi Annali Ig.Microbiol.* 24, 191-196.
- Ledoh, S.M.F., Hermania Em Wogo, Siti Arianti S.A. (2010). Laju Adsorpsi dan Desorpsi Paraquat Pada Tanah Pertanian Desa Oesao Kecamatan Kupang Timur. *Jurnal Penelitian Molekul*, Vol. 5, No. 1, Mei 2010: 1-9.
- Moenandir, J. (1993). *Pengantar Ilmu dan Pengendalian Gulma*. Jakarta: Rajawali Press.
- Nugroho, A. (2006). *Biodegradasi Sludge Minyak Bumi Dalam Skala Mikrokosmos: Simulasi Sederhana Sebagai Kajian Awal Bioremediasi Land Treatment*. Jurusan

Teknik Lingkungan, Fakultas Arsitektur Lansekap Dan Teknologi Lingkungan. Universitas Trisakti: Jakarta. Makara, Teknologi, Vol. 10, No. 2: 82-89.

Sherlly M.F. Ledoh, Hermania Em Wogo, Siti Arianti S.A, 2010. Laju Adsorpsi dan Desorpsi Paraquat pada Tanah Pertanian Desa Oesao Kecamatan Kupang Timur, Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana, Kupang-NTT, Molekul, Vol. 5, No. 1 : 1 – 9.

Wogo, H. E., 2010. Studi Kinetika Degradasi Paraquat (1,1-dimetil-4,4-bipiridilium) dalam Lingkungan Tanah Pertanian Kabupaten Kupang.