Resistensi *Paramaecium caudatum* terhadap Logam Tembaga (Cu) dengan Pemberian Pakan *Pseudomonas fluorescens* pada Media Jerami

Galuh A.D. Vitalocha, Widowati Budijastuti, Fida Rachmadiarti
Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Surabaya

ABSTRAK

Paramaecium caudatum resisten terhadap logam tembaga yang tinggi di perairan, karena itu dapat digunakan sebagai indikator pencemaran lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan tingkat resistensi *P. caudatum* terhadap logam tembaga dengan pemberian pakan *Pseudomonas fluorescens* pada media jerami sehingga dapat digunakan sebagai suatu arahan penentuan bioindikator pencemaran. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan satu kontrol, empat perlakuan dan enam kali pengulangan. Desain penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL). Konsentrasi logam tembaga yang dipakai dalam penelitian ini adalah 1 ppm, 2 ppm, dan 3 ppm. Pengumpulan data dilakukan dengan menghitung populasi *P. caudatum* setiap hari selama 10 hari setelah pembiakan dalam larutan logam tembaga. Data analisis menggunakan statistik deskriptif kuantitatif dimana data tersebut dibentuk dalam kurva pertumbuhan. Hasil penelitian menunjukkan resistensi *P. caudatum* terhadap logam tembaga pada penelitian ini adalah pada konsentrasi 2 ppm.

Kata kunci: *Paramaecium caudatum*; resistensi; konsentrasi logam tembaga; bioindikator pencemaran

ABSTRACT

Paramaecium caudatum to high copper metal in the water, because it can be used as an indicator of environtmental pollution. This study aims to determine the level of resistance to copper metal Paramecium caudatum with Pseudomonas fluorescens feeding hay on the media. So it can be used as a landing bioindicator determination of pollution. This study is a study with a control experiment, four treatmants and six repetitions. The study design used was Randomized Complete. Design concentration of copper used in this study was 1 ppm, 2 ppm, and 3 ppm. Data collection is done by calculating the population of Paramaecium caudatum every day for 10 days after breeding in a solution of copper metal. Data analysis using quantitative descriptive statistics where the data is establised in kurva growth. The result showed Paramaecium caudatum resistance to metalic copper in this study were at a concentration of 2 ppm.

Key words: *Paramaecium caudatum; resistance; the concentration of copper metal; bioindicator pollution*

PENDAHULUAN

Logam dibutuhkan untuk kelangsungan hidup makhluk hidup. Namun bila keberadaannya tidak seimbang dapat berbahaya bagi makhluk hidup. Salah satu logam tersebut adalah tembaga. Tembaga dalam jumlah tertentu dibutuhkan oleh makhluk hidup, namun bila dalam jumlah yang berlebih akan bersifat toksik bagi makhluk hidup dalam suatu lingkungan. Jika jumlah logam tembaga berlebihan maka merupakan salah satu zar pencemar suatu perairan karena dapat mematikan organisme.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa daya racun yang dimiliki oleh tembaga (Cu) dapat membunuh biota perairan. Untuk jenis algae seperti *chlorella vulgaris,* daya racun yang dimiliki oleh logam tembaga (Cu) menduduki peringkat kedua setelah Hg. Pada jenis jamur (fungi), tembaga (Cu) menduduki peringkat ketiga dalam daya racun setelah Ag dan Hg. Untuk jenis protozoa seperti *Paramaecium,* tembaga (Cu) menempati peringkat keempat dalam daya racun yang dimiliki setelah logam-logam Hg, Pb, dan Ag (Palar, 2004). Ekosistem air yang tercemar, membuat makhluk-makhluk hidup yang tidak tahan akan mati, dan makhluk hidup yang tahan akan tetap hidup serta terbiasa dengan lingkungan, sehingga dapat berkembang dengan cepat dan bahkan dapat menjadi gulma. Dengan adanya kenyataan tersebut, maka makhluk hidup dapat digunakan sebagai indikator kualitas suatu ekosistem (Hawkes, 1979; Wolf, 1991 *dalam* Budijastuti, 1992).

Salah satu jenis Protozoa adalah *Paramaecium caudatum.* Menurut Budijastuti (1992) *Paramaecium caudatum* mampu menyerap logam berat seperti Pb, Cd, Fe yang berbahaya bagi lingkungan dan juga mampu mendegradasi senyawa yang

berbahaya menjadi senyawa yang tidak berbahaya lagi, dengan kemampuannya itu maka *Paramaecium caudatum* dapat digunakan untuk bioremediasi dalam mengatasi tingkat pencemaran yang semakin meningkat. Hasil penelitian Puspitasari (2006) juga menyebutkan bahwa *Paramaecium caudatum* resisten tehadap NH_4.

Hasil penelitian Rachmadiarti, dkk (2007) *dalam* Puspitasari (2006)` menyebutkan jika *Paramaecium* tahan terhadap logam Pb, Cd dan Fe. Pada air yang tercemar logam berat (Pb, Cd, Fe) yang diberi *Paramaecium* dan dibiarkan sepuluh hari, kemudian dianalisis dua hari sekali menunjukkan bahwa dari hari ke hari kandungan logam berat dalam air tersebut mengalami penurunan. *Paramaecium caudatum* dengan peranannya sebagai mikroorganisme yang dapat mengatasi tingkat pencemaran di perairan atau sebagai salah satu mikrooganisme yang berperan penting dalam bioremidiasi. Oleh karena itu ketersediaan organisme tersebut harus ditingkatkan. Salah satu cara untuk meningkatkan pertumbuhan *Paramaecium caudatum* yaitu dengan cara memberikan pakan yang sesuai untuk menunjang pertumbuhan *Paramaecium caudatum*, diantaranya yaitu dengan memberikan pakan berupa bakteri *Pseudomonas fluorescens*. Berdasarkan hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai resistensi *Paramaecium caudatum* terhadap berbagai jenis logam, maka perlu dilakukan penelitian selanjutnya mengenai resistensi *Paramaecium caudatum* terhadap logam tembaga (Cu).

Resistensi *Paramaecium caudatum* perlu diketahui bila akan digunakan sebagai indikator kualitas air. Resistensi *Paramaecium caudatum* diperlukan untuk mengetahui kisaran konsentrasi tembaga yang masih dapat ditoleransi oleh *Paramaecium caudatum*. Kisaran toleransi ini kemudian dijadikan sebagai acuan indikator pencemaran tembaga dengan menggunakan *Paramaecium, sp*.

BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kultur *Paramaecium caudatum*, potongan jerami yang dipotong-potong dengan ukuran 3-4 cm, aquades, air rendaman jerami, biakan bakteri *Pseudomonas fluorescens* diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi Universitas Airlangga, nutrient agar, *nutrient broth*, kapas, alkohol, larutan kanji dan aluminium foil yang dipotong dengan ukuran 10x10 cm.

Waktu pelaksanaan penelitian ini dimulai pada akhir bulan November-Januari 2011, dengan menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dangan 6 kali pengulangan. Adapun teknik pengumpulan data dilakukan dengan menghitung populasi *Paramaecium caudatum* selama 10 hari setelah pembiaakan dalam larutan tembaga. Sedangkan parameter faktor fisik-kimia yang diukur ialah suhu air (Termometer air) dan pH (pH meter).

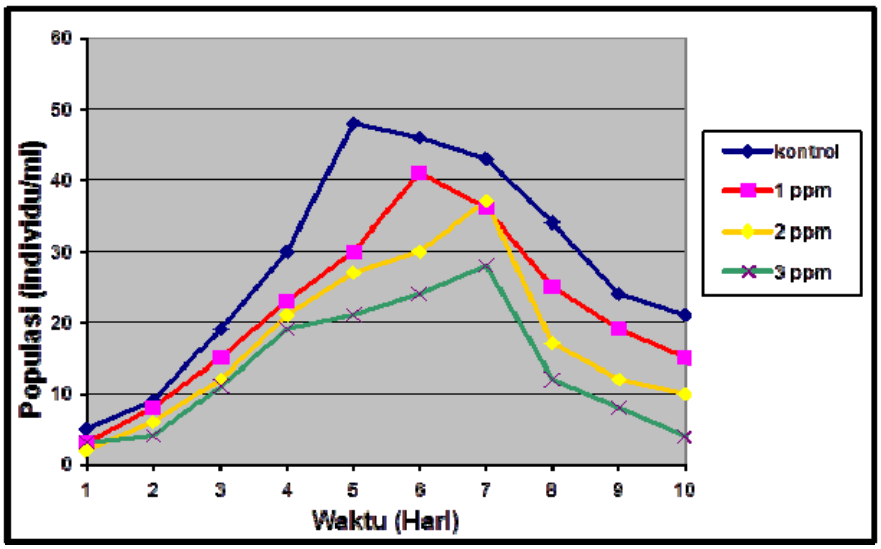
HASIL

Berdasarkan hasil penelitian ini diperoleh data berupa rata-rata populasi *Paramaecium caudatum*, kandungan logam tembaga dalam media pemeliharaan dan faktor fisik kimia media pemeliharaan.

Rata-rata populasi *Paramaecium caudatum* disajikan pada Tabel 1. Tabel 1 menunjukkan adanya perbedaan pertumbuhan populasi *Paramaecium caudatum* pada konsentrasi logam tembaga yang berbeda di dalam media jerami. Untuk memperjelas adanya perbedaan pertumbuhan populasi *Paramaecium caudatum* pada konsentrasi logam tembaga di dalam media jerami dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 1. Rata-rata jumlah populasi *Paramaecium caudatum* (individu/ml) setelah perlakuan selama 10 hari

Hari ke-	Konsentrasi Logam Tembaga (Cu)			
	0 ppm	1 ppm	2 ppm	3 ppm
1	5	3	2	1
2	9	8	6	4
3	19	15	12	11
4	30	23	21	19
5	**48**	30	27	21
6	46	**41**	30	24
7	43	36	**37**	**28**
8	34	25	17	12
9	24	19	12	8
10	21	11	10	4
Total Rata-rata	**28**	**22**	**17**	**13**



Gambar 1. Pola Pertumbuhan Populasi *P. caudatum* pada berbagai konsentrasi

Pada Gambar 1 menunjukkan pola pertumbuhan populasi *Paramaecium caudatum* yang berbeda-beda pada tiap konsentrasi logam tembaga dan pada kontrol. Pada kurva di atas dapat diketahui bahwa terdapat kenaikan dan juga penurunan untuk setiap pemberian konsentrasi larutan logam tembaga. Kurva pertumbuhan populasi *Paramaecium caudatum* pada bebagai konsentrasi logam tembaga mengalami penurunan yang tajam dibandingkan dengan kontrol yang mengalami pertumbuhan populasi yang lebih optimal.

Kandungan logam tembaga dalam media pemeliharaan disajikan pada Tabel 2. Tabel 2 menunjukkan kandungan logam tembaga pada akhir perlakuan semakin menurun dibandingkan pada awal perlakuan.

Tabel 2. Rata-rata kandungan logam tembaga dalam media pemeliharaan *Paramaecium caudatum* (ppm)

Perlakuan	Awal	Akhir
Kontrol	**0,07**	**0,008**
1 ppm	**0,90**	**0,19**
2 ppm	**1,84**	**0,49**
3 ppm	**2,82**	**1,31**

Faktor fisik dan kimia media pemeliharaan disajikan pada Tabel 3. Tabel 3 menunjukkan nilai faktor fisik dan kimia selama pemeliharaan tidak memiliki perbedaan yang cukup besar pada tiap perlakuan dan masih dalam kisaran normal untuk kehidupan *Paramaecium caudatum*. Berdasarkan hasil penelitian pada Tabel 3, pH medium pemeliharaan berkisar antara 6,9 – 7,1 dan suhunya berkisar antara 29 – 30°C.

Tabel 3. Rata-rata faktor fisik kimia media pemeliharaan

Parameter	Perlakuan	Pengamatan Hari Ke-									
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
pH	Kontrol	7,0	7,03	7,01	6,98	7,01	7,03	7,01	7,03	7,0	7,03
	1 ppm	7.01	7.01	7 ,0	7,03	7,01	7,0	7,0	7,01	7,0	7,0
	2 ppm	7,0	7,0 1	7,0	7,0	6,98	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
	3 ppm	7,03	7,02	7,0	7,,03	7,0	7,01	7,0	7,0	7,01	7,0
Suhu (°C)	Kontrol	30	29,6	29,8	29,6	29,6	29,8	30	29,6	29,6	30
	1 ppm	30	29,6	29,6	29,8	30	29,5	29,8	29,6	29,6	30
	2 ppm	29,8	30	29,8	30	29,8	29,8	30	29,8	29,8	29,8
	3 ppm	29,6	29,6	30	29,8	30	30	29,6	30	29,8	29,8

PEMBAHASAN

Pola pertumbuhan populasi pada media yang mengandung larutan logam tembaga 1,2, dan 3 ppm mengalami penurunan karena kondisi lingkungan yang seharusnya mendukung aktivitas pertumbuhan yang optimal tercemar oleh bahan toksik yang mempengaruhi metabolisme sel yaitu *Paramaecium* sehingga mengakibatkan kondisi puncak pertumbuhan populasi yang optimal tidak dapat dipertahankan. Oleh sebab itu, fase stasioner pada perlakuan konsentrasi logam tembaga sangat cepat, ditandai dengan menurunnya grafik.

Rata-rata jumlah populasi *Paramaecium caudatum* pada masing-masing media jerami dengan pemberian berbagai konsentrasi larutan logam tembaga mengalami penurunan pada setiap harinya laju pemangsaan lebih tinggi dari pada jumlah nutrien yang tersedia. Ketersedian bahan makanan untuk dimangsa dan dimetabolisme berkurang sehingga aktivitas metabolisme *Paramaecium* berkurang dan laju pertumbuhan populasi pun berkurang. Jumlah nutrient jerami sudah tidak mencukupi untuk mendukung pertumbuhan populasi *Paramecium* sehingga laju kematian *Paramecium* lebih besar daripada laju pertumbuhan populasi. Pada tahap ini populasi semakin menurun (Waskito, 1999). Hal ini juga didukung oleh pendapat Suriawiria (1985) yang menyatakan bahwa kurva pertumbuhan populasi jasad hidup dipengaruhi oleh faktor lingkungan diantaranya yaitu penambahan senyawa dalam media yang akan mengakibatkan pertumbuhan berkurang dan kehadiran senyawa yang mungkin dapat bersifat toksik atau meracuni organisme sehingga populasinya berkurang.

Pada konsentrasi ini dapat dikatakan bahwa *Paramaecium* masih toleran terhadap logam tembaga, karena dilihat dari laju pertumbuhan populasinya tidak terlalu menurun. Dalam hal ini *Paramaecium* memiliki sifat yang tahan dan mampu menyesuaikan diri terhadap logam tembaga. Menurut Palar (2004), untuk jenis protozoa seperti *Paramaecium* logam tembaga menempatkan urutak keempat dalam daya racun yang dimiliki setelah logam-logam Hg, Pb, dan Ag *(Sumber: Niebor and Ricardson, Apllied Science Publisher Ltd, 1980)*. Dari data resebut dapat diketahui bahwa pengaruh daya racun yang dimiliki logam tembaga sangat rendah bagi *Paramaecium* dibanding logam lainnya. Hal ini disebabkan karena organisme air mampu meregulasi logam yang pada konsentrasi berlebih bila masuk ke dalam tubuhnya, tidak diakumulasi terus-menerus dalam tubuh organisme tersebut melainkan dikeluarkan dari tubuh mereka (ekskresi) sehingga kandungannya dalam jaringan akan tetap (Darmono, 1995).

Penambahan larutan logam tembaga dalam media pemeliharaan berpengaruh terhadap *Paramaecium,* namun pengaruh logam tembaga yang merupakan zat toksik ini masih dapat ditolerir oleh *Paramaecium* pada konsentrasi yang tinggi dibandingkan dengan organisme lain. Hal ini diperlihatkan pada grafik dimana pertumbuhan populasi *Paramaecium* masih relatif tinggi pada konsentrasi logam tembaga 2 ppm. Hal ini dikarenakan *Paramaecium caudatum* kelompok jasad hidup yang dengan cepat dapat menyesuaikan diri dengan adanya perubahan lingkungan. Cara penyesuaian diri yang cepat didukung oleh enzim-adaptif yang lebih aktif didalmnya sehingga dalam waktu relatif singkat dapat menyesuaikan diri dengan lingkungannya yang baru, walau pada awalnya lingkungan tersebut bersifat toksik terhadapnya (Suriawiria, 2003).

Menurut pendapat Darmono (1995) ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya toksisistas logam air terhadap makhluk hidup didalamnya yaitu bentuk ikatan kimia dari logam yang terlarut; pengaruh interaksi antara logam dan jenis toksikan lainnya, pengaruh lingkungan seperti suhu, kadar garam, pH, dan kadar oksigen yang terlarut dalam air; kondisi hewan, fase siklus hidup (telur, larva, dewasa), besarnya ukuran organisme, jenis kelamin, dan kecukupan kebutuhan nutrisi; kemampuan hewan untuk menghindar dari kondisi yang tidak menguntungkan; serta kemampuan hewan untuk beradaptasi dengan racun (detoksikasi).

Paramaecium caudatum memiliki cara adaptasi pada kondisi yang tidak menguntungkan (perubahan bahan kimia berbahaya) yang ekstrim dengan cara membentuk kista (bentuk sel yang dilindungi oleh dinding sel tebal) untuk mempertahankan hidupnya. Selain itu *Paramaecium, sp* memiliki perilaku yang khas yang memungkinkan ”lari menyelamatkan diri” dari bahan pencemar. Seluruh permukaan tubuh *Paramaecium* oleh ratusan bulu-bulu getar yang disebut silia. Silia ini berfungsi untuk mendorong tubuh sehingga dapat bergerak dan berenang di dalam air. *Paramaecium* termasuk hewan yang aktif berenang dengan berputar-berguling dan selalau berubah posisi. Kecepatan gerakan *Paramaecium* dalam air sebanyak tiga kali panjang badan per detik. *Paramaecium* mampu menghindar dari rangsangan fisik dan konsentrasi tinggi dari beberapa bahan kimia. *Paramaecium* cenderung bergerak menuju temperatur hangat

dari tempat dengan temperatur yang dingin. Demikian juga terhadap rangsangan kimia, *Paramaecium* akan lari dari konsentrasi tinggi ke rendah. Sebaliknya *Paramaecium* akan tertarik bergerak ke arah rangsangan positif berupa makanan. *Paramaecium* cenderung bergerak menuju suasana asam, dan bakteri cenderung menyebabkan sedikit asam pada lingkungan sekeliling (Mulyawati, 2011). Selain itu, ligan tembaga merupakan logam berat yang sangat mudah dan cepat melakukan penetrasi dalam tubuh organisme air (Darmono, 2008). Dari data ini dapat dikatakan *Paramaecium* resisten terhadap logam tembaga. Tingkat resistensi *Paramaecium* terhadap logam tembaga adalah pada konsentrasi 2 ppm

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik suatu kesimpulan yaitu Resistensi *Paramaecium caudatum* terhadap logam tembaga pada penelitian ini adalah pada konsentrasi 2 ppm.

DAFTAR PUSTAKA

Asri , Tri Mahanani & Guntur Tri Mulyono. 2006. *Petunjuk Praktikum Mikrobiologi Dasar.* Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.

Bick, H. 1972. *Ciliated Protozoa.* Geneva: World Health Organization.

Budijastuti, W. 1992. Studi Tentang Hubungan Kandungan COD dan NH_4 Dengan Keanekaragaman Protozoa. *Skripsi* (tidak dipublikasikan). Surabaya: Fakultas Pendidikan Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Keguruan dan Ilmu Pendidikan Surabaya.

Darmono. 1995. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Bogor: Universitas Indonesia (UI-Press).

Darmono. 2008. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran Hubungannya Dengan Toksikologi Senyawa Logam.* Jakarta: UI Press.

Djuhanda, T. 1980. *Kehidupan Dalam Setetes Air dan Beberapa Parasit Pada Manusia. Bandung*: Penerbit ITB.

Gross, Paul. R. 1994. *Protozoan Nutrition*. New York: Blaisdell Publishing Company.

Hall, R.P. 1965. *Protozoan Nutrition.* New York University : Blaisdell Publishing Company

Harper, Laura J, Brady.J. Deaton, Judy.iskel. 1986. *Pangan, Gizi, dan Pertanian*. Sunardjo, penerjenah. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.

Hasanah, Uswatun. 2008. Pemberian Bakteri *Pseudomonas floure*scens dan Bakteri *Escherchia coli* Terhadap Pertumbuhan Populasi *Paramecium caudatum* Dalam Medium Jerami. *Skripsi* (tidak dipublikasikan). Surabaya: Jurusan Biologi Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Surabaya.

Iswanti. 2000. Mekanisme Asimilasi *Pseudomonas fluorescens* dalam mendegradasi minyak pelumas. *Skripsi* (tidak dipublikasikan). Surabaya: Jurusan Biologi Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Surabaya.

Jasin, Maskoeri. 1992. *Zoologi Invertebrata*. Surabaya. Sinar Wijaya.

Kastawi, Y., Indriawati, S. E., Ibrohim., Masjhudi., dan Rahayu, S.E. 2003. *Zoologi Avertebrata*. Malang: Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan alam Universitas Negeri Malang.

Kotpal, M. L., S. K. Agrawal., & R. P. Kheparsal. 1981. *Modern Texs Book of Zoologi Invertebrata.* Mearut : Rastologi Publication.

Kusnadi, 2003. *Mikrobiologi*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.

Lehninger, Albert L. 1982. *Dasar-Dasar Biokimia Jilid I.* Jakarta : Erlangga.

Mashur, Ali Muhammad. 2006. Aplikasi *Pseudomonas fluorescens* Pada Cabai Terhadap Penyakit Damping Off Oleh *Fusarium oxysporum*. *Skripsi* (tidak dipublikasikan). Surabaya : Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Surabaya.

Muhlisin, Ahmad. 2010. *Kualitas Air Sungai Porong Sidoarjo Setelah Bencana Lumpur Lapindo Berdasarkan Indeks Diversitas Makrobentos dan Pencemaran Logam Berat (Cu dan Zn). Skripsi* (tidak dipublikasikan). Surabaya : Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Surabaya.

Mulyawati, Aftwan. 2011. *Fisiologi Hewan (Sistem Sirkulasi)*. http://aftyanm.blogspot.com/. Diakses tanggal 29 Februari 2012.

Nasir. 1999. *Metode Penelitian*. Jakarta : Yudhistira.

Palar, Heryando. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.

Pelczar, M. J. Jr., dan Chan, E.C.S. 1986. *Dasar-Dasar Mikrobiologi I.* Jakarta: Universitas Indonesia (UI-Press).

Poedjiadi, Anna. 1994. *Dasar-Dasar Biokimia.* Jakarta: Universitas Indonesia Press.

Puspitasari, Yunita. 2006. Resistensi *Parameciu caudatum* Terhadap Ammonium (NH_4) yang Diberi Pakan *Pseudomonas fluorescens*. *Skripsi* (tidak dipublikasikan). Surabaya: Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Surabaya.

Purwanti, Heni. 2008. Pertumbuhan Populasi *Paramecium caudatum* dan *Paramecium bursaria* Pada Media dan Konsentrasi yang Berbeda. *Skripsi* (tidak dipublikasikan). Surabaya: Jurusan Biologi Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Surabaya.

Ramli, Dzaki. 1989. *Ekologi*. Jakarta. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.

Suriawiria, U. 1985. *Pengantar Mikrobiologi Umum*. Bandung : Angkasa.

Suriawiria, U. 1996. *Mikrobiologi Air dan Dasar-Dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis*. Bandung: Alumni

Suriawiria, U. 2003. *Mokrobiologi Air*. Bandung : Alumni.

Suryanie, dan Waluyo, Lud. 1999. Pembuatan Media Pertumbuhan Beberapa Kuman Dari Ekstrak Daging Sapi. Surabaya: Universitas Airlangga.

Wahyuni, Sri. 2008. Efektivitas Pemberian Bakteri *Pseudomonas fluorescens* dan Bakteri *Bacillus subtilis* Terhadap Peningkatan Pertumbuhan Populasi *Paramecium caudatum* Dalam Media Jerami. *Skripsi* (tidak dipublikasikan). Surabaya: Jurusan Biologi Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Surabaya.

Waskito, T. E. 1999. Uji Toksisitas Basudin 60 EC Terhadap Laju Pertumbuhan Populasi *Paramecium caudatum. Skripsi* (tidak dipublikasikan). Surabaya: Jurusan Biologi Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Airlangga Surabaya
.