

**PENCEMARAN INSEKTISIDA PADA TIGA SPESIES BURUNG AIR
(PECUK HITAM, KUNTUL KECIL, DAN BLEKOK SAWAH)
DI AREAL PERSAWAHAN SUKAMANDI, SUBANG, JAWA BARAT**

(Insecticides Pollution on the Three Water Birds Species (Little Black Cormorant, Little Egret and Javan Pond Heron) in Rice-Field at Sukamandi, Subang, West Java)

LIN NURIAH GINOGA

*Pengajar Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata
Fakultas Kehutanan, IPB*

ABSTRACT

Significant use of insecticide in rice-field by intensification program can directly endanger the environment and sustainability of birds living in the habitat. The objective of the investigation is to study negative impact of insecticide pollution on rice-field environment and on water birds. The research has been conducted on : (1) the diversity of vegetation and macrozoobenthos; (2) insecticide content in water, soil, food, eggs, and tissues of the three water birds species namely little black cormorant, little egret and javan pond heron; and (3) community utilization of insecticide. The research was carried out in Sukamandijaya Village, Ciasem district, under Subang Regency. Samples of eggs and birds were taken from the Sukamandi Rice Research Institute. Purposive sampling application was used in the survey method. The vegetation characteristics in research site include 5 species of weeds in the rice-field and 15 species of weeds in the rice-field dike are also studied. Macrozoobenthos was taken in 20 sampling location consisted of 17 types. Diversity index ranged from 0.469 to 2.689, and water quality of irrigation range from light to high levels pollution. Laboratory analysis were able to detect the presence of 9 types of insecticides consisted of 3 groups, namely : (1) organochlorine (BHC, Aldrin, Endosulfan, Dieldrin, DDT, and Endrin); (2) organophosphat (Chlorpirifos and Diazinon); and (3) Carbamat (Carbofuran). The lowest concentration of insecticide was found in the water, while highest was in the fat tissues of birds. Although the local community recently used only organochlorine (Endosulfan) and other 5 insecticide belonging to this group were detected in the samples. Another group of insecticide used by the community, pirethroid, was not detected in the samples. Results of research further indicated the occurrence of biomagnification starting from the water, soil, food, eggs, and tissues.

Keywords : insecticides, pollution, water bird, rice-field

PENDAHULUAN

Persawahan selain merupakan lahan penghasil pangan bagi manusia, juga merupakan habitat, tempat beristirahat, dan mencari pakan bagi burung-burung air. Adanya program intensifikasi pertanian untuk mencapai swasembada pangan memerlukan teknologi penggunaan insektisida untuk mencegah dan memberantas hama. Aplikasi insektisida yang intensif dan berlebihan secara langsung maupun tidak langsung akan membahayakan lingkungan dan kelestarian burung yang hidup di areal tersebut (Carson, 1990; Mc Ewen, 1979; Brown, 1978).

Dampak negatif langsung penggunaan insektisida pada burung adalah terjadinya kematian. Sedangkan dampak tidak langsung adalah adanya dampak residu yang dapat menyebabkan peracunan terhadap rantai makanan, akumulasi, biomagnifikasi serta gangguan reproduksi (Untung, 1996; Carson, 1990; Nandika, 1986). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kandungan insektisida dalam air, tanah, pakan, telur, jaringan burung, serta nilai biomagnifikasi yang terjadi; Menilai kualitas lingkungan persawahan dengan menggunakan vegetasi, makrozoobentos dan burung air sebagai bioindikator; serta

mengetahui pemahaman dan penggunaan insektisida oleh petani. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan masukan bagi pemerintah terkait dengan kebijakan perijinan dan penggunaan pestisida, serta sebagai informasi bagi pihak yang berkaitan dengan pelestarian burung dan pelestarian plasma nutfah.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di areal persawahan Desa Sukamandijaya, Kecamatan Ciasem, Kabupaten Subang, Propinsi Jawa Barat, dari bulan Agustus 1998 sampai bulan Februari 1999. Analisis makrozoobentos dilakukan di Laboratorium Limnologi LIPI Cibinong, sedangkan analisis kandungan insektisida dilakukan di Laboratorium Biokimia dan Enzimatik Balai Penelitian Bioteknologi Tanaman Pangan Bogor. Contoh vegetasi diambil di persawahan dan diidentifikasi langsung di lapangan. Contoh makrozoobentos diambil dari 20 lokasi secara *purposive sampling*. Contoh air, tanah, dan pakan burung yang terdiri dari makrozoobentos dan ikan diambil bersamaan dengan pengambilan contoh makrozoobentos. Contoh 3 spesies burung air yang paling dominan dijumpai yaitu pecuk hitam

(*Phalacrocorax sulcirostris* Brandt) (n=5), kuntul kecil (*Egretta garzetta* Linnaeus) (n=6), dan blekok sawah (*Ardeola speciosa* Horsfield) (n=4) dengan telurnya masing-masing sebanyak 3, 4, dan 3 butir yang diambil dari tempat beristirahat dan berkembangbiak burung yang terletak di lokasi Balai Penelitian Padi Sukamandi. Contoh telur dipisahkan menjadi bagian putih, kuning dan kulit. Sedangkan burung dibedah dan diambil jaringan lemak, hati, daging, dan bulu untuk dianalisis kandungan insektisida pada masing-masing jaringan. Responden petani (n=60) dipilih secara purposive sampling untuk mengetahui persepsi, jenis insektisida, penggunaan serta penanganannya.

Digunakan rumus diversitas Shannon (Odum, 1971) untuk menghitung indeks keanekaragaman makrozoobentos. Hubungan indeks keanekaragaman dengan tingkat pencemaran perairan digunakan kriteria Wilhm (1975). Data rata-rata konsentrasi insektisida yang terkandung dalam air, tanah, pakan, telur dan jaringan burung dibandingkan dengan Batas Maksimum Residu (BMR) yaitu PP No. 20 tahun 1990 untuk air, McEwen 1979 untuk pakan, serta Surat Keputusan Bersama Menteri Kesehatan dan Menteri Pertanian RI No. 881/MENKES/SKB/VIII/1996 – 711/Kpts/TL.270/8/96 untuk telur dan jaringan burung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Vegetasi. Selain tanaman padi dijumpai 5 jenis gulma di persawahan yaitu *Echinochloa crusgalli* (jukut jajagoan), *Cyperus iria* (jekeng), *Cyperus diformis* (teki), *Monochoria vaginalis* (eceng lembut) dan *Marsilea crenata* (semanggi). Dijumpai pula 15 jenis gulma di pematang yaitu *Cyperus rotundus*, *Cyperus pygmaeus*, *Mimosa pudica*, *Mimosa invisa*, *Ludwigia parviflora*, *Jussieua repens*, *Sida rhombifolia*, *Ageratum conyzoides*, *Drymaria cordata*, *Alternanthera philoxeroides*, *Saccharum spontaneum*, *Paspalum vaginatum*, *Panicum trypheron*, *Digitaria arhopalotricha* dan *Alternanthera sessilis*. Jenis vegetasi yang dijumpai relatif sedikit bila dibandingkan dengan jenis gulma yang sering dijumpai di ekosistem persawahan berdasarkan Sastroutomo (1990) yaitu sebanyak 33 jenis. Hal ini kemungkinan disebabkan areal penelitian merupakan persawahan yang termasuk dalam program intensifikasi, sehingga pemberantasan gulma sebagai tanaman pengganggu dilakukan secara intensif.

Makrozoobentos. Hasil penelitian dari 20 lokasi pengambilan contoh ditemukan 17 jenis makrozoobentos yang terdiri dari 3 Filum : (1) Filum Annelida (47.06%) meliputi spesies *Branchiura sowerbyi*, *Tubifex sp.*, *Phristina osborni*, *Ophistocysta flagellum*, *Amphichaeta sp.*, *Chaetogaster diastropus* dan *Hirudinea sp.*; (2) Filum Mollusca (41.18%) meliputi spesies *Bellamyia javanica*, *Gyraulus convexiusculus*, *Melanoides tuberculata*, *Lymnea*

rubiginosa, *Lymnea sp.*, dan *Pita scutata*; (3) Filum Arthropoda (11.77%) meliputi spesies *Allaudomyza sp.*, dan *Pentaneura sp.* Jenis *Melanoides tuberculata* dan *Tubifex sp.* yang mendominasi areal penelitian merupakan jenis yang memiliki toleransi besar terhadap pencemaran air serta jenis yang dapat dijadikan indikator kualitas air yang rendah.

Dari 20 lokasi pengambilan contoh, pada setiap lokasi hanya dijumpai 2 sampai 7 spesies. Kecilnya jumlah spesies tersebut sangat dimungkinkan mengingat intensifnya penggunaan insektisida. Toksisitas insektisida sangat berpengaruh terhadap kelimpahan dan keanekaragaman bentos. Indeks keanekaragaman jenis bentos berkisar 0.469 – 2.689. Berdasarkan kriteria Wilhm (1975) nilai tersebut menunjukkan kualitas air di daerah penelitian termasuk ke dalam perairan yang tercemar ringan sampai tercemar berat.

Kandungan Insektisida. Hasil analisis insektisida pada air, tanah, pakan, telur, dan jaringan burung menyatakan adanya 9 jenis insektisida yang terdiri dari 3 golongan yaitu : (1) klor-organik meliputi jenis BHC, Aldrin, Endosulfan, Dieldrin, DDT, dan Endrin, (2) fosfat-organik meliputi jenis Klorpirifos dan Diazinon, serta (3) Karbamat meliputi jenis Karbofuran. Berdasarkan jenis insektisida yang ditemukan, golongan klor-organik menempati peringkat pertama (66.67%), kedua golongan fosfat-organik (22.22%), dan ketiga golongan karbamat (11.11%). Bila dibandingkan dengan jenis-jenis insektisida yang digunakan responden, sebagian besar menggunakan insektisida golongan fosfat-organik dan karbamat, diduga keberadaan residu insektisida golongan klor-organik yang ditemukan dalam penelitian ini akibat penggunaan masa lalu dan karena sifatnya yang persisten sehingga sampai saat ini masih terdeteksi. Kemungkinan lain insektisida golongan klor-organik digunakan secara ilegal.

Jenis insektisida di dalam air lebih sedikit bila dibandingkan di dalam tanah dan pakan. Di dalam air hanya terdeteksi 3 jenis insektisida yaitu BHC, Endosulfan, dan Klorpirifos masing-masing sebesar 0.00737; 0.00563; dan 0.00143 ppm yang seluruhnya masih di bawah batas maksimum residu untuk air berdasarkan PP No. 20 tahun 1990. Di dalam tanah terdeteksi 5 jenis insektisida yaitu BHC, Aldrin, Endosulfan, Klorpirifos, dan Karbofuran masing-masing sebesar 0.02823; 0.00993; 0.01643; 0.05360; dan 0.00987 ppm. Hal ini dapat terjadi karena air sawah menduduki tingkat tropik terendah dari proses rantai makanan di ekosistem persawahan dan merupakan medium utama bagi transportasi insektisida yang jatuh ke dalamnya. Konsentrasi BHC, Endosulfan, dan Klorpirifos yang terdeteksi relatif rendah pada air disebabkan sifat dari insektisida terutama golongan klor-organik yang sukar larut dalam air. Penyebab lain karena insektisida yang jatuh dalam sistem perairan akan diabsorpsi oleh partikel-partikel yang ada di dalamnya, dan pada tahap selanjutnya pestisida

masuk dalam sistem perairan bagian bawah yang terdiri dari lempung, lumpur, dan bahan organik (Edwards, 1976). Pernyataan tersebut sejalan dengan konsentrasi insektisida pada tanah yang ditemukan lebih besar serta lebih banyak jenisnya.

Ekstraksi pada pakan burung yang terdiri dari makrozoobentos dan ikan memperlihatkan terjadinya peningkatan jenis dan konsentrasi insektisida dari air dan tanah. Dalam pakan ditemukan 9 jenis insektisida yaitu BHC, Aldrin, Endosulfan, Dieldrin, DDT, Endrin, Klorpirifos, Diazinon dan Karbofuran, dengan konsentrasi masing-masing 0.04577; 0.05207; 0.06613; 0.05217; 0.02297; 0.01967; 0.08110; 0.07063; dan 0.02830 ppm. Peningkatan dimungkinkan karena nilai insektisida dalam pakan merupakan akumulasi dari tingkat tropik di bawahnya. Peningkatan ini menunjukkan telah terjadi proses biomagnifikasi.

Jenis insektisida dalam telur burung terbanyak dijumpai dalam kuning telur (9 jenis), putih telur (7 – 8 jenis), dan kulit telur (3 – 8 jenis) (Tabel 1, 2, dan 3). Konsentrasi insektisida BHC, Aldrin, DDT, Endrin, Klorpirifos, dan Karbofuran tertinggi terdapat pada kuning telur burung pecuk hitam. Konsentrasi Endosulfan, Dieldrin dan Diazinon tertinggi terdapat pada kuning telur burung kuntul kecil. Konsentrasi insektisida Aldrin dan Klorpirifos pada kuning telur burung pecuk hitam ditemukan telah melebihi batas maksimum residu. Tingginya konsentrasi dalam kuning telur dibandingkan putih telur dan kulit telur, disebabkan sifat insektisida yang lipofilik (terdeposisikan dalam lemak), dan kandungan lemak tertinggi dalam telur terdapat dalam kuning telur. Konsentrasi selengkapnya tersaji dalam Tabel 1, 2 dan 3.

Tabel 1. Konsentrasi insektisida dalam telur burung pecuk hitam

Insektisida	Konsentrasi (ppm)			
	Kulit Telur	Putih Telur	Kuning Telur	BMR*
Klor-organik				
BHC	ttd	0.02650	0.07103	0.3
Aldrin	ttd	0.07650	0.15320**	0.1
Endosulfan	0.02580	0.03610	0.06310	0.2
Dieldrin	ttd	ttd	0.05200	0.1
DDT	ttd	ttd	0.08570	0.5
Endrin	0.02723	0.03080	0.05253	0.2
Fosfat-organik				
Klorpirifos	ttd	ttd	0.11587**	0.1
Diazinon	0.04100	0.02610	0.07660	0.5
Karbamat				
Karbofuran	0.03460	0.04037	0.07567	

Keterangan:

ttd = tidak terdeteksi; * = BMR = Batas Maksimum Residu; ** = melebihi BMR

Tabel 2. Konsentrasi insektisida dalam telur burung kuntul kecil

Insektisida	Konsentrasi (ppm)			
	Kulit Telur	Putih Telur	Kuning Telur	BMR*
Klor-organik				
BHC	0.01453	0.02058	0.06225	0.3
Aldrin	ttd	0.03450	0.05258	0.1
Endosulfan	0.02475	0.02333	0.07367	0.2
Dieldrin	ttd	0.01723	0.08855	0.1
DDT	ttd	ttd	0.07879	0.5
Endrin	ttd	ttd	0.03948	0.2
Fosfat-organik				
Klorpirifos	0.02490	0.04080	0.08058	0.1
Diazinon	ttd	0.02950	0.09925	0.5
Karbamat				
Karbofuran	ttd	0.00390	0.03613	

Tabel 3. Konsentrasi insektisida dalam telur burung blekok sawah

Insektisida	Konsentrasi (ppm)			
	Kulit Telur	Putih Telur	Kuning Telur	BMR*
Klor-organik				
BHC	0.02930	0.03467	0.06233	0.3
Aldrin	0.01170	0.04083	0.07480	0.1
Endosulfan	0.01203	0.05240	0.06893	0.2
Dieldrin	0.01597	0.02983	0.05480	0.1
DDT	ttd	ttd	0.07100	0.5
Endrin	0.01393	0.02280	0.04917	0.2
Fosfat-organik				
Klorpirifos	0.02670	0.04647	0.09853	0.1
Diazinon	0.01693	0.02070	0.08963	0.5
Karbamat				
Karbofuran	0.01650	0.02173	0.04300	

Jenis insektisida dalam jaringan burung terbanyak dijumpai dalam lemak, hati, dan daging burung pecuk hitam (9 jenis), kedua dalam lemak dan hati burung blekok sawah (8 jenis), ketiga dalam bulu pecuk hitam dan daging blekok

sawah (5 jenis) serta keempat dalam lemak, hati dan daging burung kuntul kecil (4 jenis). Jenis dan konsentrasi insektisida dalam jaringan burung tersaji dalam Tabel 4, 5 dan 6.

Tabel 4. Konsentrasi insektisida dalam jaringan burung pecuk hitam

Insektisida	Konsentrasi (ppm)				
	lemak	Hati	Dagingr	Bulu	BMR*
Klor-organik					
BHC	0.30174**	0.02650	0.04470	0.02480	0.3
Aldrin	0.26442**	0.12156	0.05534	0.02014	0.2
Endosulfan	0.11734	0.09848	0.02866	0.02264	0.2
Dieldrin	0.07930	0.03194	0.02160	ttd	0.2
DDT	0.31260	0.12674	0.04324	ttd	0.1
Endrin	0.14090**	0.12870	0.08692	ttd	1
Fosfat-organik					
Klorpirifos	0.15632	0.09242	0.05132	0.04236	0.2
Diazinon	0.16938	0.11926	0.07046	0.04452	0.7
Karbamat					
Karbofuran	0.15010**	0.08258**	0.06248**	ttd	0.005

Keterangan:

ttd = tidak terdeteksi; * = BMR = Batas Maksimum Residu; ** = melebihi BMR

Tabel 5. Konsentrasi insektisida dalam jaringan burung kuntul kecil

Insektisida	Konsentrasi (ppm)				
	lemak	Hati	Dagingr	Bulu	BMR*
Klor-organik					
BHC	0.07155	0.02935	0.02025	ttd	0.3
Aldrin	0.23407**	0.15815	0.05945	ttd	0.2
Endosulfan	0.13013	0.07895	0.02978	0.02264	0.2
Diendrin	ttd	ttd	ttd	ttd	0.2
DDT	ttd	ttd	ttd	ttd	0.1
Endrin	ttd	ttd	ttd	ttd	1
Fosfat-organik					
Klorpirifos	0.33783**	0.27569**	0.20285**	0.06125	0.2
Diazinon	ttd	ttd	ttd	ttd	0.7
Karbamat					
Karbofuran	ttd	ttd	ttd	ttd	0.005

Tabel 6. Konsentrasi insektisida dalam jaringan burung blekok sawah

Insektisida	Konsentrasi (ppm)				
	lemak	Hati	Dagingr	Bulu	BMR*
Klor-organik					
BHC	0.06983	0.03080	0.01090	0.00453	0.3
Aldrin	0.14900	0.07833	0.05878	0.03900	0.2
Endosulfan	0.09190	0.03438	0.02240	ttd	0.2
Diendrin	0.06578	0.03920	ttd	ttd	0.2
DDT	ttd	ttd	ttd	ttd	0.1
Endrin	0.17575**	0.08877	ttd	ttd	1
Fosfat-organik					
Klorpirifos	0.17118	0.05345	0.02525	0.01733	0.2
Diazinon	0.20238	0.09988	0.07963	ttd	0.7
Karbamat					
Karbofuran	0.08663**	0.03893	ttd	ttd	0.005

Konsentrasi insektisida BHC, Aldrin, Endosulfan, Diendrin, DDT, dan Karbofuran tertinggi terdapat dalam jaringan lemak burung pecuk hitam, Endrin dan diazinon tertinggi terdapat dalam jaringan lemak burung kuntul kecil, dan Klorpirifos tertinggi terdapat dalam jaringan burung blekok sawah. Konsentrasi BHC dan Aldrin pada lemak, Endrin pada lemak dan hati serta Karbofuran pada daging burung pecuk hitam; Aldrin pada lemak, Klorpirifos pada lemak, hati dan daging burung kuntul kecil; Endrin dan Karbofuran pada lemak burung blekok sawah ditemukan telah melebihi batas maksimum residu.

Terjadinya perbedaan jenis dan konsentrasi insektisida pada ketiga jenis burung diduga karena perbedaan habitat, wilayah jelajah, dan jenis pakan. Sesuai dengan pernyataan Brown (1978) bahwa residu insektisida di dalam tubuh burung tergantung pada habitat dan jenis makanan dari burung tersebut.

Pada ketiga jenis burung, konsentrasi insektisida tertinggi ditemukan dalam jaringan lemak. Hal tersebut dapat terjadi karena pada umumnya insektisida terakumulasi dalam lemak. Secara keseluruhan hasil analisis kandungan insektisida mulai dari air, tanah, pakan, telur sampai jaringan burung menunjukkan telah terjadinya proses biomagnifikasi insektisida.

Secara umum hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan teknologi penggunaan insektisida dalam program intensifikasi telah menimbulkan pencemaran pada ekosistem persawahan dan lingkungan sekitarnya. Dampak penggunaan insektisida pada persawahan selain terkena pada burung-burung air juga meluas pada biota air lainnya. Terputusnya suatu rantai makanan akibat punahnya suatu mata rantai dapat berakibat buruk pada rantai makanan secara keseluruhan.

Penggunaan Insektisida oleh Petani. Responden yang diwawancarai seluruhnya berjenis kelamin laki-laki dengan kisaran umur 23 – 69 tahun. Tingkat pendidikan responden pada umumnya hanya sampai sekolah dasar (96.97%). Seluruh responden menggunakan insektisida untuk mencegah dan mengendalikan hama. Jenis-jenis insektisida yang digunakan yaitu Thiodan, Azodrin, Basudin-60 EC, Dursban, Diazinon, Furadan, Sevin, Emcida, Bastox dan Arivo.

Ditinjau dari jenis-jenis insektisida yang digunakan, 1-12 orang responden masih menggunakan 6 jenis insektisida yang telah dilarang penggunaannya untuk pertanaman padi berdasarkan INPRES No. 3 tahun 1986 yaitu Azodrin, Basudin, Dursban, Diazinon, Sevin dan Thiodan. Namun sebagian besar responden telah menggunakan insektisida dari golongan karbamat dan piretroid yang memiliki persistensi di alam relatif tidak lama serta tidak terlalu berbahaya bagi lingkungan. Meskipun hasil wawancara terhadap responden hanya digunakan satu jenis insektisida golongan klor-organik yaitu Endosulfan, namun hasil penelitian menyatakan ada residu lima jenis insektisida golongan klor-organik lainnya yaitu BHC, Aldrin, Dieldrin, DDT, dan Endrin. Sedangkan insektisida golongan piretroid, meskipun digunakan oleh responden, namun tidak terdeteksi dalam penelitian ini.

Metode aplikasi insektisida yang digunakan sudah cukup baik seperti, menggunakan alat penyemprot khusus, menggunakan takaran untuk menetapkan konsentrasi formulasi, dan melakukan penyemprotan dengan mengikuti arah angin. Pemahaman petani terhadap bahaya insektisida masih sangat terbatas, seperti banyaknya petani yang tidak menggunakan alat pelindung selama penyemprotan, tidak menghabiskan seluruh insektisida yang digunakan dan membuang sisanya ke sungai, menyimpan insektisida di rumah, serta mencuci peralatan bekas menyemprot di sungai dan di sumur. Terbatasnya pemahaman ini kemungkinan disebabkan oleh rendahnya tingkat pendidikan responden yang hanya sampai sekolah dasar.

KESIMPULAN

Akibat penggunaan pestisida secara intensif menyebabkan sedikitnya jenis vegetasi dan makrozoobentos yang dijumpai, dengan kualitas perairan tercemar ringan sampai tercemar berat. Telah terjadi akumulasi dan biomagnifikasi residu insektisida mulai dari air, tanah, pakan, telur serta jaringan burung. Pemahaman petani terhadap bahaya insektisida masih sangat terbatas, serta masih ditemukan adanya penggunaan insektisida yang telah dilarang oleh pemerintah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Disampaikan terima kasih kepada Prof Dr Ir F Gunarwan Soeratmo, MF; Prof Dr Ir M Sri Saeni, MS; serta Prof Dr Ani Mardiasuti, MSc yang telah membimbing selama pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Brown, A.W.A. 1978. *Ecology of Pesticides*. John Wiley and Sons Inc. New York
- Carson, R. 1990. *Musim Bunga yang Bisu*. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.
- Nandika, D. 1986. Dampak insektisida terhadap burung. *Media Konservasi* I (2); 6 -7
- McEwen, F.L. and G.R. Stephenson. 1979. *the Use and Significance of Pesticides in The Environment*. John Wiley and Sons Inc. New York.
- Odum, E.P. 1971. *Fundamental of Ecology*. Third Edition. W.B. Saunders Company. Philadelphia. Toronto. London.
- Sastroutomo, S.S. 1990. *Ekologi Gulma*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Wilhm, J.L. 1975. Biological Indicator of pollution. P : 375 – 402. In Whiton, B.A. (Ed). *River Ecology* Vol 2. Black Well Scientific Publication. Osney Mead. London.