

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Penggunaan makrozoobentos sebagai bio-indikator pencemaran adalah berdasarkan kepada kenyataan bahawa lingkungan perairan yang tidak tercemar mempunyai komponen biologi yang seimbang dan tidak satu spesiespun yang dominan (REISH, 1972). Banyak sudah organisme yang digunakan sebagai bio-indikator pencemaran lingkungan. PHILIPS (1980) telah mengusulkan organisme bio-indikator pencemaran lingkungan di negara-negara Asia Tenggara adalah organisme yang berasal daripada kelompok bivalvia, seperti kerang *Anadara granosa*, tiram *Crassostrea cucullata* dan ikan *Platycephalus indicus* atau *P. bassensis*. Kajian ini memilih organisme makrozoobentos yang ada di perairan Sungai Siak, Riau sebagai organisme uji dalam uji toksisitas efluen buangan limbah industri yang ada di daerah aliran Sungai Siak. Uji toksisitas akan dilakukan untuk menentukan kesan efluen buangan limbah industri terhadap organisme makrozoobentos dalam keadaan terkawal di laboratorium. Uji toksisitas akut yang dapat menggambarkan keadaan dan kualitas lingkungan adalah uji yang menggunakan sistem statik.

2.1. Pencemaran Limbah Industri Di Perairan Sungai Siak, Pekanbaru

Limbah industri bisa dianggap suatu sembarang bentuk bahan atau tenaga yang tidak bisa digunakan secara ekonomi atau digunakan kembali pada tempat dan masa atau waktu tertentu (SMITH, 1988; COONEY, 1983). Total limbah industri yang masuk ke dalam perairan setiap tahun semakin meningkat seiring dengan peningkatan jumlah industri dan volume buangannya.

Salah satu perairan sungai yang utama di Riau yang dijadikan sebagai tong limbah industri adalah Sungai Siak, karena sungai ini telah lama dijadikan sebagai sarana transportasi kapal-kapal besar hingga jauh ke hulu sampai ke ibukota provinsi yaitu Pekanbaru. Sungai ini cukup dalam yaitu sekitar 15-20 m dan lebarnya sekitar 30-50 m, memungkinkan kapal-kapal besar untuk putar haluan dalam pelayarannya dan faktor ini mungkin penyebab salah satu pemicu berkembangnya berbagai jenis industri di Daerah Aliran Sungai (DAS) Siak ini.

Sejak dulu hingga saat ini Sungai Siak telah dijadikan sebagai tong sampah dari seluruh limbah yang dihasilkan oleh 21 perusahaan yang ada di DAS Siak tersebut. Pengaruh limbah-limbah perusahaan/industri tersebut saat ini telah menyebabkan masalah pencemaran perairan Sungai Siak (**PEMDA DATI I RIAU, 1998; PUSARPEDAL-BAPEDAL, 1998; SOERJANI, 1998; NURDIN, 1998; HARIAN KOMPAS, 1993; HARIAN SINAR INDONESIA BARU, 1993; SUARA PEMBARUAN, 1993; HARIAN HALUAN, 1993 dan REPUBLIKA, 1993**).

Dari 21 industri yang beroperasi di sepanjang DAS Siak umumnya membuang limbah organik dari lima jenis industri utama (yaitu industri minyak sawit, crumb rubber, pulp and paper, plywood dan lem plywood). Sebenarnya limbah organik dimaksud adalah hasil buangan dari jaringan dari berbagai tumbuh-tumbuhan tertentu. Menurut **HAKIM et al. (1986)** jaringan tumbuhan sebagian besar tersusun dari air yang beragam dari 60-90% dengan rata-rata sekitar 75%. Bagian padatan sekitar 25%, terdiri dari hidrat arang (60%), protein (10%), lignin (10-30%) dan lemak (1-8%). Ditinjau dari susunan unsur, karbon merupakan bagian yang terbesar (44%), diikuti oleh oksigen (40%), hidrogen dan abu masing-masing sekitar 8%. Walaupun angka 8% adalah kecil, namun ia memainkan

peranan yang amat penting, karena unsur-unsur C, H dan O yang mendominasi bahan kering tanaman tidak dapat bereaksi tanpa adanya unsur-unsur N, P, K, Ca, Mg dan unsur-unsur mikro lainnya, untuk itu pengaruhnya harus mendapat perhatian.

2. 2. Jenis-jenis Uji Toksisitas

Derjah toksisitas effluen buangan limbah industri terhadap berbagai jenis organisme adalah berbeda-beda menurut ukuran, umur, jangka masa pendedahan, suhu dan faktor-faktor lainnya. Toksisitas sesuatu unsur telah dikelompokkan oleh **WOOD (1974)** kepada tiga kelompok, yaitu (i) tidak kritikal, (ii) toksik dan mudah ditemui, dan (iii) toksik tetapi jarang ditemui. Uji toksisitas berupaya menunjukkan kesan keracunan, dan terbagi kepada dua jenis, yaitu uji toksisitas akut dan uji toksisitas kronik.

i. Uji Toksisitas Akut

Uji toksisitas akut merupakan uji yang dilakukan untuk menafsirkan kesan sesuatu bahan toksik dalam jangka masa pendek (**BUIKEMA et al., 1982**), terutama untuk mendapatkan informasi awal mengenai kesan toksisitas sesuatu bahan kimia (**LLOYD, 1979**). Uji ini dilakukan untuk menentukan konsentrasi sesuatu bahan toksik yang dapat memberi kesan kematian terhadap 50% dari jumlah organisme yang diuji. Kesan bahan toksik selalu diuraikan dari segi kematian, tidak ada pergerakan, hilang keseimbangan dan perubahan kadar pertumbuhan (**RAND & PETROCELLI, 1985**). Uji toksisitas akut biasanya dijalankan dalam jangka waktu 24, 48, 72 dan 96 jam (**DUFFUS, 1980**). Keputusan hasil ujian akut dilaporkan sebagai nilai LC₅₀ yaitu konsentrasi bahan toksik yang menyebabkan kematian 50% dari jumlah banyaknya organisme uji setelah satu jangka masa pendedahan tertentu (**REISH, 1988**).

LC₅₀ juga berfungsi untuk menentukan atau menilai paras yang selamat (safety level) sesuatu sebatian asing (xenobiotik) (PASCOE, 1983). BUIKEMA *et al.* (1982) menyatakan bahwa uji toksisitas akut adalah uji yang ringkas, biayanya rendah, sangat berguna dari segi ekologi dan dapat dipertahankan secara ilmiah.

Dalam uji toksisitas akut, organisme didedahkan minimal empat konsentrasi bahan toksis yang berlainan dan masing-masingnya dibuat ulangnya (RAND, 1980). Selain daripada itu, kontrol juga dilakukan untuk mengukur nilai LC₅₀, di mana organisme didedahkan terhadap keadaan yang sama tetapi bebas dari larutan uji.

ii. Uji Toksisitas Kronis

Uji toksisitas kronik menunjukkan kesan toksisitas akibat pendedahan kepada bahan toksis yang rendah konsentrasinya. Uji ini memerlukan jangka masa yang panjang dan berbeda-beda tergantung kepada jenis organisme uji (RAND & PETROCELLI, 1985). Organisme uji didedahkan dalam bahan toksis untuk seluruh atau sebagian tingkat hidup organisme berkenaan. Uji toksisitas bertujuan untuk menghasilkan informasi mengenai kesan berbagai konsentrasi bahan toksis terhadap kemandirian, pertumbuhan, pembiakan dan kelakuan sesuatu organisme (BUIKEMA *et al.*, 1982). Sungguhpun kesan keracunan kronik tidak begitu jelas namun dalam jangka masa yang panjang keracunan kronik dapat membawa kesan maut atau hampir maut.

2.2. Sistem Pendedahan Uji Toksisitas

Terdapat empat jenis sistem pendedahan toksisitas akut yang sering digunakan oleh ahli-ahli toksikologi (WARD & PARRISH, 1982; BUIKEMA *et al.*, 1982; RAND &

PETROCELLI, 1985; REISH & OSHIDA, 1986; APIA, 1989), yaitu sistem statik, semi-statik, aliran terus (“flow through”) dan *in situ*.

i. Sistem Statik

Sistem statik merupakan uji toksisitas dimana organisme uji didedahkan dalam larutan bahan toksis yang tidak ditukar sepanjang masa ujikaji. Bahan toksis dibuat dalam masa tahap awal uji toksisitas. Sistem statik biasanya dijalankan selama 96 jam dan larutannya tidak ditukar selama pendedahan dilakukan (RAND & PETROCELLI, 1985; REISH & OSHIDA, 1986). Sistem statik tidak cocok digunakan, bila konsentrasi bahan toksis yang diuji menurun dengan nyata dalam jangka masa ujikaji, misalnya bahan-bahan toksik yang mudah menguap atau terikat kepada permukaan tangki uji. Sistem statik adalah lebih murah dan dapat menggambarkan tahap pencemaran di kawasan-kawasan teluk, perairan tertutup dan dapat memberikan peringatan mengenai masalah-masalah berat yang mungkin terjadi di suatu lingkungan perairan.

ii. Sistem Semi-statik

Sistem semi-statik adalah sistem yang hampir sama dengan sistem statik. Organisme uji didedahkan dalam larutan uji yang harus ditukar secara berkala di sepanjang ujikaji dilakukan, misalnya setiap 24 jam atau 48 jam. Larutan uji ditukar atau dengan mengganti organisme uji ke dalam tangki larutan uji yang baru atau dengan memompa keluar sebagian larutan dan menambahkan larutan yang baru (RAND & PETROCELLI, 1985; REISH & OSHIDA, 1986). Sistem semi statik dapat mengatasi masalah yang sering timbul dalam sistem statik seperti kandungan oksigen terlarut yang rendah, hasil sampingan dari aktivitas metabolisme organisme dan penurunan kandungan bahan larutan yang diuji dalam larutan uji (SINGER *et al.*, 1990).

iii. Sistem Aliran Terus

Sistem aliran terus adalah sistem pendedahan di mana larutan bahan uji dan air kawalan mengalir masuk dan keluar sekali saja, secara tetesan atau berterusan dari tangki pendedahan dalam jangka masa pendedahan (**RAND & PETROCELLI 1985**). Sistem ini digunakan bila bahan toksis yang diuji adalah jenis yang mudah menguap, mudah terurai, mudah terikat pada permukaan tangki uji atau bahan toksis yang mempunyai permintaan oksigen biokimia (BOD) yang tinggi. Sistem ini digunakan untuk mengelakkan pengumpulan hasil metabolisme yang banyak dalam jangka masa pendedahan ujikaji.

Larutan uji senantiasa disediakan lebih awal untuk menggantikan larutan uji yang telah digunakan. Pada dasarnya terdapat dua jenis kajian toksisitas akut dengan sistem aliran terus, yaitu ujian terbatas (tergantung dengan waktu) dan tidak terbatas (tidak tergantung dengan waktu). Kajian toksisitas yang tergantung dengan waktu dilakukan dalam jangka waktu tertentu seperti 96 jam atau lebih, sedangkan ujian tidak terbatas dilakukan sampai keluk/lengkuk toksisitas dalam penentuan LC₅₀ atau EC₅₀ lengkap. Sistem ini dapat memecahkan masalah yang timbul dalam sistem statik, seperti pengurangan kandungan oksigen terlarut dan penambahan bahan buangan metabolisme organisme uji. Dalam sistem ini kualitas air yang baik dapat dipertahankan dengan lebih mudah.

Sistem pendedahan aliran terus telah digunakan oleh **ALABASTER dan ABRAM (1965)** terhadap ikan "harlequin", yaitu ikan tropika kecil. Sistem ini juga telah digunakan oleh **SINGER *et al.* (1990)** terhadap organisme kecil, seperti misid, lumut laut dan abalon merah. Kajian yang dilakukan oleh **SINGER *et al.* (1990)** tidak menggunakan sistem pencairan yang sama seperti pencairan sesiri (**MOUNT & WARNER, 1965**) pencairan berkadaran ("propotional diluter") (**MOUNT & BRUNGS, 1967**).

Sistem pencairan berkadar adalah berdasarkan kepada alat pencairan aliran terus yang dicipta oleh **MOUNT & BRUNGS (1967)** dan ini telah diperbaiki oleh **BENOIT et al. (1982)**. Sistem pencairan berkadar oleh **BENOIT et al. (1982)** telah digunakan oleh **HONG et al. (1987)**. **MEIER et al. (1987)** mendapati sistem pencairan **BENOIT et al. (1982)** tidak mampu menghasilkan konsentrasi yang tetap **HONG et al. (1987)** menggunakan alat pengesanan infra merah dan komputer untuk mengukur perubahan konsentrasi bahan uji yang melalui sistem pencairan **BENOIT et al. (1982)**. **MEIER et al. (1987)** juga menggunakan pewarna dalam menentukan konsentrasi bahan toksis yang terlarut. Sistem aliran terus telah digunakan dalam kajian menggunakan bahan toksis yang tidak stabil, seperti naftalena (**POIRIER, 1986; EDMISTEN & BANTLE, 1982**). Kajian mengenai kesan naftalena terhadap hidupan kecil seperti larva katak *Xenopus laevis* dari Afrika Selatan telah dilakukan oleh **EDMISTEN & BANTLE (1982)**. Kajian terhadap crustacea kecil seperti *Daphnia magna*, *D. pulex* dan *Bosmina longirostris* juga telah dilakukan dengan menggunakan sistem aliran terus tanpa menggunakan peralatan pencairan sesiri dan berkadar (**NOVAK et al., 1982**).

iv. Sistem Toksisitas *in situ*

Sistem uji toksisitas jenis *in situ* dijalankan di lapangan, dan sistem ini bisa membuktikan data-data yang telah dikumpulkan di laboratorium atau menilai pengaruh keadaan di lapangan terhadap organisme yang diuji (**BUIKEMA et al., 1982; RAND & PETROCELLI, 1985**).