

PENGEMBANGAN KONSEP *Screening Level Concentration* (SLC) SEBAGAI DASAR PENYUSUNAN *GUIDELINE* KUALITAS SEDIMEN : STUDI KASUS PERAIRAN TERGENANG DI JAWA BARAT

Tri Suryono, Yoyok Sudarso, Gunawan Pratama Yoga, Ivana Yuniarti, Rosidah, Supranoto, dan Bambang Teguh Sudiya.
Puslit Limnologi LIPI

ABSTRAK

*Konsep *Screening Level Concentration* (SLC) merupakan salah satu pendekatan dalam menghasilkan guideline kualitas sedimen yang berfungsi untuk melindungi kehidupan biota akuatik. Pendekatan dengan metode SLC membutuhkan data base yang mencukupi terhadap timbulnya kejadian toksisitas dari masing-masing polutan yang terakumulasi di sedimen. Sebagai model penyusunan guideline yang didasarkan pada konsep SLC, maka dipilih perairan tergenang yang ada di Jawa barat dari mulai yang minim mendapatkan gangguan hingga mengalami gangguan yang berat. Empat jenis logam yang dikaji dalam penelitian adalah: As, Hg, Cd, dan Pb. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji penggunaan konsep SLC yang digunakan untuk menyusun guideline kualitas sedimen dan pengembangan indek kontaminasi logam guna mengkategorikan status pencemaran. Adanya guideline yang terbentuk dengan pendekatan SLC ini diharapkan mampu melindungi kehidupan biota akuatik dan mendukung konsep perikanan yang berkelanjutan dari peningkatan aktivitas antropogenik. Hasil sementara dari 11 lokasi penelitian diperoleh 3 lokasi tergolong non toksik yaitu Telaga Nilem, Remis dan Telaga Warna sebagai lokasi *reference*. Situ Ciburuy, Situ Cikaret dan Lido memiliki kategori toksisitas ringan hingga sedang, Waduk Saguling yang diwakili oleh Stasiun Batujajar, waduk Cirata, Situ Cimanggis, Situ Gede dan Situ Rawa Besar mewakili daerah yang terkontaminasi logam berat tinggi dan termasuk dalam kategori toksik.*

Kata kunci: *Guideline, sedimen, SLC, logam berat.*

PENDAHULUAN.

Keberadaan bahan polutan di ekosistem akuatik mempunyai kecenderungan berikatan dan terakumulasi di sedimen (Wade *et al.* 2007; Baldwin dan Howitt 2007). Oleh sebab itu sedimen seringkali mengandung berbagai macam senyawa polutan yang bersifat toksik dan seringkali dalam konsentrasi yang tinggi, hingga mampu menyebabkan gejala toksisitas bagi biota akuatik maupun membahayakan kesehatan manusia (Power dan Chapman 1992; Maher *et al.* 1999; Rippey *et al.* 2007).

Jawa barat memiliki kurang lebih 596 buah situ dan tiga waduk besar (Anonim, 2008). Keberadaan situ dan waduk memiliki nilai penting bagi aspek ekologi, ekonomi, dan sosial masyarakat di sekitarnya. Meningkatnya aktivitas antropogenik yang ada disekitarnya dapat mengakibatkan adanya perubahan kualitas fisik dan kimia perairan, sehingga dikhawatirkan dapat menyebabkan paparan bahan polutan toksik ke biota

akuatik yang berdampak pada kematian maupun bioakumulasi. Hal tersebut dapat mengancam kesehatan bagi manusia maupun hewan predator lainnya dan secara umum dapat menurunkan integritas ekologi perairan.

Saat ini pemantauan kualitas lingkungan perairan di Indonesia umumnya dilakukan pada pengukuran kualitas air. Namun perhatian tentang kelayakan kualitas sedimen guna melindungi kelangsungan hidup biota akuatik nampaknya masih belum banyak mendapat perhatian dan dikaji secara mendalam. Hal ini tercermin dari belum tersedianya suatu *guideline*/ baku mutu kualitas sedimen di Indonesia yang berfungsi untuk mendukung atau melindungi kehidupan biota akuatik. Umumnya baku mutu yang digunakan memprediksi toksisitas sedimen masih mengacu dari *guideline* luar negeri yang beriklim *temperate* yang kadangkala belum tentu cocok untuk diterapkan di iklim tropis seperti Indonesia. Keberadaan *guideline* tersebut sangat penting artinya bagi manajemen dan pengelolaan suatu badan air khususnya guna mencegah semakin menurunnya keanekaragaman hayati dan integritas biologi perairan akibat dari tingginya aktivitas antropogenik.

Salah satu bahan kontaminan toksik yang sering dikaji dalam toksisitas sedimen adalah logam berat (Luoma dan Carter 1991; Chapman *et.al* 1998). Polusi logam berat menjadi masalah yang cukup serius bagi kesehatan manusia dan ekosistem akuatik karena kemampuan toksisitas maupun akumulasinya (Prisca *et al.* 2007). Bisthoven *et al.* (1998) menyebutkan dampak negatif toksisitas logam bagi biota akuatik yaitu terganggunya proses fisiologi, kecacatan morfologi, maupun perubahan struktur komunitas yang akhirnya berakibat pada penurunan integritas biologi perairan. Keberadaan logam yang terakumulasi pada tubuh manusia akibat mengonsumsi ikan atau biota yang terkontaminasi logam berdampak negatif pada kesehatan, contohnya kasus penyakit *chisso- minamata* dan *itai-itai* di Negara Jepang yang disebabkan kontaminasi logam berat Hg dan Cd (Förstner dan Whittmann 1983).

Screening Level Concentration (SLC) merupakan salah satu konsep untuk menghasilkan *guideline* kualitas sedimen berdasarkan besarnya data bobot kejadian toksisitas. Konsep SLC sebagian besar bersumber dari kajian hubungan kisaran konsentrasi kimia yang terakumulasi di sedimen dengan seringnya efek negatif yang ditimbulkan (Long dan MacDonald 1992). Pendekatan di atas biasanya lazim disebut

sebagai hubungan *cause-effect* antara konsentrasi sedimen dengan besarnya efek negatif yang ditimbulkan oleh biota akuatik. Selama ini penyusunan SQG dengan SLC ini relatif cocok digunakan melindungi kehidupan organisme benthik makroinvertebrata hampir 95% terhadap kontaminasi logam dan organik tertinggi. Namun untuk melindungi kehidupan ikan sejauh ini masih belum dilakukan evaluasi secara mendalam.

Pendekatan konsep SLC telah diadopsi negara Canada, Australia, Belanda, Belgia, dan Hongkong dalam menyusun *guideline* kualitas sedimen (Burton 2002). Long dan MacDonald (1998) menyebutkan beberapa manfaat yang diperoleh dari terbentuknya *guideline* numerik kualitas sedimen dapat membantu interpretasi sejarah kontaminasi kimia di sedimen dari yang terdahulu hingga sekarang, identifikasi potensi paparan bahan kimia tertentu terhadap kelangsungan hidup biota akuatik pada suatu area atau lokasi tertentu, *guideline* tersebut dapat digabungkan sebagai pelengkap dalam disain program pemantauan kualitas lingkungan, dan untuk ranking tempat guna memudahkan pengambil keputusan perlu tidaknya tindakan regulasi atau remediasi yang akan diambil.

Tujuan penelitian ini adalah mengkaji penggunaan konsep SLC yang digunakan sebagai bahan penyusunan *guideline* kualitas logam berat di sedimen dan membandingkan kelayakan nilai *guideline* yang diperoleh berdasarkan konsentrasi logam total dan ekstraksi secara *sequential*.

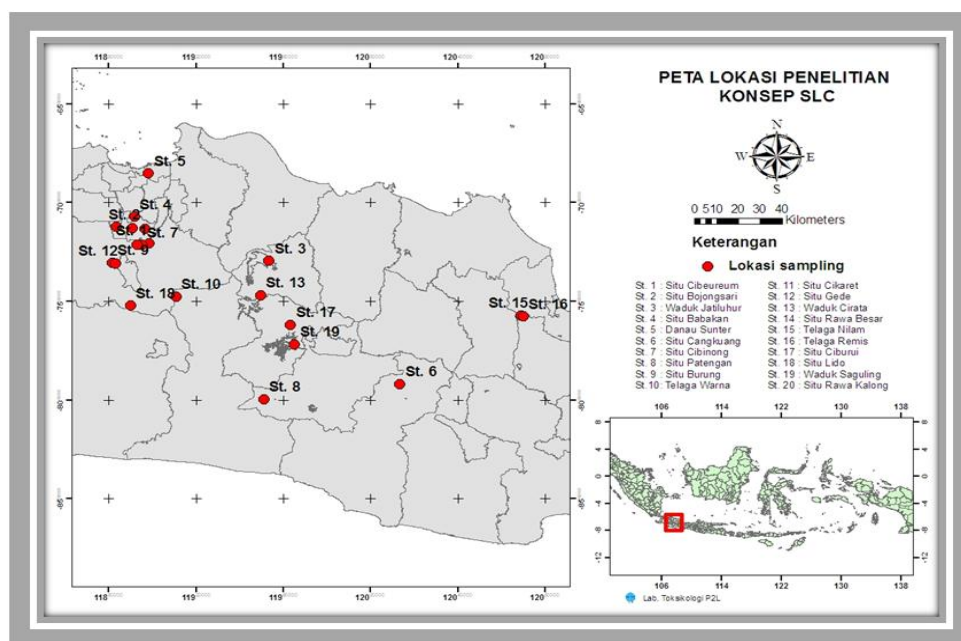
BAHAN DAN METODE

Sedimen yang dikaji dalam penelitian guna mendapatkan database konsep SLC diambil dari beberapa setu atau waduk di Jawa Barat yang diperkirakan masih bagus (kondisi *reference*) dan yang sudah mengalami gangguan. Lokasi penelitian dan kondisinya seperti disajikan pada Tabel 1 dan Gambar 1.

Tabel 1. Lokasi/ stasiun pengamatan dan dugaan kisaran kontaminasi logam berat yang akan dijadikan data *base* toksisitas sedimen.

Lokasi	Posisi	Keterangan
St. 1. Situ Cibeureum	6° 27' 39,30" S 106° 53' 10,55" T	- Dekat jalan tol - Aktivitas domestik, industri dan wisata air
St. 2. Situ Bojongsari	6° 23' 15,13" S 106° 45' 04,84" T	- Lokasi perumahan dan domestik
St. 3. Waduk Jatiluhur	6° 32' 28,88" S 107° 22' 47,07" T	- Dam untuk PLTA - Aktivitas budidaya perikanan sistem KJA - Wisata air
St. 4. Situ Babakan	6° 20' 28,06" S 106° 49' 28,80" T	- Aktivitas wisata air - Domestik dan perkantoran
St. 5. Danau Sunter	6° 8' 43,74" S 106° 52' 56,87" T	- Aktivitas domestik perkantoran, wisata air, Pemancingan dan warung makan
St. 6. Situ Cangkuang	7° 5' 54,4" S 107° 55' 09,87" T	- Sekitar lokasi adalah pertanian - Aktivitas domestik dan aktivitas wisata air
St. 7. Situ Cibinong	6° 28' 09,52" S 106° 51' 17,55" T	- Dekat jalan raya - Dekat aktivitas pasar tradisional - Aktivitas perikanan tangkap
St. 8. Situ Patenggan	7° 10' 01,17" S 107° 21' 27,87" T	- Kawasan kebun teh, terjaga alami - Aktivitas wisata air
St. 9. Situ Burung	6° 32' 57,45" S 106° 44' 01,59" T	- Lokasi sekitar persawahan dan domestik - Aktivitas perikanan tangkap
St. 10. Telaga Warna	6° 42' 09,36" S 106° 59' 47,37" T	- Lokasi di hutan lindung - Kawasan puncak aktivitas wisata
St. 11. Situ Cikaret	6° 28' 07,76" S 106° 50' 06,61" T	- Dekat jalan raya Cikaret - Arena wisata air dan perumahan penduduk
St. 12. Situ Gede	6° 33' 07,77" S 106° 44' 48,34" T	- Lokasi kawasan hutan lindung CIFOR - Aktivitas wisata air, perikanan masyarakat dan Domestik
St. 13. Waduk Cirata	6° 41' 49,33" S 107° 20' 39,14" T	- Aktivitas keramba jaring apung

		- PLTA
St. 14. Situ Rawa Besar	6° 23' 37,76" S 106° 48' 57,70" T	- Aktivitas wisata air - Perumahan penduduk dan pasar tradisional
St. 15. Telaga Nilam	6° 47' 14,8" S 108° 25' 05,3" T	- Kawasan masih alami dan terjaga - Kondisi air jernih
St. 16. Telaga Remis	6° 47' 33,9" S 108° 24' 95,6" T	- Aktivitas wisata dan warung makan
St. 17. Situ Ciburui	6° 49' 45,9" S 107° 28' 06,9" T	- Dekat jalan raya Bandung - Aktivitas wisata air, perumahan penduduk
St. 18. Waduk Saguling	6° 55' 08,32" S 107° 29' 01,50" T	- PLTA, Keramba jaring apung, industri dan penambangan pasir.
St. 19. Situ Lido	6° 44' 36,7" S 106° 48' 31,1" T	- Aktivitas wisata air, perumahan, perikanan dan restoran
St. 20. Situ Rawa Kalong	6° 23' 43,8" S 106° 52' 07,1" S	- Perumahan penduduk, industri dan keramba jaring apung



Gambar 1. Lokasi sampling kegiatan konsep SLC.

Empat logam yang dikaji adalah arsen (As), kadmium (Cd), timah hitam (Pb), dan merkuri (Hg). Hal ini didasarkan pada ketentuan USEPA yang menyebutkan logam

tersebut berpotensi toksik bagi sebagian besar biota akuatik maupun kesehatan manusia (Anonim 1986).

Cuplikan sedimen diambil menggunakan *Ekman grab* lapisan bagian atas/ permukaan (± 5 cm). Banyaknya *slurry* untuk analisis kimia ± 2 liter dimasukkan dalam keler plastik dan disimpan dalam *cooling box*. Parameter pendukung yang diukur meliputi: sulfida, nitrit, amoniak dan pH sedimen.

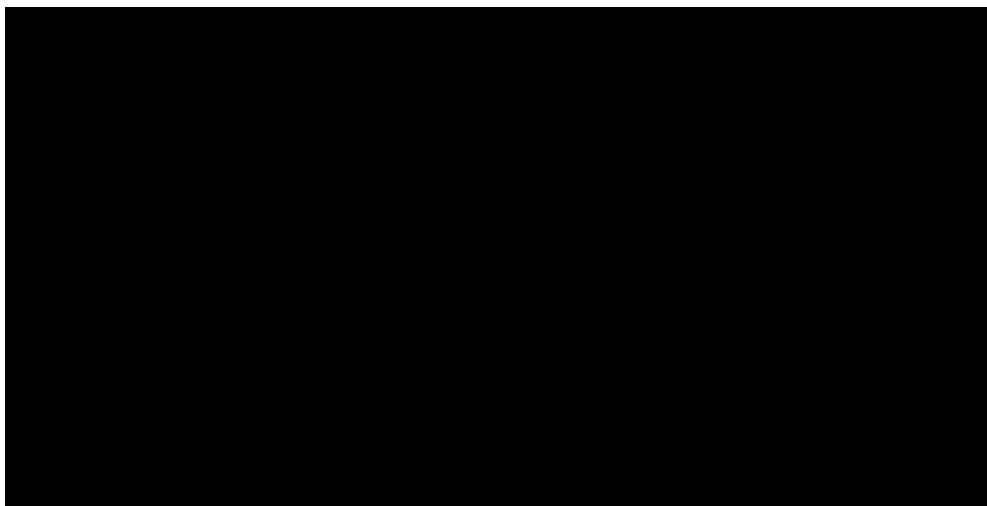
HASIL PENELITIAN

Hasil penelitian yang telah dicapai meliputi data hasil uji toksisitas sedimen terhadap biota uji *Moina*, *Daphnia*, Anakan ikan Plati Koral dan ikan Pelangi serta kualitas air dari setiap lokasi stasiun terpilih maupun kondisi makrozoobentos dari setiap lokasi situ terpilih. Hasil penelitian disajikan dalam beberapa sub kegiatan seperti disajikan dibawah.

a. Kualitas perairan setu, waduk maupun telaga

Hasil pengukuran rata-rata kualitas perairan setiap lokasi penelitian dalam konsep SLC seperti Tabel 2 dibawah.

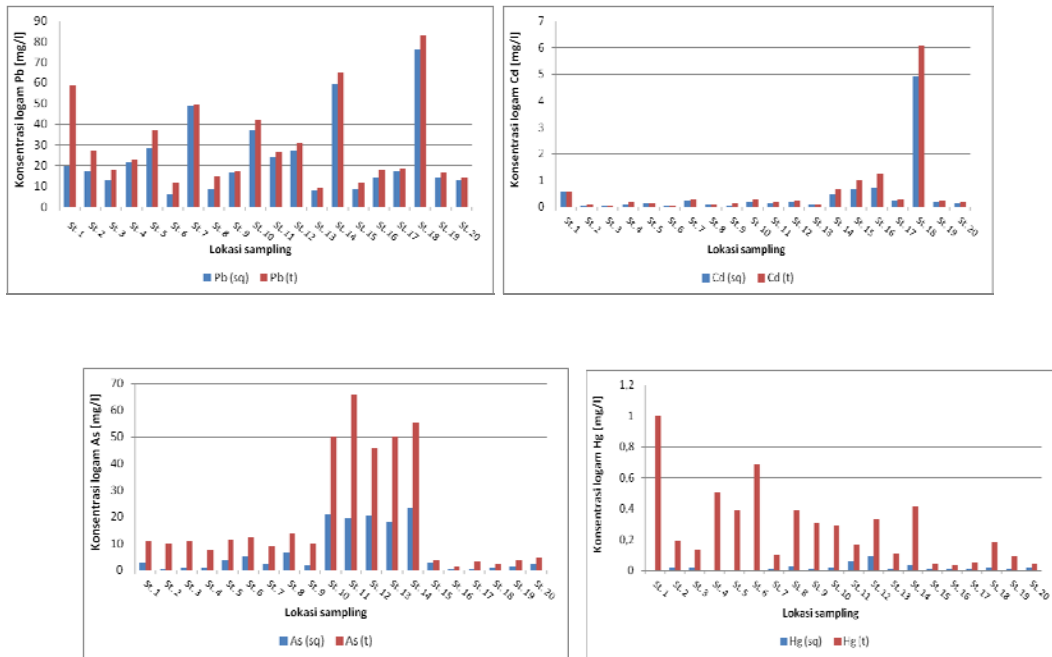
Tabel 2. Hasil pengukuran rata-rata kualitas air setiap lokasi penelitian.



Ket. : Pb(Sq) adalah hasil analisis logam Pb secara sequensial; Pb(t) adalah hasil analisis logam Pb secara total

b. Konsentrasi logam.

Hasil analisis logam di sedimen dari lokasi setu, waduk maupun telaga dari lokasi penelitian disajikan dalam bentuk gambar grafik seperti di bawah.



Gambar 2. Konsentrasi logam dari hasil analisis di stasiun penelitian terpilih

c. Hasil uji toksisitas sedimen

Hasil uji toksisitas sedimen dari 20 perairan tergenang di wilayah Jawa Barat dan DKI Jakarta, hanya 3 situ yang masih masuk dalam kategori tidak toksik, 6 situ dan waduk masuk dalam kategori meragukan, 11 situ termasuk kategori toksik (Tabel 3).

Tabel 3. Klasifikasi Toksisitas Perairan Tergenang di Wilayah Jawa Barat dan DKI Jakarta berdasarkan Swartz (1999)

No.	Tidak Toksik	Meragukan	Toksik
1	Nilam	Cibinong	Situ Gede
2	Remis	Burung	Cibeureum
3	Telaga Warna	Cirata	Batujajar
4		Cikaret	Patengan
5		Ciburuy	Cangkuang
6		Sunter	Lido
7			Babakan
8			Rawa Kalong
9			Jatiluhur
10			Rawa Besar
11			Bojongsari

Telaga Nilam, Remis dan Warna berada di daerah konservasi yang kondisi sekitarnya masih sangat terjaga, belum ada pemukiman penduduk dan tidak ada industri, tingkat pencemaran yang terjadi di lokasi-lokasi tersebut pun masih rendah, sehingga sedimen ketiga telaga tersebut tidak toksik.

Pada kategori meragukan terdapat situ-situ yang secara umum terdapat di daerah pemukiman, seperti Situ Cibinong, Situ Burung, Waduk Cirata, Situ Cikaret dan Situ Ciburuy, hanya Danau Sunter yang terdapat di kawasan Industri, terutama kawasan industri otomotif.

Perairan-perairan yang tergolong pada kategori toksik pada umumnya mendapatkan beban antropogenik dari berbagai sumber, antara lain limbah domestik (Situ Gede, Rawa Besar, Situ Babakan dan Babakan), limbah pertanian (Situ Cangkuang dan Situ Gede), limbah perikanan karamba jaring apung (Danau Lido, dan Waduk Jatiluhur) serta limbah industri (Situ Cibeureum, Waduk Saguling, Rawa Kalong, dan Situ Bojongsari). Di samping itu terdapat juga satu perairan yang terkategori toksik karena merupakan bekas kawah gunung berapi yang sudah tidak aktif lagi, Situ Patengan.

Hasil uji toksisitas sedimen terhadap empat hewan uji, secara umum, tampak bahwa *cladocera* (*Moina* dan *Daphnia*) lebih sensitif terhadap sedimen bila dibandingkan dengan ikan (Tabel 4.). Hal ini tampak dari jumlah uji toksisitas sedimen terhadap biota-biota tersebut yang menunjukkan klasifikasi toksik. Sedimen perairan bersifat toksik terhadap *Daphnia* di 15 lokasi (75%), dan 11 lokasi (55%) terhadap *Moina*. Sedangkan sedimen yang diuji pada ikan menunjukkan klasifikasi toksik di 9 lokasi (45%) dan 3 lokasi (21,4%) berturut-turut terhadap ikan plati dan pelangi Irian. Dengan demikian tampak bahwa ikan plati lebih sensitif terhadap sedimen apabila dibandingkan dengan ikan pelangi Irian.

Tabel 4. Sensitifitas biota uji terhadap sedimen beberapa Perairan tergenang di wilayah Jawa Barat dan DKI Jakarta.

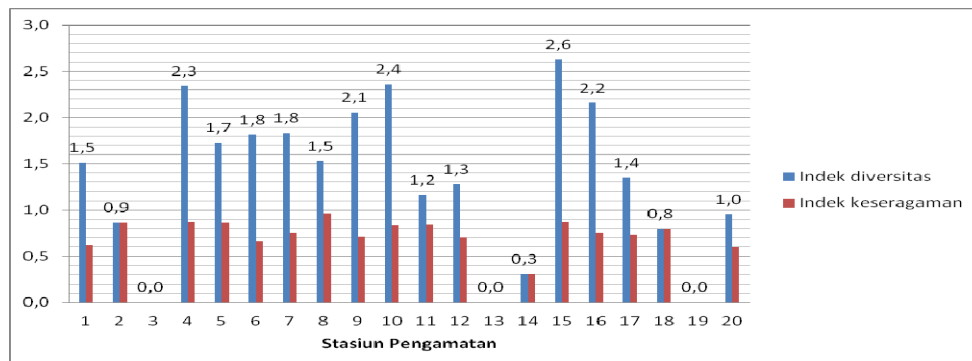
Biota uji	Tidak toksik	Meragukan	Toksik
Anakan ikan plati	10	1	9
Anakan ikan pelangi	8	3	3
moina	6	3	11
daphnia	3	2	15

d. Kondisi bentik makroinvertebrata

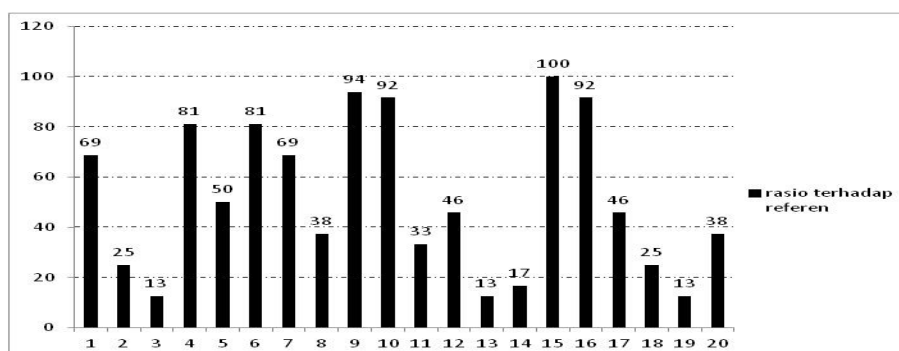
Tingkat keanekaragaman organisme bentik makroavertebrata pada masing-masing stasiun pengamatan diprediksi dari teori informasi dengan menggunakan indek diversitas *Shannon-Wiener* (H) dan indek keseragaman (E) yang lebih rinci dapat dilihat dalam Gambar 3.

Gambar 3 menunjukkan cukup bervariasinya indek diversitas dan keseragaman diantara stasiun pengamatan. Secara umum stasiun pengamatan yang memiliki nilai indek diversitas yang lebih tinggi meliputi stasiun Situ Babakan (4), Telaga Warna (10), dan Telaga Nilem (15) dibandingkan dengan stasiun lainnya. Hal ini mengindikasikan lebih beragamnya komunitas organisme bentik makroavertebrata yang ditemukan di stasiun tersebut dibandingkan dengan stasiun lainnya. Sedangkan komunitas yang memiliki nilai $H' \approx 0$ menunjukkan rendahnya komposisi hewan yang menyusun komunitas di stasiun tersebut (misalnya: stasiun Waduk Jatiluhur (3), Cirata (13), dan Lido (19)). Dari nilai indek keseragamannya sebagian besar stasiun pengamatan memiliki nilai $E > 0,6$ atau ($E \approx 1$) yang mengindikasikan bahwa tingkat

keseragaman yang relatif tinggi hampir pada semua stasiun pengamatan. Hal ini menunjukkan sebaran individu yang ada pada komunitas tersebut cenderung untuk terdistribusi secara merata.



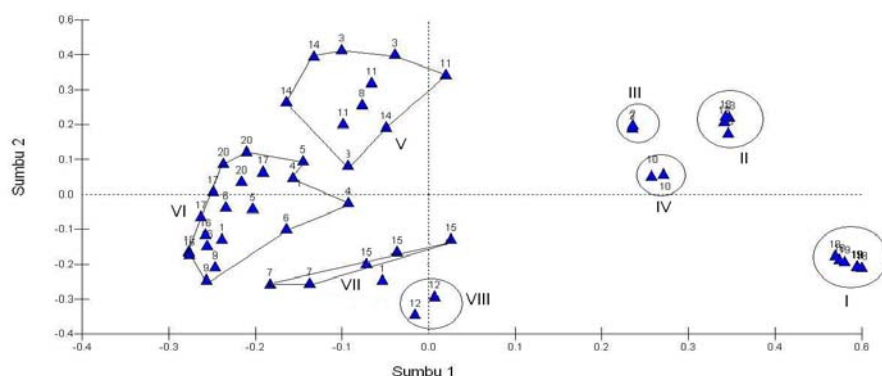
Gambar 3. Tingkat keanekaragaman dan keseragaman dari organisme makroavertebrata di masing-masing stasiun pengamatan



Gambar 4. Grafik batang metrik persentase jumlah taksa terhadap reference pada masing-masing stasiun pengamatan.

Berdasarkan nilai rasio jumlah taksa (Gambar 4) terhadap stasiun *reference site* (telaga Nilem/15) menunjukkan bahwa Situ Burung (9), Telaga Warna (10), dan Telaga Remis (17) masih mengalami gangguan yang relatif rendah (< 10%). Stasiun Situ Ciberem (1), Situ Babakan (4), Danau Sunter (5), Situ Canguang (6), dan Situ Cibirong (7) menunjukkan tipe gangguan dalam kategori sedang (10-50%). Sedangkan Situ Bojong Sari (2), Waduk Jatiluhur (3), Situ Patenggang (8), Situ Cikaret (11), Situ Gede (12), Waduk Cirata (13), Situ Rawa Besar (14), Situ Ciburuy (17), Situ Lido (18), Waduk Saguling (19), dan Situ Rawa Kalong (20) termasuk dalam kategori gangguan berat (> 50% mengalami gangguan).

Hasil pengelompokan stasiun pengamatan dengan menggunakan teknik ordinasasi *principal coordinate analysis* (PCoA) pada similaritas komposisi dan kelimpahan organisme benthik makrovertebrata terdapat delapan kelompok (Gambar 4). Kelompok I meliputi: Stasiun Lido (18) dan Saguling (19), kelompok II meliputi: Stasiun Cirata (13), kelompok III meliputi: Stasiun Bojong Sari (2), kelompok IV meliputi: Stasiun Telaga Warna (10), kelompok V meliputi: Stasiun Jatiluhur (3), Cikaret (11), Patenggang (8), dan Situ Rawa besar (14), kelompok VI meliputi: Stasiun Saguling (20), Situ Babakan (4), Ciburuy (17), situ Canguang (6), dan Telaga Cibereum (1) dan kelompok VII meliputi: Stasiun Telaga Nilem (15) dan Situ Cibirong (7), dan kelompok VIII meliputi: Situ Gede (12). Dari tren Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan adanya beberapa kemiripan klasifikasi tempat dengan tingkat gangguan berdasarkan rasio terhadap *reference*. Stasiun yang mengalami gangguan relatif ringan terletak pada kelompok IV dan sebagian kelompok pada VII. Stasiun dalam kategori gangguan sedang sebagian besar ada pada kelompok VI, sedangkan stasiun yang mengalami gangguan berat meliputi kelompok I, II, III, dan VII.



Gambar 5. Hasil ordinasasi dari komunitas benthik makrovertebrata dengan menggunakan PcoA

Selanjutnya hasil penilaian kualitas sedimen yang diperoleh dilakukan uji kelayakan dengan memprediksi besarnya persentase pengaruh yang ditimbulkan berdasarkan data *effectnya*. Jika nilai data effect yang diperoleh \leq TEL dan \geq PEL, maka kelayakan kriteria dari nilai *guideline* kualitas sedimen menimbulkan insiden dan efek yang merugikan. Jika dibawah dari nilai TEL 25% atau kurang dan insiden efek

biologi yang merugikan diatas dari nilai PEL lebih dari 50% atau lebih (Macdonald *et al.* 1996)..

Hasil Perhitungan nilai TEL dan PEL seperti ditunjukkan pada **Tabel 5**, diketahui kejadian dari efek biologi yang menimbulkan kerugian kurang dari nilai TEL untuk logam total berkisar antara 11,765 – 82,353 %, sementara untuk logam sequential nilainya 2,822 – 76,471 %. Sedangkan untuk kejadian dari efek merugikan diatas dari nilai PEL untuk logam total maupun *sequential* berkisar 17,647 – 47,059 %. Hasil tersebut menunjukkan bahwa logam berat total maupun *sequential* untuk nilai perhitungan TEL memiliki kisaran nilai kurang dari 25% dari nilai data *effect* kecuali untuk logam total dan *Sequential* Cd (82,35% dan 76,47%) serta logam *sequential* As (29,41), sehingga konsentrasi logam berat total sedikit lebih baik digunakan sebagai kandidat guideline kualitas sedimen dibandingkan dengan konsentrasi logam berat hasil ekstraksi. Sedangkan hasil perhitungan nilai PEL baik data logam berat total maupun *sequential* kurang *reliable* untuk digunakan dalam penyusunan nilai *guideline* kualitas sedimen karena hasil perhitungannya nilai PEL kurang dari 50%, sedangkan untuk *guideline* nilai PEL hasil perhitungannya harus lebih tinggi dari 50% nilai data *effect*.

Tabel 5. Persentase adanya pengaruh yang merugikan ketika nilainya \leq TEL dan \geq PEL

Subtansi	Kisaran pengaruh minimal	Kisaran kemungkinan pengaruh
	% pengaruh \leq TEL	% pengaruh \geq PEL
Pb total	23,529	47,059
Cd total	82,353	17,647
As total	17,647	23,529
Hg total	11,765	47,059
Pb sequential	17,647	29,412
Cd sequential	76,471	17,647
As sequential	29,412	29,412
Hg sequential	2,822	47,059

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil penelitian konsep SLC dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil pemantauan kualitas air in-situ menunjukkan beberapa parameter masih dalam batas wajar lingkungan perairan alami khususnya lokasi rujukan seperti Telaga Nilam, Telaga Warna maupun Situ Patengan.
2. Hasil identifikasi kondisi bentos makroinvertebrata masing-masing lokasi penelitian menunjukkan adanya variasi indek diversitas dan keseragamannya, khususnya Situ Babakan, Telaga Warna dan Telaga Nilam.
3. Hasil perbandingan rasio jumlah taksa terhadap lokasi rujukan (*reference site*), lokasi sampling dengan minim gangguan Situ Burung, Telaga Warna dan Telaga Remis. Lokasi sampling yang terganggu sedang adalah Situ Cibereum, Situ Babakan, Danau Sunter, Situ Cangkung, dan Situ Cibinong sementara lokasi sampling yang terganggu berat yaitu Situ Bojong Sari, Waduk Jatiluhur, Situ Patenggang, Situ Cikaret, Situ Gede, Waduk Cirata, Situ Rawa Besar, Situ Ciburui, Situ Lido, Waduk Saguling, dan Situ Rawa Kalong.
4. Hasil analisis pengelompokkan dengan menggunakan teknik ordinasasi *principal coordinate analysis* (PCoA) dapat dikelompokkan menjadi 8 kelompok berdasarkan kemiripan komposisi dan kelimpahan organisme bentik makroavertebrata.
5. Hasil uji toksisitas sedimen dengan menggunakan hewan uji anakan ikan Plati, Pelangi, Daphnia dan Moina mengindikasikan 11 lokasi penelitian sedimennya dikategorikan toksik, 3 lokasi dalam kategori meragukan dan 3 lokasi kategorinya tidak toksik.
6. Hasil uji toksistas sedimen juga menunjukkan bahwa hewan uji *cladosera* (Moina dan Daphnia) lebih sensitif dibandingkan dengan hewan uji anakan ikan (Plati dan Pelangi), sedangkan anakan ikan Pelangi merupakan jenis biota yang paling toleran diantara hewan uji yang digunakan.
7. Nilai TEL dan PEL hasil kompilasi data kualitas sedimen dari seluruh lokasi penelitian menunjukkan nilai TEL untuk logam total masih *reliable* untuk digunakan sebagai kandidat *guideline* kualitas sedimen, sedangkan hasil

perhitungan nilai PEL baik untuk logam total maupun sequential kurang *reliable* (tidak bisa digunakan).

Saran

Berdasarkan data hasil uji toksisitas sedimen, lokasi-lokasi penelitian yang sedimennya dalam kategori meragukan dan toksik hendaknya perlu diwaspadai dan perlu perhatian serius dari segenap masyarakat dan pemerintahan setempat agar tidak menimbulkan gangguan kesehatan pada manusia khususnya. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan membatasi masuknya beban limbah ke perairan situ, telaga maupun danau karena keberadaan ekosistem perairan ini sangat penting sebagai penyedia sumber air pada waktu musim kemarau.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2008, [http://cetak.kompas.com/read/xml/2008/10/17/10325676/ratusan.situ.di.ja bar. beralih.fungsi.menjadi.permukiman](http://cetak.kompas.com/read/xml/2008/10/17/10325676/ratusan.situ.di.ja%20bar.beralih.fungsi.menjadi.permukiman), diakses tgl 30 Januari 2009
- Anonim. 1986. Quality Criteria for Water 1986, United States Environmental Protection Agency. EPA 440/5-86-001. Washington.
- Baldwin D. S. and J. A. Howitt, 2007, Baseline assessment of metals and hydrocarbons in the sediments of Lake Mulwala, Australia, *Lakes & Reservoirs: Research and Management* 12: 167–174
- Bisthoven L.J., Postma J.P., Parren P., Timmermans K.R., and Ollevier F. 1998. Relation Between Heavy Metal in Aquatic Sediments in Chironomus Larvae of Belgian Lowland Rivers and Their Morphological Deformities. *Can. J. Fish Aquat. Sci.* 55: 688-703.
- Burton G.A., 2002, Sediment Quality Criteria in Use Around the World, *Limnology* 3: 65-75. Chapman P.M., Wang F., Janssen C., Persoone G., and Allen H.E. 1998. Ecotoxicology of Metals in Aquatic Sediments: Binding and Release, Bioavailability, Risk Assessment, and Remediation. *Can. J. Fish Aquat. Sci.* 55: 2221-2243.
- Chapman P.M., B. Anderson, S. Carry, V. Engle, R. Green, J. Hameedi, M. Harmoni, P. Haverland, J. Hyland, C. Ingersoll, E. Long, J. Rodgers Jr., M. Salazar, P. K. Sibley, P. J. Smith, R. C. Swartz, B. Thompson, and H. Windom, 1997, General Guidelines for using the Sediment Quality Triad, *Marine Pollution Bulletin* 34 (6): 368-372.
- Fortstner U., and Whittmann G.T. 1983. Toxic Metal. Metal Pollution in Aquatic Environment. Springer Verlag. Berlin Heidelberg. Germany. hlm 3-68.

- Long E.R and MacDonald D.D, 1998, Recommended uses of empirically-derived sediment quality guidelines for marine and estuarine ecosystems. *Human Ecolog Risk Assess* 4:1019 –1039.
- Long E.R. and MacDonald D.D, 1992, National Status and Trends program Approach, in Sediment Classification Methods Compendium, US-EPA, EPA 823-R-92-006, Springfield.
- Luoma SN., and Carter JL. 1991. Effect of Trace Metal on Aquatic Benthos. in M.C. Newman and A.W. McIntosh (eds): Metal Ecotoxicology: Concepts and Applications. Lewis Publishers. Chelsea. Michigan. 261-300.
- MacDonald D. D., C. G. Ingersoll, T. A. Berger, 2000, Development and Evaluation of Consensus-Based Sediment Quality Guidelines for Freshwater Ecosystems, *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 39, 20–31.
- Maher, W., G.E. Batley, and I. Lawrence. 1999. Assessing The Health of Sediment Ecosystem: Use of Chemical Measurements. *Freshwater Biology* 41:361-372.
- Power, E. A., and P. M. Chapman. 1992. Assessing Sediment Quality. In: A. Burton (Eds): Sediment Toxicity Assessment. Lewis Publishers. 1-16. Rabeni C.F., T.P. Boyle, 1986, Biomomonitoring Of Stream Quality In Agricultural Areas: Fish Versus Invertebrates, *Environmental Management* 10(3): 413-419pp.
- Prica, M., B. Dalmajica, S. Roncevic, D. Kremar, and M. Bacelic. 2007. A Comparison of Sediment Quality Results with Acid Volatile Sulfide (AVS) and Simultaneously Extracted Metal (SEM) Ratio in Vojvodina (Serbia) Sediments. *Sci.Total Environ.* 20: 1-10.
- Rippey B., N. Rose, H. Yang, S. Harrad, M. Robson, S. Travers, 2007, An assessment of toxicity in profundal lake sediment due to deposition of heavy metals and persistent organic pollutants from the atmosphere. *Environ Int.*, doi: 10.1016/j.envint.2007.03.006
- Swartz RC (1999) Consensus sediment quality guidelines for PAH mixtures. *Environ Toxicol Chem* 18:780 –787.
- Wade T.L., S.T. Sweet, A.G. Klein, 2007, Assessment of sediment contamination in Casco Bay, Maine, USA, *Environmental Pollution*:1-17, doi:10.1016/j.envpol.2007.07.016