

PENGEMBANGAN TEKNOLOGI LINGKUNGAN DALAM PENGELOLAAN DAS YANG BERKELANJUTAN

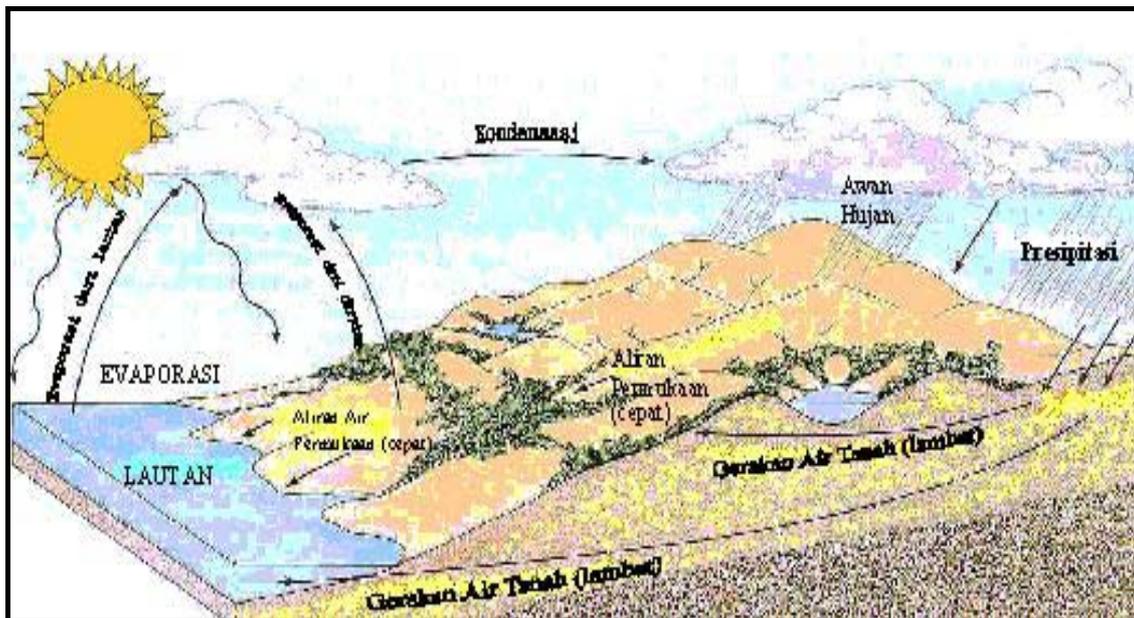
Oleh : Tussy Augustine Adibroto^{*)}

Abstrak

DAS merupakan bagian dari suatu proses hidrologi – yang dikenal sebagai siklus air – berfungsi sebagai penampung air hujan, daerah penyimpanan air, penangkap hujan dan pengaliran air. Air merupakan sumberdaya alam yang sangat vital dan merupakan faktor pembatas dan menentukan kualitas hidup manusia serta makhluk hidup lainnya. Dari berbagai literatur diketahui bahwa telah terjadi penurunan kualitas dan kuantitas air sebagai akibat dari pendekatan pembangunan di sepanjang DAS yang semata-mata mengejar pertumbuhan ekonomi tanpa memperhatikan keberlanjutan fungsi-fungsi lingkungan sejak kawasan hulu sampai dengan kawasan hilir. Belum lagi pendekatan pelaksanaan pembangunan yang terkotak-kotak dan dibatasi oleh wilayah administratif padahal suatu DAS biasanya melalui beberapa wilayah administratif sekaligus.

Oleh karena itu, pendekatan baru pengelolaan DAS adalah pendekatan terpadu yang dikenal sebagai “One River, One Plan, One Management”. Makalah ini mencoba mengetengahkan peran teknologi pengelolaan lingkungan sebagai salah satu cara pemecahan permasalahan lingkungan yang telah terjadi maupun pencegahannya, jenis-jenis teknologi apa saja yang perlu dikembangkan serta beberapa hasil kajian di bidang teknologi pengelolaan lingkungan yang telah siap terap maupun yang sedang dan akan dilakukan yang dapat dimanfaatkan dalam suatu pengelolaan DAS terpadu.

Kata kunci : DAS, pengelolaan lingkungan, teknologi pengelolaan DAS



Sumber : Miller, 1992

Gambar I. Siklus Hidrologi

*) Saat ini sebagai Direktur Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan – BPPT. Tulisan ini disampaikan pada “Semiloka Pengelolaan Sumberdaya Lingkungan DAS Berkelanjutan : Peran Strategis Teknologi Perlindungan Lingkungan Dalam Mewujudkan Citarum Bergebutar (Bersih, Geulis, Lestari)”, tanggal 26 Juni 2002 di Gedung II BPPT, Jakarta.

1. PENDAHULUAN

Menurut Syarief (1997), Daerah Aliran Sungai (selanjutnya disebut : DAS) merupakan kesatuan wilayah tata air yang terbentuk secara alamiah, tempat air hujan jatuh, meresap dan atau mengalir dari permukaan tanah ke sungai dan anak-anak sungainya dari hulu ke hilir. Sedangkan menurut Clark (1996), DAS adalah suatu cekungan geohidrologi yang dibatasi oleh daerah tangkapan air dan dialiri oleh suatu badan sungai. DAS meliputi semua komponen tanah / lahan, air dan sumberdaya biotik yang merupakan suatu unit ekologi dan mempunyai keterkaitan antar komponen, serta memiliki banyak subsistem yang merupakan fungsi dan bagian dari suatu konteks yang lebih luas. Sehingga dalam suatu ekosistem DAS terjadi berbagai proses interaksi antar berbagai komponen yakni tanah, air, vegetasi dan manusia. Dengan demikian DAS merupakan bagian dari suatu proses geohidrologi yang juga disebut Siklus Air yang berfungsi sebagai penampung air hujan, daerah penyimpanan air, penangkap hujan dan pengaliran air. Oleh karena itu, DAS sebagai satuan sumberdaya air perlu diperlakukan sebagai satuan pengembangan wilayah atau satuan pemanfaatan sumberdaya secara terpadu. Wilayah DAS meliputi bagian hulu, tengah, hilir atau pesisir, wilayah lindung dan wilayah budidaya. (Adibroto T.A, 2001).

Berdasarkan laporan UNEP (1990) dan hasil-hasil penelitian lainnya (Norrena dan Wells, 1990 ; Nam, 1987), terjadinya kerusakan ekologis di daerah hilir DAS atau kawasan pesisir dan laut sebanyak 80% disebabkan oleh akumulasi limbah yang dialirkan dari daerah hulu melalui aliran sungai pada suatu DAS. Saat ini kawasan pesisir dan laut Indonesia mengalami tekanan ekologis yang cukup parah, bahkan di beberapa daerah tingkat kerusakan tersebut telah melampaui daya dukung lingkungan dan kapasitas keberlanjutannya (Dahuri, 1996 dan *Ministry of Environment*, 1995). Kerusakan tersebut melibatkan faktor eksternalitas karena lokasi kawasan pesisir dan laut yang umumnya lebih rendah daripada daratan di hulunya, sehingga menjadi tempat akumulasi limbah kegiatan daerah hulu melalui DAS. Hal tersebut berarti DAS merupakan salah satu sarana utama yang mempercepat proses kerusakan kawasan pesisir (Titus, 2000). Selain itu yang tidak kalah penting, di kawasan hulu DAS telah terjadi pengurangan areal hutan yang berfungsi sebagai tempat resapan air dalam rangka keberlanjutan suplai air, semakin intensifnya pemanfaatan lahan serta meningkatnya luas lahan kritis mengakibatkan meningkatnya pencemaran di

sepanjang badan sungai yang dapat menyebabkan penurunan kualitas dan kuantitas air sungai maupun peningkatan erosi dan sedimentasi yang dapat menyebabkan banjir dan kekeringan.

Oleh karena itu, pengelolaan DAS sejak kawasan hulu sampai kawasan hilir / pesisir perlu dilakukan dengan pendekatan keterpaduan baik secara sektoral pembangunan maupun dari aspek kewilayahan karena suatu DAS biasanya melalui beberapa wilayah administratif secara nasional maupun internasional.

2. PENGARUH KEGIATAN MANUSIA TERHADAP SUATU DAS

Berbagai kegiatan manusia yang tinggal di sepanjang suatu DAS secara langsung maupun tidak langsung mempengaruhi kualitas suatu DAS baik berupa pencemaran maupun erosi dan sedimentasi.

a. *Pencemaran sungai*

Kualitas air sungai merupakan indikator kondisi sungai apakah masih dalam keadaan baik atau tercemar. Pencemaran sungai didefinisikan sebagai perubahan kualitas suatu perairan akibat kegiatan manusia, yang pada gilirannya akan mengganggu kehidupan manusia itu sendiri ataupun makhluk hidup lainnya (Kupchella dan Hyland, 1993 dalam Adibroto T.A, 2001). Perubahan kualitas tersebut dapat disebabkan oleh zat pencemar sungai atau senyawa yang masuk ke aliran sungai yang bergerak ke hilir bersama aliran air atau tersimpan di dasar, berakumulasi (khususnya pada endapan) dan suatu saat dapat juga terjadi pencucian atau pengenceran. Senyawa tersebut, terutama yang beracun, berakumulasi dan menjadi suatu konsentrasi tertentu yang berbahaya bagi mata rantai kehidupan. Menurut Haslam (1992) dan Hayward (1992), zat pencemar sungai dapat dibagi menjadi :

1. Organisme patogen (bakteri, virus dan protozoa)
2. Zat hara tanaman (garam-garam nitrat dan fosfat yang larut dalam air), yang berasal dari penguraian limbah organik jika berlebihan dapat mengakibatkan eutrofikasi.
3. Limbah organik *biodegradable* (limbah cair domestik, limbah pertanian, limbah peternakan, limbah rumah potong hewan, limbah industri) yang dalam proses dekomposisi oleh mikroorganisme (biasanya bakteri dan jamur untuk

kemudian menjadi zat-zat inorganik) memerlukan oksigen hingga nilai BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dari suatu badan air tinggi.

4. Bahan inorganik yang larut dalam air (asam, garam, logam berat dan senyawa-senyawanya, anion seperti sulfida, sulfit dan sianida).
5. Bahan-bahan kimia yang larut dan tidak larut (minyak, plastik, pestisida, pelarut, PCB, fenol, formaldehida dan lain-lain). Zat-zat tersebut merupakan penyebab yang sangat beracun bahkan pada konsentrasi yang rendah (< 1 ppm).
6. Zat-zat / bahan-bahan radioaktif
7. Pencemaran termal ; biasanya dalam bentuk limbah air panas yang berasal dari kegiatan suatu pembangkit tenaga. Pencemaran ini dapat mengakibatkan naiknya temperatur air, meningkatkan rasio dekomposisi dari limbah organik yang *biodegradable* dan mengurangi kapasitas air untuk menahan oksigen.
8. Sedimen (*suspended solid*); merupakan partikel yang tidak larut atau terlalu besar untuk dapat segera larut. Kecenderungan sedimen untuk tinggal di dasar air tergantung pada ukurannya, rasio aliran (*flow rate*) dan besarnya turbulensi yang ada pada suatu badan air. Partikel diantara 1 μm dan 1 ηm tetap dapat 'melayang' dalam air, yang disebut *colloidal solid* dan air yang banyak mengandung *colloidal solid* terlihat seperti air susu. Jumlah sedimen mempengaruhi turbiditas air, dan kualitasnya mempengaruhi warna.

Akan tetapi, komposisi dan konsentrasi senyawa kimia pada suatu efluen dapat berubah kondisinya saat dimasukkan ke badan air akibat proses alamiah, dikenal dengan **kemampuan pulih lingkungan** atau *assimilative capacity* (Kupchella dan Hyland, 1993) yang dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu :

1. Pengenceran ; tergantung pada banyaknya volume dan rasio aliran suatu badan air. Untuk suatu badan air yang cukup lebar dan mengalir dengan cepat, maka pengenceran akan terjadi lebih cepat sehingga biasanya tidak akan terjadi masalah pencemaran. Sedangkan untuk badan air yang kecil dan jumlah zat pencemar cukup banyak atau beberapa zat pencemar bersifat toksik (walaupun pada konsentrasi rendah), maka keadaannya akan sangat berbeda. Di dalam sungai itu sendiri sudah terdapat bahan-bahan kimia dan biologi (mikroba) yang dapat

mengencerkan pencemaran (bioremediasi), tetapi beberapa senyawa lainnya tidak dapat diproses atau diencerkan walaupun pada tingkat konsentrasi yang rendah. Sedangkan senyawa lainnya dapat didekomposisi secara perlahan, sehingga jika konsentrasinya tinggi maka kegiatan pemurnian tidak efektif.

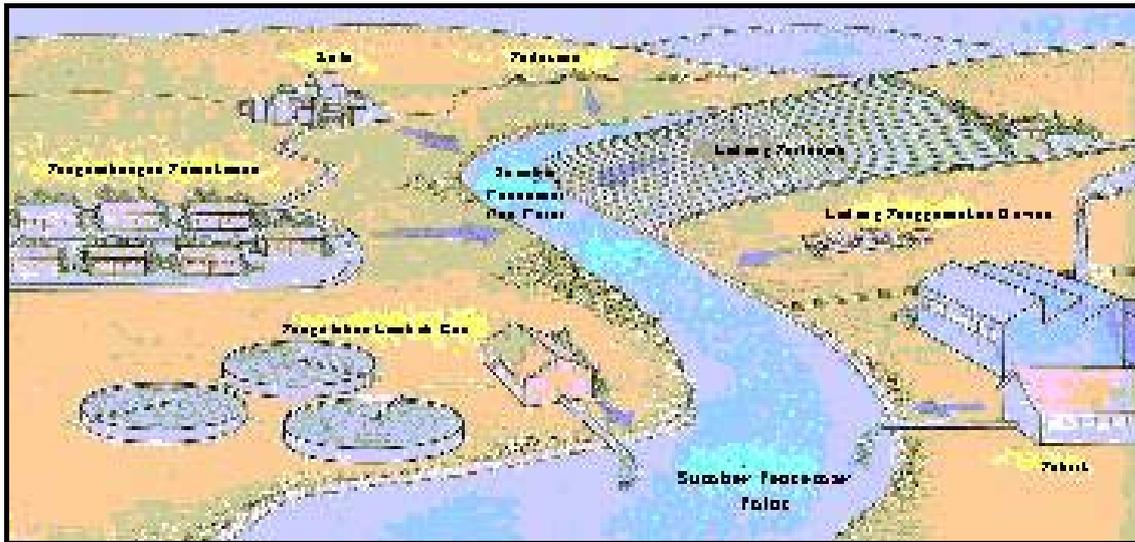
2. Sedimentasi; sedimen yang cukup banyak akan menghalangi terjadinya fotosintesis karena cahaya matahari tidak dapat masuk ke dalam badan air
3. Transformasi kimia; terjadi dalam tubuh suatu organisme. Untuk memprediksi dampak ekologis suatu pembuangan zat pencemar, diperlukan pengetahuan dan pemahaman tentang perubahan tersebut. Kegiatan ini terjadi jika terdapat interaksi antar zat-zat kimia pada efluen saling berinteraksi dan mengubah sifat efluen menjadi sangat berbeda dengan waktu sebelum dibuang yang berpotensi merusak kehidupan perairan.
4. Biodegradasi ; mikroba akan menggunakan bahan organik *biodegradable*, karbohidrat dan protein sebagai makanan. Biodegradasi ini dapat menyebabkan problem yang serius, meskipun dapat menghilangkan zat pencemar dari badan air.

Berdasarkan sumbernya, terdapat dua bentuk sumber pencemar, yaitu (Miller, 1991):

- a. *Point Sources*; merupakan sumber pencemar yang membuang efluen (limbah cair) melalui pipa, selokan atau saluran air kotor ke dalam badan air pada lokasi tertentu. Misalnya pabrik, tempat-tempat pengolahan limbah cair (yang telah menghilangkan sebagian tapi tidak seluruh zat pencemar), tempat-tempat penambangan yang aktif dan lain-lain. Karena lokasinya yang spesifik, sumber-sumber ini relatif lebih mudah diidentifikasi, dimonitor dan dikenakan peraturan-peraturan.
- b. *Non-point sources*; terdiri dari banyak sumber yang tersebar dalam membuang efluen, baik ke badan air maupun air tanah pada suatu daerah yang luas. Contohnya limpasan air dari ladang-ladang pertanian, peternakan, lokasi pembangunan, tempat parkir dan jalan raya. Pengendalian sumber pencemar ini cukup sulit dan membutuhkan biaya yang tinggi untuk mengidentifikasi dan mengendalikan sumber-sumber pencemar yang tersebar tersebut. Oleh karena itu dibutuhkan suatu pendekatan terpadu dengan penekanan pada

pencegahan pencemaran. Pencegahan tersebut dapat dilakukan salah satunya

melalui penataan ruang yang baik (Miller, 1991: 249 ; Wang, 2001).



Sumber : Miller, 1991

Gambar II. Sumber-Sumber Pencemar *Point* dan *Non-Point*

Uraian tersebut diatas dapat mengisyaratkan bahwa penurunan kualitas sungai yang mencapai kondisi tercemar banyak diakibatkan oleh ulah manusia. Secara alamiah memang terjadi juga penurunan kualitas sungai, akan tetapi biasanya masih berada pada batas kemampuan pulih atau dikenal dengan daya dukung lingkungan. Sedangkan yang diakibatkan oleh ulah manusia dapat melampaui batas daya dukung lingkungan sehingga perlu upaya agar hal tersebut tidak terjadi.

b. Erosi dan Sedimentasi

Erosi tanah merupakan peristiwa hilangnya atau terkikisnya tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat yang terangkut oleh angin atau air ke tempat lain (Arsyad, 1989). Tanah yang tererosi tersebut dibawa oleh air atau angin dan diendapkan di dalam sungai, waduk, danau, saluran irigasi di atas tanah pertanian. Dampak negatif erosi tanah ini sangat merugikan dan mengancam kesejahteraan hidup manusia, menurunkan fungsi hidrologis dan nilai ekonomi tanah.

Pola pemanfaatan lahan yang berbeda, diusahakan secara terencana dengan baik atau tidak, akan menimbulkan dampak yang berbeda pula. Adanya perubahan seperti perubahan pola penggunaan lahan dari pertanian ke non-pertanian, berkurangnya areal hutan dan kawasan resapan air, semakin intensifnya

pemanfaatan lahan dan meningkatnya luas lahan kritis serta kurangnya usaha konservasi tanah dan air telah membawa dampak pada meningkatnya aliran permukaan dan erosi. Tidak adanya perencanaan pengelolaan DAS dan tata ruang yang baik telah menyebabkan terjadinya ketidakseimbangan lingkungan. Misalnya bencana banjir disebabkan oleh tidak seimbangnya aliran air permukaan dari curah hujan yang menjadi limpasan yang dapat mencapai 70 – 75 % dan sisanya menjadi aliran mantap mengisi air tanah, waduk dan daerah konservasi lainnya. Hal tersebut dapat mengakibatkan pada musim penghujan terjadi banjir dan sebaliknya musim kemarau sangat rentan terhadap kekeringan (Nugroho, 2001).

Proses sedimentasi, yang merupakan kelanjutan proses erosi, menyebabkan dampak negatif seperti pendangkalan pada sungai, saluran, waduk dan pinggiran laut. Hal tersebut merupakan ciri dari tidak berfungsinya DAS dengan baik selain akibat pencemaran. Dengan demikian – sama halnya dengan pencemaran – dapat dikatakan bahwa erosi dan sedimentasi dapat terjadi secara alamiah tapi juga akibat kegiatan manusia. Erosi dan sedimentasi secara alamiah tersebut diperburuk oleh ulah manusia sebagai akibat dari pola pemanfaatan lahan yang tidak dalam batas-batas daya dukung lingkungan. Dampak negatif tersebut akan berpengaruh buruk pada keberlanjutan kegiatan-kegiatan pembangunan.

Seperti diketahui, di masa-masa lalu pendekatan pembangunan dilakukan dengan penekanan pada pertumbuhan ekonomi tanpa memperhatikan kemampuan ekosistem untuk mendukung kegiatan-kegiatan yang berlangsung di atasnya, yang berakibat terjadinya kerusakan lingkungan di berbagai tempat di dunia. Menyadari hal tersebut, diterbitkan suatu dokumen "Our Common Future" pada tahun 1987 oleh suatu komisi pembangunan dunia diketuai oleh Gro Harlem Brundtland. Sehingga maka terjadi perubahan paradigma pembangunan yang selain menekankan pada pertumbuhan ekonomi (*economic growth*) juga mempertimbangkan dan mengintegrasikan kemampuan aspek lingkungan (*environmental protection*) serta pemberdayaan masyarakat (*social equity*) yang dikenal dengan pendekatan Pembangunan Berkelanjutan. Hal tersebut berarti pembangunan berkelanjutan memiliki dua tujuan utama yaitu penurunan tingkat kemiskinan dan biaya pemeliharaan kegiatan ekonomi yang dikaitkan dengan ukuran optimal secara ekologis (Ekins et al., 1992). Seperti diketahui dampak negatif pembangunan dengan paradigma lama adalah kemiskinan yang menghancurkan motivasi dan potensi serta memicu kemarahan dan keterasingan yang menjadikan kontraproduktif terhadap pembangunan itu sendiri.

Walaupun disatu pihak disadari bahwa interaksi antara proses-proses produksi berbasis daratan (yang dilakukan di darat), pengembangan perkotaan, sistem cuaca, rantai makanan serta ekosistem pesisir merupakan suatu hal yang sangat kompleks, akan tetapi dengan berpegang pada pendekatan pembangunan berkelanjutan dengan tujuan utama seperti telah disebutkan sebelumnya, diharapkan secara bertahap dapat diperoleh strategi yang tepat dalam rangka melindungi lingkungan sejak hulu sungai sampai hilir dan lautan sekaligus meningkatkan kegiatan perekonomian yang manfaatnya dapat dirasakan oleh seluruh lapisan masyarakat.

Mengacu pada permasalahan utama DAS yaitu kecenderungan penurunan fungsi dan kemampuan DAS sebagai akibat pertambahan lahan kritis, erosi tanah dan pencemaran serta menerapkan pendekatan pembangunan berkelanjutan, maka dalam rangka pengembangan DAS perlu diupayakan pengendalian dan penanggulangan lahan kritis, bahaya erosi dan pencemaran yang berdampak terhadap kehidupan masyarakat di sekitarnya. Oleh karena itu, menurut Sunaryo (2000) penerapan konsep "One

River, One Plan, One Integrated Management" yang meliputi kegiatan-kegiatan Pengelolaan DAS, Pengelolaan Kuantitas dan Kualitas Air, Pengendalian Banjir, Pengelolaan Lingkungan DAS dan Pengelolaan Infrastruktur sumberdaya air sudah saatnya dilakukan. Kegiatan pengelolaan ini lebih dikenal sebagai pengelolaan sumberdaya air melalui pendekatan terpadu multisektor, komprehensif (hulu-hilir sebagai suatu kesatuan ekosistem), berkelanjutan (antar generasi) dan berwawasan lingkungan (konservasi). Suatu DAS harus dilihat sebagai satu unit hidrologi yang dipertimbangkan sebagai satu unit pengelolaan. Hal tersebut sesuai dengan pendekatan penataan ruang wilayah ekologis suatu DAS yang dielaborasi dalam penelitian ini.

3. TEKNOLOGI PENGELOLAAN LINGKUNGAN YANG PERLU DIKEMBANGKAN DALAM RANGKA PENGELOLAAN DAS TERPADU

Dalam pengelolaan DAS Terpadu, salah satu aspek yang penting yang perlu dikembangkan adalah pengembangan teknologi pengelolaan lingkungan sebagai salah satu solusi pemecahan permasalahan lingkungan yang sudah terjadi maupun sebagai langkah pencegahan kerusakan pada suatu DAS. Beberapa kelompok teknologi pengelolaan lingkungan dalam rangka pengelolaan DAS meliputi :

1. Pengelolaan Berkelanjutan Air Permukaan

Berkaitan dengan permasalahan kualitas air yang dapat menyebabkan berkurangnya ketersediaan air untuk kepentingan domestik, industri maupun pertanian. Permasalahan tersebut disebabkan sebagian besar oleh penyalahgunaan pemanfaatan air, sehingga pengadaan teknologi serta kebijakan yang tepat dapat mencegah kerusakan sumberdaya air serta memulihkan kualitas air itu sendiri. Yang perlu dikembangkan yaitu :

- a. Pengembangan teknologi dan mekanisme dalam rangka mengendalikan sumber polusi *point* akibat kegiatan industri dan domestik
- b. Pengembangan Praktek Pengelolaan Terbaik (*Best Management Practices*) yang melengkapi pengembangan teknologi bagi sumber polusi *non-point*

- seperti panduan, prosedur evaluasi mengatasi sumber polusi *non-point* yang berasal dari kegiatan-kegiatan pertanian akibat penambahan pupuk dan bahan-bahan kimia lainnya
- c. Pengembangan Metoda Sederhana untuk pengolahan limbah cair berasal dari pertanian maupun domestik.
 - d. Pengembangan teknologi dalam rangka mengendalikan beban erosi dan sedimentasi dari kawasan hulu termasuk penghutanan kembali dan pengembangan terasering
 - e. Teknologi Pemantauan Kualitas Air, termasuk pengembangan metoda pengurangan biaya untuk pengkajian dan standar beban-beban kimia, fisik dan biologi.

2. Pengelolaan Berkelanjutan Aspek Tanah dan Akuifer

Berkaitan dengan pengembangan suatu analisis dinamik dari kuantitas dan kualitas air tanah. Melalui kegiatan ini diharapkan diperoleh pengetahuan tentang mekanisme fisik, kimia dan biologi tentang tanah dan akuifer. Pada perkembangannya yang terakhir, masalah utamanya terletak pada kurangnya representasi konseptual dari hal-hal yang faktual tentang tanah dan akuifer dengan fenomena yang terjadi. Beberapa pengembangan pengetahuan dan teknologi yang dibutuhkan meliputi :

- a. Perencanaan Terpadu Sumberdaya Air
- b. Pengelolaan Kualitas Air
- c. Preservasi dan Rehabilitasi Kualitas Air Tanah
- d. Perencanaan dan Pengelolaan Sistem Sumberdaya Air
- e. Optimalisasi Pengelolaan Akuifer
- f. *Renewable Ground Water Resources* – evaluasi dan kalibrasi pengisian kembali air tanah

3. Pengelolaan Berkelanjutan Kawasan Pesisir

Berkaitan dengan sumber permasalahan yang berdampak pada kawasan pesisir (termasuk estuari) yang dapat dikategorikan dalam beberapa hal sebagai berikut (Ferreira et al., 1999):

- a. Perkembangan perkotaan di kawasan pesisir
- b. Diakibatkan oleh urbanisasi yang tidak terkendali, meningkatnya kegiatan-kegiatan industri di kawasan pesisir, serta kegiatan pariwisata bahari

sehingga perlu diperoleh teknologi yang tepat dalam rangka mencegah pencemaran perairan

- c. Pencemaran Estuari dan Perairan Pesisir
- d. Meliputi masukan substansi toksik dan minyak, eutrofikasi serta kontaminasi bakteri yang sebagian besar terjadi pada sistem estuari
- e. Bencana alam di pesisir
- f. Diakibatkan oleh banjir dan erosi serta adanya kemungkinan kenaikan muka air laut (*sea level rise*) dan intrusi air laut ke darat (*salt water intrusion*)

4. STATUS LINGKUNGAN DAN INDIKATOR PENGAMBILAN KEPUTUSAN

Dikuasainya kedua hal tersebut serta teknologi pengelolaan lingkungan yang tepat diharapkan dapat berkontribusi terhadap pengambilan keputusan yang tepat yang menguntungkan semua pihak dengan tetap terjaganya kualitas lingkungan.

5. TEKNOLOGI PENGELOLAAN LINGKUNGAN YANG TELAH DIKEMBANGKAN OLEH P3TL – BPPT

Sejak berdirinya Direktorat Teknologi Permukiman dan Lingkungan Hidup tahun 1983 dan dilanjutkan dengan Direktorat Teknologi Lingkungan (1998) serta Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan (2001), dan disesuaikan dengan kompetensi yang diembannya beberapa hasil kajian teknologi lingkungan yang telah dikembangkan maupun yang sedang dan akan dikembangkan serta dapat diterapkan dalam kaitannya dengan pengelolaan DAS Terpadu meliputi :

1. Penerapan Teknologi Pengolahan Limbah Sederhana

- Teknologi pengolahan sampah yang diterapkan untuk skala kawasan dengan memberdayakan masyarakat setempat, dalam rangka mencegah pembuangan sampah ke sungai (*landbased pollution*) dan mengolah sampah organik menjadi kompos yang selanjutnya dapat dimanfaatkan untuk penghijauan kawasan.
- Pemanfaatan sampah non organik seperti kertas, daur ulang sampah plastik.
- Penerapan teknologi pengolahan sampingan industri perikanan dalam

- rangka memproduksi chitin (bahan baku industri kosmetik dan lain-lain).
2. **Penerapan Teknologi IPAL**
 - Teknologi Pengolahan Limbah Aplikasi Biofilter untuk Industri Tekstil rancang bangun dan pilot plan alat pengolah limbah dengan proses biofilter kapasitas $20\text{m}^3/\text{hari}$.
 - Penerapan Teknologi Produksi Bersih pada Rumah Potong Hewan.
 3. **Penerapan Teknologi Konservasi Lahan dan Pemulihan Kualitas Lingkungan**

Diterapkan dalam rangka pemulihan kualitas perairan sungai dan pesisir pada lokasi-lokasi yang memungkinkan, misalnya pada lokasi-lokasi dengan bantaran sungai yang lebar (50-100 meter)

 - Pengembangan teknologi peman-faan sumberdaya hayati tumbuhan untuk pencemaran logam berat.
 - Pengembangan teknologi pengendalian senyawa toksik perairan tambak udang.
 - Pengembangan teknologi Pemulihan Kerusakan Lahan bagi lahan marjinal berpasir melalui sistem irigasi *sub-surface*.
 4. **Penerapan Teknologi Pengolahan Air Bersih**

Teknologi yang diterapkan untuk penyediaan air bersih pada lokasi-lokasi tertentu yang mudah dioperasikan dan dipindah-pindahkan sehingga tidak memompa air tanah, meliputi 3 (tiga) alternatif teknologi :

 - Teknologi *Mobile R.O*, yaitu pengolahan air siap minum menggunakan mobil, dengan kapasitas sampai dengan $20\text{m}^3/\text{hari}$.
 - Teknologi TP2AS, yaitu pengolahan air khususnya air gambut dan air payau menggunakan tong, pompa, pengaduk, aerator dan saringan dengan kapasitas sampai dengan 200 liter/jam.
 - ARSINUM, yaitu pengolahan air siap minum dengan teknologi filter, dengan kapasitas sampai dengan $20\text{m}^3/\text{hari}$.
 5. **Penerapan Konsep Penataan Ruang Habitat Buatan dan Sistem Evaluasi Habitat**

Merupakan konsep penataan ruang yang memasukkan pertimbangan faktor-faktor yang berkaitan dengan keberlanjutan fungsi ekologis seperti kebutuhan ruang pengelolaan lingkungan (TPA sampah, drainase), kebutuhan ruang resapan dan 'parkir' air untuk antisipasi banjir, kebutuhan daya dukung sumberdaya air, serta kebutuhan daya dukung lahan pertanian untuk ketahanan pangan dan konservasi lahan.

 - Pengembangan habitat buatan yang berkelanjutan melalui pengembangan disain dan penataan lingkungan.
 6. **Penerapan Teknologi Sistem Informasi Lingkungan**

Dikaitkan dengan teknologi yang diterapkan untuk tata ruang daerah resapan air dan digunakan sebagai pendukung dalam proses pengambilan keputusan yang berkaitan dengan upaya optimalisasi fungsi daerah resapan dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) dan model dinamis.

 - Pengembangan Sistem Informasi Lingkungan untuk Menunjang Pengambilan Keputusan.
 - Model Pengelolaan Lingkungan Pantai dengan Teknologi SIG dan Sistem Dinamis.
 - Pengembangan Teknologi Pemantauan dan Pemodelan Numerik Dinamik Perairan Laut dan Pantai.
 - Hasil Database dalam bentuk hardcopy Proses penyusunan model Oseanografi – Ekologi.
 - Pengembangan Biomonitoring Kualitas Air untuk Akuakultur.
 7. **Penerapan Teknologi Konservasi dan Rehabilitasi Tempat-tempat 'Parkir Air' (antisipasi banjir) dan Daerah Resapan**

Teknologi yang diterapkan di hulu maupun di hilir (hutan *mangrove*, *wetlands*) untuk meningkatkan kemampuan menampung dan meresapkan air agar dapat mengkompensasi fungsi-fungsi yang telah hilang atau dikonversi menjadi fungsi lain. Konservasi hutan di hulu selain untuk konservasi air dan meminimumkan *run-off* juga dapat mengurangi tingkat pencemaran sungai.
 8. **Penerapan Teknologi Disain Lingkungan Kawasan Permukiman Kumuh**

Penerapan teknologi melalui pengembangan disain rumah sehat khas bantaran sungai / pesisir, penataan sistem drainase, ruang terbuka hijau dan sebagainya yang mengikutsertakan masyarakat setempat secara aktif mulai dari perencanaan, pelaksanaan hingga monitoring.
 9. **Penerapan Teknologi Disain Penataan Ruang Daerah Resapan Air**

Teknologi yang diterapkan di sekitar situ / danau dan daerah-daerah resapan air khususnya yang berada pada lokasi-lokasi yang mengalami desakan perkotaan yang cukup besar, misalnya dengan model pengembangan hutan

kota, ruang terbuka hijau (taman) dan sebagainya.

6. PENUTUP

1. Air sebagai sumberdaya alam yang vital mempunyai kemampuan yang terbatas dalam memenuhi kehidupan manusia. Ketersediaannya diperhitungkan melalui suatu proses geohidrologi yang dikenal sebagai siklus air. DAS merupakan bagian dari proses geohidrologi. Dalam rangka mengamankan sumberdaya air agar dapat digunakan secara optimal, efisien dan bertanggung jawab, maka dirasakan perlu untuk melakukannya melalui suatu pendekatan Pengelolaan DAS yang Berkelanjutan. Hal tersebut meliputi upaya-upaya inventarisasi sumberdaya air, konservasi sumberdaya air, mempertahankan kualitas air, daur ulang air limbah dan memanfaatkan air untuk keperluan yang bermanfaat. Usaha tersebut akan menempatkan kembali sumberdaya air sebagai sumberdaya yang dapat diperbaharui (*replenishable*), karena pemanfaatannya telah disesuaikan dengan daya dukung, terencana, rasional, optimal dan bertanggung jawab dengan memperhatikan kelestarian fungsi dan keseimbangan lingkungan.
2. Berbagai kegiatan manusiayang tinggal di sepanjang suatu DAS secara langsung maupun tidak langsung akan mempengaruhi kualitas suatu DAS baik berupa pencemaran yang dapat menyebabkan penurunan kualitas dan kuantitas air sungai maupun peningkatan erosi dan sedimentasi yang dapat menyebabkan banjir dan kekeringan.
3. Teknologi Pengelolaan Lingkungan yang perlu dikembangkan sebagai salah satu solusi pemecahan permasalahan yang ada pada DAS, termasuk DAS Citarum sejak kawasan hulu sampai hilir meliputi aspek-aspek :
 - a. Pengelolaan Berkelanjutan Air Permukaan
 - b. Pengelolaan Berkelanjutan Aspek Tanah dan Akuifer
 - c. Pengelolaan Berkelanjutan Kawasan Pesisir
 - d. Status Lingkungan dan Indikator Pengambilan Keputusan
4. P3TL telah mempunyai beberapa teknologi yang dapat diterapkan dalam rangka mendukung pengelolaan DAS

DAFTAR PUSTAKA

1. Adibroto T.A, 2001 : *Pendekatan Keterkaitan Ekologis Hulu-Hilir dalam Penataan Ruang Berkawasan Pesisir Secara Berkelanjutan* ; disertasi S3 di Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota, ITB.
2. Clark J.R, 1996 : *Coastal Zone Management Handbook*, Lewis Publisher, New York, USA.
3. Dahuri R, et al., 1996 : *Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu* ; PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
4. Ferreira J.P.L, 2002 : *The Water Cycle Dimension for Coastal Water Management*, makalah pada 1st ASEM Workshop on Water Management, Changsha, 10-13 Juni 2002, China.
5. Miller G.T, 1991 : *Environmental Science : Sustaining the Earth*, Wadsworth Publishing Co, California, USA.
6. Ministry of Environment, 1995 : ADB Report : *Coastal Environmental Management Planning*, Vol. 1, Indonesia.
7. Nam M.Q, 1987 : *Land Based Marine Pollution: International Law Development*, Graham and Trotman Ltd., London, UK. 254 p.
8. Syarief R, 1997 : *Kawasan Pedesaan Ditinjau dari Sistem Tata Air DAS*, Journal PWK **8** (1) tahun 1997 : 42-48, P3WK – ITB.
9. Titus M.J, 2000 : *Towards a Model for Assessing Potentials of Sustainable Resources Management in Coastal Water Zone and River Basin Areas*, makalah pada Linggarjati Environmental Meeting, 9-13 November 2000.
10. Tomascik, 1997 : *The Ecology of the Indonesia Seas Part*, The Ecology of Indonesia Series, Vol. VIII part 2, Oxford University Press, Singapore.

RIWAYAT PENULIS

Tusy A. Adibroto, lahir di Cirebon, tanggal 31 Agustus 1954. Menamatkan S-1 Jurusan Arsitektur, di ITB, S-2 Program Studi Ilmu Lingkungan-Ekologi Manusia di UI, dan S-3 di Program Studi Perencanaan Wilayah & Kota, di ITB. Bekerja di BPPT sejak tahun 1979. Saat ini sebagai Direktur Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan, BPPT



Pengembangan teknologi pemanfaatan sumberdaya hayati tumbuhan untuk pencemaran logam berat



Pengembangan teknologi pengendalian senyawa toksik perairan tambak udang

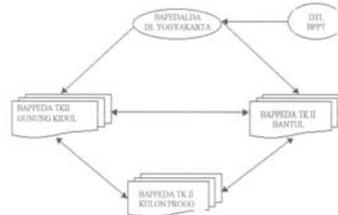
Penerapan Teknologi Produksi Bersih pada Rumah Potong Hewan



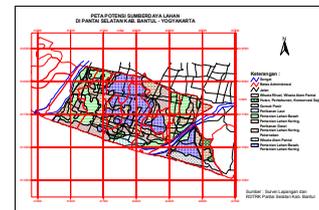
Pengembangan teknologi Pemulihan Kerusakan Lahan bagi lahan marjinal berpasir melalui sistem irigasi *sub-surface*



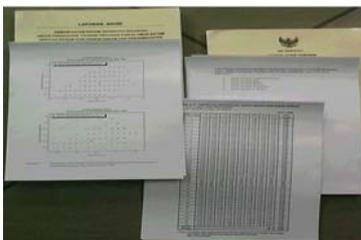
Kegiatan Penyusunan Sistem Informasi Zona Pantai



Jaringan Informasi Kelembagaan



Peta Lokasi Sumberdaya Lahan di Pantai Selatan Kab. Bantul



Fotosistem Penurunan Cd di dalam air mengalir dengan menggunakan ikan sapu-sapu dan tanaman