



OPTIMALISASI PENGELOLAAN DAERAH ALIRAN SUNGAI TERPADU BERBASIS MIKRO DI KABUPATEN BANDUNG

OPTIMIZATION OF MICRO-BASED INTEGRATED WATERSHED MANAGEMENT IN BANDUNG REGENCY

Bappeda Kabupaten Bandung
bappeda@bandungkab.go.id

Abstrak

Kondisi eksisting Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum hulu sangat mengkhawatirkan. luasnya lahan kritis, longsor, banjir, kekeringan, limbah dan sampah. penyelamatan ekosistem mikro DAS secara terencana, terencana, terukur dan nyata di lapangan. Artikel ini memunculkan argumentasi tentang perlu adanya optimalisasi pengelolaan daerah aliran sungai terpadu berbasis mikro dengan melakukan upaya ekstra konsistensi regulasi, kepastian hukum, skenario pembangunan ramah lingkungan, ekoliterasi, pengurangan resiko bencana dan pemanfaatan teknologi. Mengacu pada pendekatan kualitatif dengan berbagai macam metode pengambilan data. Hasilnya kestabilan Mikro DAS juga harus menjamin ketersediaan air yang berkelanjutan untuk penggunaan air untuk rumah tangga, perkotaan dan industri (RKI) di wilayah sungai Citarum. Membuat pemodelan pelestarian mikro DAS dengan melakukan Analisa *upland zone* dan *riparian zone*. Sementara kemitraan dalam pengelolaan sumber daya air masih kurang kerjasama, sehingga masih tampak ego sektoral.

Kata kunci: Daerah Aliran Sungai, ekosistem mikro DAS

Abstract

The existing condition of the upstream Citarum Watershed (DAS) is very worrying. the extent of critical land, landslides, floods, droughts, sewage and garbage. rescue of watershed microecosystems in a planned, planned, measurable and real manner on the ground. This article raises arguments about the need to optimize micro-based integrated watershed management by making extra efforts to consistency regulations, legal certainty, environmentally friendly development scenarios, ecoliteration, disaster risk reduction and technology utilization. Refers to a qualitative approach with a variety of data retrieval methods. As a result, micro-watershed stability must also ensure sustainable water availability for water use for household, urban and industrial (RKI) in river basins Citarum. Modeling the micro-preservation of watersheds by conducting upland zone and riparian zone analysis. Meanwhile, partnerships in water resource management still lack cooperation, so sectoral egos still appear

Keywords: Watersheds, watershed microecosystems

A. PENDAHULUAN

Air adalah salah satu sumber alam paling penting bagi makhluk hidup namun sering menjadi permasalahan dalam keberadaannya (occurance), peredaran/sirkulasinya (circulation) dan penyebarannya (distribution). Selain itu karena sifat-sifatnya, air sangat mudah terkontaminasi dengan zat-zat kimia lainnya melalui pencemaran lingkungan. Oleh karena itu diperlukan upaya konservasi melalui sistem pengelolaan yang efektif dan efisien sehingga terjadi kemanfaatannya secara berkelanjutan sampai ke generasi mendatang. Sumber daya air adalah sumber daya berupa air yang berguna atau potensial bagi manusia. Kegunaan air meliputi penggunaan di bidang pertanian, industri, rumah tangga, rekreasi, dan aktivitas lingkungan. Sangat jelas terlihat bahwa seluruh manusia membutuhkan air tawar. 97% air di bumi adalah air asin, dan hanya 3% berupa air tawar yang lebih dari 2 per tiga



bagiannya berada dalam bentuk es di glasier dan es kutub. Air tawar yang tidak membeku dapat ditemukan terutama di dalam tanah berupa air tanah, dan hanya sebagian kecil berada di atas permukaan tanah dan di udara. Air tawar adalah sumber daya terbarukan, meski suplai air bersih terus berkurang. Permintaan air telah melebihi suplai di beberapa bagian di dunia dan populasi dunia terus meningkat yang mengakibatkan peningkatan permintaan terhadap air bersih. Perhatian terhadap kepentingan global dalam mempertahankan air untuk pelayanan ekosistem telah bermunculan, terutama sejak dunia telah kehilangan lebih dari setengah lahan basah bersama dengan nilai pelayanan ekosistemnya. Ekosistem air tawar yang tinggi biodiversitasnya saat ini terus berkurang lebih cepat dibandingkan dengan ekosistem laut ataupun darat.

Modal dasar pembangunan Kabupaten Bandung adalah bentang alam yang indah, tanah yang subur dan potensi air yang melimpah. Hal ini merupakan anugerah yang harus dijaga kelestariannya. Sehingga bisa bermanfaat bagi pembangunan dan kesejahteraan masyarakat secara menyeluruh. Di sisi lain, Kabupaten Bandung juga memiliki dimensi sosial yang kompeten, berkarakter serta budaya dan religi kental. Hal itu merupakan fondasi kuat bagi pembangunan yang harus dinilai dan diolah secara maksimal sehingga menghasilkan manfaat yang baik bagi masyarakat dan Negara. Sendi-sendi pembangunan berkelanjutan sangat tergantung pada sumber daya alam yang ada. Di mana alam di kelola dengan maksimal dan dijaga secara apik aspek keberlanjutannya. Perlindungan esensial ekosistem DAS merupakan hak dasar alam, yang seutuhnya harus diperhatikan manusia dan diatur oleh Negara melalui perangkat regulasi yang kuat. Mengapa demikian, karena air adalah barang yang tidak bisa digantikan oleh jenis apapun (natural capital). Kekurangan air dalam proses pembangunan adalah bencana yang susah dipulihkan. Seperti halnya, banyak kota-kota di dunia ditinggalkan penduduknya karena kekurangan air. Kondisi eksisting DAS Citarum hulu sangat mengkhawatirkan: luasnya lahan kritis, longsor, banjir, kekeringan, limbah dan sampah. Hal ini adalah produk peradaban yang kurang sehat. Kerusakan alam akibat alih fungsi lahan dan eksploitasi sumber daya alam yang berlebihan. Telah meluruhkan atau mendegradasi fungsi sungai yang berakibat fatal bagi kehidupan. Selain hancurnya kumpulan ekosistem dipermukaan bumi (biosphere), panen bencana (kekeringan, banjir, longsor dan wabah), berkurangnya cadangan pangan serta meningkatnya kerentanan sosial. Untuk itu proteksi bentang alam dan sumber daya air merupakan hal yang tidak bisa ditawar-tawar lagi. Perlu masifikasi gerakan konservasi DAS oleh semua elemen; Pemerintah, Masyarakat, Bisnis, Akademi dan Media untuk mengatasi persoalan dan tantangan yang ada. Khususnya pencagaran mata air dan penyelamatan ekosistem mikro DAS secara terencana, terukur dan nyata di lapangan. Perlu upaya ekstra: konsistensi regulasi, kepastian hukum, skenario pembangunan ramah lingkungan, ekoliterasi, pengurangan resiko bencana dan pemanfaatan teknologi.

Perlu ditetapkannya target-target pembangunan ramah lingkungan Kabupaten Bandung secara sistematis dan produktif. Karena dari 772 gunung yang dimiliki Kabupaten Bandung dan Bandung Barat, menurut para ahli 90 % terancam hancur kawasan konservasinya. Adapun tindakan-tindakan yang diperlukan antara lain; segera menetapkan Peraturan Daerah Perlindungan Kawasan Bandung Selatan, segera menetapkan Tahura Gunung Wayang dan Taman Nasional Gunung Malabar, merestorasi seluruh mikro DAS, mencagar mata air, meningkatkan volume biodiversity, mengembangkan pertanian ramah lingkungan serta menolak dengan tegas industri-industri yang menghasilkan polutan. Mikro DAS di wilayah administratif Kabupaten Bandung setelah diidentifikasi sekitar 630 buah. Adapun pekerjaan mendelinasi batas Mikro DAS ini dibuat dengan menggunakan software HEC-



HMS yang kemudian dirapihkan kembali sesuai dengan alur sungai dan bentuk terrain-nya. Modal ini juga sangat penting untuk diperhatikan dan dijaga kelestariannya. Karena Mikro DAS lah yang mensuplai air bersih dan menjadi air baku pada sungai-sungai ditahap berikutnya. Mikro DAS, Biodiversity flora dan fauna sangatlah erat kaitanya, dengan kesehatan ekosistem-eksositem baik di hulu, tengah dan hilir. Sebagai elemen penting yang sangat bermanfaat bagi kehidupan dan pembangunan.

B. METODE PENELITIAN

Kajian pengumpulan data dalam artikel ini dilaksanakan melalui beberapa hal, antara lain sebagai berikut:

1. Kajian literatur Masterplan Bebenah DAS-2022-2026 114 Studi literatur adalah serangkaian kegiatan yang berkenaan dengan metode pengumpulan data pustaka, membaca dan mencatat, serta mengelolah bahan penelitian. Menurut Danial dan Warsiah (2009:80), studi literatur adalah merupakan penelitian yang dilakukan oleh peneliti dengan mengumpulkan sejumlah buku-buku, majalah yang berkaitan dengan masalah dan tujuan penelitian. Teknik ini dilakukan dengan tujuan untuk mengungkapkan berbagai teori-teori yang relevan dengan permasalahan yang sedang dihadapi/diteliti sebagai bahan rujukan dalam pembahasan hasil penelitian. Pengertian lain tentang studi literatur adalah mencari referensi teori yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang ditemukan.
2. Internet Searching Internet Searching atau pencarian secara online adalah pencarian dengan menggunakan komputer yang dilakukan melalui internet dengan alat atau software pencarian tertentu pada server-server yang tersambung dengan internet yang tersebar di berbagai penjuru dunia. (Sarwono, 2005: 229). Penggunaan internet sebagai salah satu sumber dalam teknik pengumpulan data dikarenakan dalam internet terdapat banyak informasi yang berkaitan dengan penelitian. Beragam informasi ini tentunya sangat berguna bagi penelitian, serta dilengkapi dengan beragam literatur yang berasal dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dari berbagai belahan dunia. Aksesibilitas yang fleksibel dan aplikasi yang mudah juga menjadi point penting untuk menjadikan pencarian data dalam internet sebagai salah satu teknik pengumpulan data dalam penelitian ini. - Pengumpulan data sekunder Data sekunder merupakan berbagai informasi yang telah ada sebelumnya dan dengan sengaja dikumpulkan oleh peneliti yang digunakan untuk melengkapi kebutuhan data penelitian. Data sekunder ini biasanya bisa didapatkan melalui buku, publikasi pemerintah, catatan internal organisasi, laporan, jurnal, hingga berbagai situs yang berkaitan dengan informasi yang sedang dicari.
3. Observasi Observasi adalah teknik pengumpulan data yang dilakukan melalui sesuatu pengamatan, dengan disertai pencatatan-pencatatan terhadap keadaan atau perilaku obyek sasaran. Menurut Nana Sudjana observasi adalah pengamatan dan pencatatan yang sistematis terhadap gejala-gejala yang diteliti. Teknik observasi adalah pengamatan dan pencatatan secara sistematis fenomenafenomena yang diselidiki. Dalam arti yang lebih luas, observasi sebenarnya tidak hanya terbatas pada pengamatan yang dilaksanakan baik secara langsung maupun tidak langsung. Masterplan Bebenah DAS-2022-2026 115.
4. Indepth Interview Wawancara mendalam yaitu tanya jawab secara terbuka dan langsung kepada responden yang menjadi sampel dalam penelitian ini. Wawancara atau interview adalah sebuah proses memperoleh keterangan untuk tujuan penelitian



dengan cara tanya jawab dengan bertatap muka antara pewawancara dengan responden atau orang yang diwawancarainya. (Nazir, 1999: 234). Sedangkan menurut Kartono menjelaskan bahwa: “Wawancara adalah suatu percakapan yang diarahkan pada suatu tertentu, ini merupakan proses tanya jawab lisan, dimana 2 orang atau lebih yang berhadapan secara fisik. Untuk mendukung kegiatan ini digunakan daftar pertanyaan (kuesioner) sebagai alat bantu”. (Kartono, 1986:171)

5. Focus Group Discussion (FGD) Focus Group Discussion (FGD) atau diskusi kelompok terfokus merupakan suatu metode pengumpulan data yang lazim digunakan pada penelitian kualitatif sosial. Metode ini mengandalkan perolehan data atau informasi dari suatu interaksi informan atau responden berdasarkan hasil diskusi dalam suatu kelompok yang berfokus untuk melakukan bahasan dalam menyelesaikan permasalahan tertentu. Data atau informasi yang diperoleh melalui teknik ini, selain merupakan informasi kelompok, juga merupakan suatu pendapat dan keputusan kelompok tersebut. Keunggulan penggunaan metode FGD adalah memberikan data yang lebih kaya dan memberikan nilai tambah pada data yang tidak diperoleh ketika menggunakan metode pengumpulan data lainnya, terutama dalam penelitian kualitatif (Lehoux, Poland, & Daudelin, 2006). FGD sebagai suatu metode pengumpulan data memiliki berbagai kelebihan/kekuatan dan keterbatasan. Saat ini FGD menjadi populer sebagai salah satu alternatif dalam mengumpulkan data kualitatif dalam berbagai penelitian secara umum.
6. Triangulasi Triangulasi adalah penyilangan data yang telah didapat dari sumbernya (check and re-check). Maka dari itu nantinya hanya informasi atau data yang valid saja yang dipakai untuk memperoleh kesimpulan atau hasil penelitian. Gagasan dari triangulasi merupakan bahwa kejadian yang sedang diteliti bisa diketahui dengan baik dengan cara pendekatan dari banyak perspektif sehingga kesahihan (valid) dan keandalan data yang didapat bisa pada level yang tinggi

C. TINJAUAN LITERATUR

DAS dapat dikatakan sehat apabila memiliki daya dukung dan daya tampung yang baik pula. Pengelolaan DAS yang tepat dilakukan sebagai upaya dalam mewujudkan DAS yang sehat dan terhindar dari kekritisian DAS. Perbandingan antara besarnya nilai kebutuhan air dan ketersediaan air di suatu wilayah disebut dengan kekritisian air. Nilai kekritisian air menyatakan persentase air pada suatu wilayah, apakah pada daerah tersebut kebutuhan airnya terpenuhi atau sebaliknya berkurang.

Wilayah sungai Citarum bagian hulu menurut Peraturan Menteri PUPR Nomor 04/PRT/M/2015 tentang Kriteria dan Penetapan Wilayah Sungai, meliputi; Kabupaten Bandung, Kabupate Sumedang, Kabupaten Bandung Barat, Kota Bandung dan Kota Cimahi. Secara geografi berada pada 1070, 22-1080-50 Bujur Timur dan 60 41'-70 19' Lintang Selatan, dengan batasan- batasan sebagai berikut;

- a. Sebelah Utara : DAS Cipunagara
- b. Sebelah Timur : WS Cimanuk Cisanggarung
- c. Sebelah selatan : Cisadea Cibareno
- d. Sebelah Barat : DAS Citarum Tengah

Secara keseluruhan menurut interpretasi peta Citra satelit dan tata guna lahan 1992-2002 menunjukkan bahwa luas DAS Citarum secara keseluruhan 704,596 ha. Sedangkan luas lahan di bagian hulu seluas 181.027 ha, terdiri dari 6 sub DAS utama, yang meliputi; Sub



DAS Cikapundung 38.708 ha, Sub DAS Cikeruh 22.481 ha, sub DAS Citarik 26.418 ha, sub DAS Cirasea 34.285 ha, sub DAS Cisangkuy 35.308 ha dan sub DAS Ciwidey 23.831 ha.

Setelah diidentifikasi dengan menggunakan software HEC-HMS Batas DAS Mikro ini yang kemudian dirapihkan kembali sesuai dengan alur sungai dan bentuk terrainnya. Kabupaten Bandung memiliki sekitar 630 Mikro DAS yang harus di perhatikan keberadaannya. Keseluruhan mikro DAS harus dilacak; titik kordinat, nama anak sungainya, luasan lahanya, prosesntase luasannya, kondisi lahan, kepemilikan dan tutupan lahan.

Prinsip-Prinsip Pelestarian mikro DAS Prinsip-prinsip dasar dalam pengelolaan Mikro DAS adalah sebagai berikut:

1. Pengelolaan Mikro DAS didasarkan atas satu kesatuan ekosistem, satu rencana dan satu sistem pengelolaan.
2. Pengelolaan Mikro DAS melibatkan para pemangku kepentingan, terkoordinasi, menyeluruh dan berkelanjutan.
3. Pengelolaan Mikro DAS bersifat adaptif terhadap perubahan kondisi yang dinamis sesuai dengan karakteristik kawasan mikro DAS.
4. Pengelolaan Mikro DAS dilaksanakan dengan pembagian tugas dan fungsi, beban biaya dan manfaat antar para pemangku kepentingan secara adil.
5. Pengelolaan Mikro DAS berlandaskan pada azas akuntabilitas.

Potensi dan Isu Strategis Pengelolaan Mikro DAS

Perlindungan dan pelestarian sumber daya air ditujukan untuk melindungi dan memperbaiki seluruh DAS dan sumber air. Melalui rehabilitasi lahan dan hutan perlindungan sumber daya air dan fungsi resapan air, pengendalian pengolahan tanah di bagian hulu agar dapat mereduksi aspek kebencanaan.

Potensi yang bisa dikembangkan antara lain sebagai berikut;

1. Melindungi daerah resapan air melalui vegetasi, sumur resapan dan biopori.
2. Konservasi; meningkatkan tutupan lahan, rehabilitasi hutan dan lahan.
3. Mengatasi masalah sedimentasi dan pengoyakan tanah yang intensif akibat massifnya tanaman hortikultura dibagian hulu.
4. Penyusun Perda tentang perlindungan kawasan Bandung selatan.
5. Meningkatkan system monitoring kualitas air secara intensif.
6. Melindungi tebing, dasar dan alur sungai dari longsoran dan pendangkalan.
7. Penanganan sampah yang di buang ke anak-anak sungai.
8. Buangan saluran air limbah dengan saluran khusus, yang tidak mencemari sumber air public. - Indeks Pengelolaan Lahan

Alih fungsi lahan, sampai tahun 2018 telah terjadi alih fungsi lahan yang sangat cepat oleh aktivitas penduduk yang memerlukan lahan untuk berbagai keperluan. Peningkatan luas juga terjadi pada jenis penggunaan lahan pertanian lahan kering dan perkebunan masing masing sebesar +13%, dan +6,4% dari kondisi pada tahun 2009. Peningkatan lahan tersebut terjadi akibat konversi lahan lain di daerah berbukit. Penurunan lahan sawah sebesar -17,4%, hutan -5,5%, dan semak/belukar - 60,8% dibandingkan dengan kondisi pada tahun 2009, yang mengindikasikan terjadi peralihan fungsi lahan yang besar secara simultan.



- Lahan kritis, sampai tahun 2020 lahan kritis di kawasan Citarum hulu ada sekitar 77.000 hektar (sumber: Dinas Kehutanan Jawa Barat, 2020)
- Pencemaran sungai, Buangan limbah rumah tangga 60%, limbah industry kimia cair 30%, dan limbah ternak dan pertanian mencapai 10%. Sedangkan sampah di Kabupaten Bandung telah mencapai 500.000 m³/tahun
- Banjir tahunan Banjir tahunan di Citarum Hulu rata-rata mencapai 750 hektar.
- Restorasi sungai, saat ini sedang gencar instansi terkait melakukan restorasi sungai dengan; memperbaiki sarana parasarana sungai, menghidupkan kembali oxbow, membangun retensi air, meningkatkan volume konservasi dan memperlebar sempadan sungai.

Model Kolaborasi kemitraan dengan para pihak

Dalam membangun sebuah tim agar tercipta lingkungan yang tepat bagi semua diperlukan interaksi dan kolaborasi. Kolaborasi adalah proses bekerja sama untuk menelurkan gagasan atau ide dan menyelesaikan masalah secara bersama-sama menuju visi bersama. Di dalam sebuah organisasi yang saling tergantung, kolaborasi menjadi kunci pemikiran kreatif. Kolaborasi itu penting untuk mencapai hasil terbaik saat menyelesaikan masalah yang rumit. Pada perkembangannya terdapat model kolaborasi dari yang sederhana terdiri dari dua pihak, kemudian berkembang menjadi tiga, empat, dan sampai lima pihak.

Kolaborasi tiga pihak atau dikenal dengan pendekatan triple-helix diperkenalkan oleh Etzkowitz dan Leydesdorff (1995). Kolaborasi ini menekankan bahwa interaksi ketiga komponen merupakan kunci utama bagi peningkatan kondisi yang kondusif bagi lahirnya inovasi, keterampilan, kreativitas, ide dalam pengembangan ekonomi kreatif. Triple-helix merupakan suatu pendekatan yang menguraikan tentang bagaimana sebuah inovasi muncul dari adanya hubungan yang seimbang, timbal balik, dan terus menerus dilakukan antar akademisi (perguruan tinggi serta lembaga penelitian dan pengembangan), pemerintah (government), dan para pelaku/sector bisnis (enterprises). Sinerginitas ketiga komponen tersebut dikenal dengan istilah ABG (Academic, Business, and Government).

Konsep quadruple-helix disarankan pertama kali oleh Carayannis & Campbell (2009) dengan menambahkan helix keempat dari model Triple-Helix yang telah ada. Helix keempat ini diidentifikasi sebagai helix yang terasosiasi dengan 'media', 'industri kreatif', 'budaya', 'nilai-nilai', 'gaya hidup', dan 'seni'. Alasan ditambahkannya helix keempat tersebut adalah karena nilai-nilai dan 5 budaya, di satu sisi, dan bagaimana realitas publik terbentuk dan dikomunikasikan oleh media, di sisi yang lain, memberikan dampak bagi sistem inovasi sebuah komunitas atau negara. Peran media sangat penting dalam membentuk atau mengarahkan inovasi apa yang menjadi prioritas dalam sebuah negara.

Adapun konsep penta-helix juga disarankan oleh Carayannis & Campbell (2010) dimana helix kelima merupakan penekanan aspek lingkungan alami (ekologi sosial) dari masyarakat dan ekonomi bagi pengetahuan produksi dan sistem inovasi. Proyek penta-helix bertujuan untuk memberdayakan otoritas lokal dan regional untuk menemukan pendekatan inovatif dan hemat biaya untuk mengembangkan, membiayai, mengimplementasikan dan meningkatkan energi berkelanjutan dan



rencana aksi. Tujuan utamanya adalah untuk mengembangkan metode berbasis penta-helix dan menggunakannya untuk melibatkan dan mendukung otoritas di berbagai tingkatan bersama dengan pemangku kepentingan utama lainnya pada berbagai sektor untuk meningkatkan pengembangan dan implementasi suatu kegiatan.

Peran dari masing-masing aktor helix meliputi hal hal berikut:

- a. Akademisi pada model penta-helix berperan sebagai conceptor. Seperti melakukan standarisasi proses bisnis serta sertifikasi produk dan keterampilan sumber daya manusia.
- b. Akademisi dalam hal ini merupakan sumber pengetahuan dengan konsep, teori-teori terbaru dan relevan
- c. Bisnis pada model penta-helix berperan sebagai enabler. Bisnis merupakan entitas yang melakukan proses bisnis dalam menciptakan nilai tambah dan mempertahankan pertumbuhan yang berkelanjutan.
- d. Komunitas pada model penta-helix berperan sebagai accelerator. Dalam hal ini komunitas merupakan orang-orang yang memiliki minat yang sama dan relevan dengan bisnis yang berkembang. Bertindak sebagai perantara atau menjadi penghubung antar pemangku kepentingan
- e. Pemerintah pada model penta-helix berperan sebagai regulator. Pemerintah berperan sebagai regulator sekaligus berperan sebagai controller yang memiliki peraturan dan tanggung jawab dalam mengembangkan bisnis
- f. Media pada model penta-helix berperan sebagai expander. Media berperan dalam mendukung publikasi dalam promosi dan membuat brand image.

Dengan pengembangan kolaborasi kemitraan pentahelik, diharapkan akan tercipta percepatan proses restorasi anak-anak sungai. Untuk itu perlu dipetakan secara rinci model kolaborasi 5 kekuatan yang ada sehingga akan jelas peran dan pengaruhnya terhadap keberadaan Mikro DAS ke depan.

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

Daerah Resapan, Tangkapan Dan Zona Pemanfaatan Air

Daerah resapan air pada dasarnya adalah sebuah daerah yang disediakan untuk masuknya air dari permukaan tanah ke dalam zona jenuh air sehingga membentuk suatu aliran air di dalam tanah. Fungsi dari daerah resapan air sendiri adalah untuk menampung debit air hujan yang turun di daerah tersebut. Secara tidak langsung daerah resapan air memegang peran penting sebagai pengendali banjir dan kekeringan di musim kemarau. Dampak yang terjadi bila alih fungsi lahan yang terjadi tak terkendali diantaranya adalah banjir. Banjir terjadi karena tidak adanya tanah yang menampung air hujan. Dampak yang lain yakni kekeringan di waktu musim kemarau. Ini terjadi karena air hujan yang turun di musim hujan tidak tertampung di dalam tanah akibatnya air tanah sedikit bahkan tak ada lag.

Daerah Tangkapan Air (DTA) adalah kawasan penadah air yaitu suatu wilayah yang dibatasi oleh titik tertinggi dari pembatas topografi berupa punggung-punggung bukit atau gunung yang menampung dan menyimpan air hujan yang jatuh di atasnya dan mengalirkannya melalui aliran permukaan, anak sungai, dan sungai ke danau dan/atau ke laut. Daerah tangkapan air juga disebut sebagai catchment area. DTA di kawasan



Citarum hulu sangatla luas meliputi; di bagian utara (gunung Burangrang, Tanguban Perahu, Bukit Tunggul, Palasari dan Mang Layang, (bagian Timur (Masigit Kareumbi, Gunung Kasur, Mandalawangi, Rakutak dan Papandayan, di bagian selatan ada gugusan gunung Malabar, Gunung Tilu, waringin dan Patuha dan bagian barat dalah gunung-gunung kecil yang tidak beraturan.

Daerah atau zona pemanfaatan sumber air adalah ruang pada sumber air yang dialokasikan dengan baik sebagai fungsi lindung maupun fungsi budidaya. Zona pemanfaatan sumber air menggunakan peta dasard dengan skala 1:25.000 atau 1:50.000. Perencanaan penetaapan daerah pemanfaatan sumber air di tingkat mikro DAS dilakukan dengan prinsip-prinsip:

- Meminimalkan dampak negative terhadap kelestarian sumber daya air.
- Meminimalkan potensi konflik kepentingan antar jenis pemanfaatan.
- Keseimbangan fungsi lindung dan budidaya.
- Memperhatikan kesesuaian pemanfaatan sumber daya air dengan fungsi kawasan.
- Memperhatikan kondisi social budaya dan hak ulayat masyaraat hukum adat yang berkaitan dengan sumber daya air.

Analisa zona pemanfaatan air di wilayah mikro DAS ditentukan oleh tinjauan terhadap;

- Inventarisasi pemanfaatan yang sudah dilakukan.
- Data parameter fidik dan morfologi sumber air, kimia dan biologi sumber air.
- Hasil analisa kelayakan lingkungan.
- Potensi konflik kepentingan antar jenis pemanfaatan yang sudah ada. Pemanfaatan sumber daya dipengaruhi oleh :
- Sektor pemanfaatan sumber air , meliputi; rumah tangga, pertanian/irigasi, industri, energy listrik, perkotaan, perkebunan, pariwisata, dll.
- Pola ruang dalam tata ruang wilayah, yang terdiri dari peruntukan ruang fungsi lindung dan fungsi budi daya.

Kawasan yang termasuk zona lindung antara lain;

- Zona yang memberikana perlindungan kawasan di bawahnya, antara lain; kawasan hutan lindung, kawasan bergambut dan kawasan resapan air.
- Kawasan perlindungan setempat, antara lain; sempadan sungai, sempadan danau dan kawasan sekitar mata air.
- Kawasan suaka alam dan cagar budaya.
- Kawasan rawan bencana alam.

Kawasan budidaya adalah kawasan yang termasuk ke dalam; kawasan hutan produksi, kawasan hutan rakyat, kawasan untuk pertanian, kawasn perikanan, pertambangan, pemukima, pariwisata, tempat ibadah, kawasan pendidikan dan kawasan pertahanan keamanan.

Tabel 1 Variabel dan kriteria penentuan pemanfaatan zona sumber daya air

No	Variabel Spasial	Kriteria Spasial
1	Penggunaan lahan yang ada	Tataguna lahan pada wilayah sungai akan menggambarkan kebutuhan air dari lahan misalnya lahan sawah akan memerlukan air yang lebih banyak dibandingkan dengan lahan pemukiman dan hutan.



2	Kesesuaian lahan dan kemampuan lahan	Menggambarkan terhadap peruntukannya atau fungsi sebagai Kawasan budidaya, meliputi hutan produksi pertanian, perikanan, pertambangan dan pemukiman
3	Daerah resapan air	Merupakan Kawasan lindung untuk air, tanah yang tidak diperuntukan untuk sumberdaya air
4	Daerah tangkapan air	Merupakan Kawasan lindung untuk air permukaan yang dapat diperuntukan bagi daerah pemanfaatan sumber daya air
5	Ketersediaan sumber daya air	Ketersediaan air permukaan dan air tanah ditunjukkan dari keberadaan sungai, tampungan air permukaan baik alam (danau, situ), maupun buatan (waduk), kolam, embung serta cekungan air tanah.

Pendayagunaan Sumber Daya Air

Penatagunaan sumber daya air adalah tanggungjawab pemerintah, dibatasan-batasan administratif perlu dilakukan untuk menertibkan layanan dan distribusi air secara adil. Zonasi itu penting untuk menghitung kapasitas layanan melalui mekanisme suplai and demand, sehingga semuanya bisa terkontrol dengan baik. Kabupaten Bandung merupakan produsen utama sumber daya air melalui hutan-hutan konservasinya, yang akan digunakan untuk cekungan Bandung. Sumber daya air itu secara langsung atau tidak langsung di hasilkan dari mikro DAS dan mata air-mata air yang ada. Penatagunaan harus dimulai dari anak-anak sungainya yang harus terkonservasi dengan baik. Dengan demikian, suplai air juga akan bisa diprediksi kebutuhan yang diperlukan sesuai kebutuhan di sektor masing-masing.

Penyediaan air untuk Bandung raya memerlukan Rencana Induk Sistem Penyediaan Air Minum (RISPAM) untuk layanan air bersih di tingkat regional. Hal ini penting untuk mendapatkan legitimasi pemerintah untuk layanan yang lebih baik. Dengan adanya RISPAM sampai tahun 2030 pemerintah memiliki panduan untuk menentukan kebutuhan air baku, kelembagaan, rencana pembiayaan, rencana jaringan pipa utama dan rencana terhadap perlindungan sumber daya air baku yang berkelanjutan. RISPAM regional metropolitan Bandung ini telah diresmikan oleh Gubernur Jawa barat, pada tahun 2019, yang akan di kelola BUMD Jawa Barat dengan operator PT Tirta Gemah Ripah. Produksinya akan di beli oleh PDAM Kota dan Kabupaten Bandung. Di kota dan kabupaten Bandung sendiri menargetkan 28.000 sambungan rumah, dengan potensi air tahap pertama 350 liter perdetik yang diambil dari sungai Cikalong, dengan total investasi 253 milyar. Hal ini perlu dilakukan terkait beberapa hal yang harus di antisipasi, antara lain sebagai berikut;

- a. cakupan pelayanan masih rendah terhadap target SDGs.
- b. fluktuasi debit air yang ekstrim.
- c. meningkatnya beban kualitas air akibat pencemaran.
- d. debit mata air cenderung menurun.

Lahan sawah di Kabupaten Bandung adalah sebagai berikut; irigasi teknis 8.730 ha, irigasi stengah 6.949 ha, irigasi sederhana 6.571 ha, tadah hujan 6.899 ha dengan total 36.212 ha atau sekitar 20, 55% dari luas wilayah Kabupaten Bandung. Hal ini memerlukan suplai air baku untuk menopang ketahanan pangan di Kabupaten Bandung. Namun kondisi irigasi tidak semua dalam keadaan kondisi yang baik, perlu banyak biaya untuk menstabilkan kondisi irigasi



sehingga semuanya bisa menjawab persoalan distribusi air untuk pertanian di Kabupaten Bandung.

Kestabilan Mikro DAS juga harus menjamin ketersediaan air yang berkelanjutan untuk penggunaan air untuk rumah tangga, perkotaan dan industri (RKI) di wilayah sungai Citarum. Banjir di cekungan Bandung terjadi karena debit air melampaui 550 m³/detik, maka apabila terjadi dipastikan akan terjadi genangan-genangan di Majalaya, Ciparay Rancaekek, Baleendah dan Dayeuh kolot. Kerugian akibat banjir akan di rasakan oleh banyak sector, antar lain; pertanian, perikanan, rumah tangga, industry. Banjir tidak sepenuhnya fenomena alam, akan tetapi akibat ulah tangan manusia yang tidak bertanggung jawab. Tekanan manusia terhadap alih fungsi lahan dari hutan lindung, ke kebutuhan pemukiman dan hortikultura mengakibatkan daerah resapan air dan daerah tangkapan air menjadi rusak. Sehingga larian air permukaan akibat hujan yang intens tidak terbendung menjadi banjir bandang yang memporak porandakan lingkungan sekitar DAS

Prototype Pelestarian Mikro DAS

Upland zone terdapat dibibagian daratan atas ini bisa berupa zona inti/kawasan cagar alam, hutan lindung atau tanah-tanah masyarakat yang memiliki keragaman hayati, khususnya tanaman hutan endemic dan kawasan agroforestry yang memiliki fungsi ekologi dan fungsi ekonomi. Tutupan vegetasi ini sesuai dengan peraturan meliputi 30% kawasan yang bisa melindungi keberadaan dan keberlanjutan mikro DAS. Tanaman di kawasan ini yang sesuai dengan tanaman Jawa Barat, antara lain sebagai berikut; Hantap, Picung, Kuray, Saninten, Pasang dan Kiara.

Sedangkan pada riparian zone kriteria pemilihan vegetasi sesuai dengan Permen PU nomor 05/PRT/M/2008 adalah sebagai berikut:

- a. Sistem pengkaran yang kuat, sehingga bisa menahan geseran tanah.
- b. Tumbuh baik pada tanah padat.
- c. Sistem perakaran masuk ke dalam tanah, dan tidak merusak konstruksi bangunan.
- d. Kecepatan tumbuh bervariasi
- e. Tahan terhadap hama dan penyakit
- f. Jarak tanam setengah rapat sampai rapat 90% dari luas area, harus dihijaukan.
- g. Tajuk cukup rindang dan kompak, tetapi tidak terlalu gelap.
- h. Berupa tanaman lokal dan tanaman budidaya
- i. Dominasi tanaman tahunan
- j. Sedapat mungkin tanaman yang dapat mengundang burung.

Adapun tanaman-tanaman *riparian zone* yang dapat di rekomendasikan antara lain; saliks, Nangka, Petai China, Jambu biji, Durian, Alpukat, Waru, Sengon, Enau, angsana, cempaka, kemiri, Loa, Kopo, Cangkring, Reungas, dll. Sedangkan tanaman penahan tebing bisa menggunakan bamboo, vetver dan karangkungan. Dengan proteksi 30% tutupan lahan, diharapkan bisa meningkatkan kesehatan siklus air. Terutama meningkatnya debit air dengan munculnya kembali populasi mata air dan normalnya debit air. Dengan tutupan lahan yang normal, juga akan



sangat berpengaruh terhadap kekokohan tebing-tebing dan badan sungai. Sehingga siklus hidrologis di permukaan tanah bisa berjalan dengan baik.

Sedangkan analisa fisik untuk di kawasan mikro DAS berfungsi untuk meningkatkan resapan air, menahan dan menampung air. Bangunan-bangunan tersebut bisa dibuat alami atau buatan, berupa; Situ, embung, kolam, irigasi, check dam, gully plug, Siphon, sumur resapan di daerah-daerah yang cukup aman, biopori, dll diupayakan lahan-lahan sepenuhnya mengikuti kontur atau topografi (ngaais pasir), dengan terasering yang baik (sengkedan/teras bangku), pematang (galeng) untuk penahan larian air (run off) dan bangunan lain yang dianggap penting untuk penahan longsor seperti bronjong.

Mikro DAS seharusnya relatif steril dari berbagai hal yang mengundang tingkat daya rusak air seperti pencemaran. Karena hal ini akan berdampak langsung pada kualitas air yang akan digunakan untuk berbagai keperluan masyarakat. Adapun cemaran yang sering terjadi diarea mikro DAS antara lain sebagai berikut; Limbah pertanian (pupuk kimia, Pestisida dan bekas limbah hasil olahan panen, limbah rumah tangga, limbah home industry) dan limbah ternak. Demikian juga saat ini, anak-anak sungai banyak yang dipenuhi oleh sampah-sampah, teruma dikawasan-kawasan wisata. Sampah yang muncul dari pemukiman harus secepatnya tanggulangi sejak dari rumah tangga. Demikian juga pemerintah, swasta dan masyarakat harus bekerjasama menyediakan sarana prasana pemilahan sampah setmpat. Sehingga sampah tidak akan jatuh ke anak-anak sungai yang perlu dijaga kelestariannya secara ketat. Dengan demikian kita harapkan kualitas air makin meningkat mutunya.

Pengoyakan tanah yang intensif untuk tanaman hortikultura atau sayuran, merupakan aktivitas yang memicu sedimentasi tinggi. Sehingga menimbulkan pendangkalan yang luar biasa di anak-anak sungai Citarum dan sungai utamanya. Menurut penelitian, sedimentasi yang jatuh ke sungai Citarum bisa mencapai 8 juta metric ton pertahun. Tentu saja hal ini menjadi problem yang sangat krusial, sehingga sungai Citarum harus terus menerus di normalisasi. Selain air sungai tidak bisa dipakai akibat terlalu kotor, juga air kotor melarungkan berbagai penyakit yang rawan memapar manusia dan khewan. Karena terlalu kotor, akhirnya air sungai Citarum hanya terbuang percuma ke laut. Padahal di musim kemarau Jawa Barat, defisit air baku sampai 9 milyar kubik, yang berdampak pada kurangnya air bersih, tanaman puso dan melambatnya proses pembangunan.

Debet air anak-anak sungai Citarum sangat tergantung pada daerah tangkapan air, resapan dan populasi mata air yang saat ini terus terdegradasi akibat alih fungsi lahan yang sangat massif. Debet air ini sangat pening dipantau secara intensif mengikat jumlah air baku sangat di butuhkan untuk berbagai keperluan pembangunan. Debet air suatu sungai dikatakan sehat apabila pluktuasi di musim kemarau dan musim penghujan relatif stabil (Q-min dan Q-maks), larian air relatif normal dan sedimentasinya kecil. Idealnya setiap mikro DAS memiliki catatan atau rekaman debit akhir tahun, sehingga neraca air ini bisa dijadikan alat pertimbangan alokasi air pada setiap saat. Dengan demikian, kebutuhan dan distribusi air akan bisa lebih terpantau dan terealisasi sesuai perencanaan.



Infra Struktur Sosial

Setiap mikro DAS di Citarum hulu sebaiknya memiliki para penggiat untuk mengontrol kestabilan konservasi di daerah tersebut. Para penggiat harus terkumpul dalam sebuah kelembagaan yang relatif paham dan produktif melakukan berbagai kegiatan yang mendukung supaya mikro DAS tetap terjaga kelestariannya. Kelembagaan, kelompok, perkumpulan, perhimpunan, paguyuban atau apapun namanya merupakan sekelompok orang yang memiliki visi dan misi menyelamat daerah aliran sungai di tingkat mikro DAS. Perkumpulan ditingkat lokal ini harus benar-benar terdidik dan terlatih mengenai tugas pokok dan fungsi serta wewenangnya.

Demikian juga dengan administrasi dan manajemen kelompoknya harus ditata dengan baik, sehingga organisasi ini bisa bekerja dengan produktif. Khususnya mengontrol tutupan lahan yang sangat sensitive terhadap produksi dan kualitas air. Kelompok-kelompok ini harus terus di buka wawasannya, dilatih keterampilannya serta di tingkatkan terus adabnya terhadap alam. Sehingga kelompok ini bisa benar benar yakin apa yang di lakukannya bermanfaat bagi masyarakat luas dan bagi kelompoknya sendiri. Demikian juga merawat alam merupakan bagian dari kegiatan amal baik yang sangat dianjurkan oleh agama manapun. Kelompok-kelompok ini harus memiliki posko atau saung kegiatan untuk berkumpul, berdiskusi dan meningkatkan life skill untuk memecahkan berbagai persoalan yang ada. Kelompok ini berkewajiban mengontrol secara intensif kondisi fisik sungai, tutupan lahan minimal 30%, mengurangi pencemaran, ekosistem aquatic nya serta memantau potensi dan indikasi kerentanan bencana yang ada disekitar. Kelompok-kelompok ini juga akan berkordinasi dengan kelompok lainnya dalam sebuah komite ditingkat Kabupaten, guna memantau progress kinerja yang telah dilakukan di masing-masing daerah.

Untuk menopang kinerja paguyuban-paguyuban atau kelompok mikro DAS ditingkat basis, perlu di support oleh berbagai pihak. Supporting ini bisa melalui skema pemerintah di berbagai level, kerjasama dengan lembaga asing ataupun lembaga lokal khususnya para pengguna air atau para pihak baik lembaga maupun perorangan yang peduli terhadap kondisi lingkungan. Salah satunya melalui mekanisme imbal jasa lingkungan, sebagai salah satu platform pembiayaan konservasi. Sederhananya, mekanisme imbal jasa lingkungan itu adalah proses pembiayaan untuk membayar jasa lingkungan atau jasa ekosistem. Jasa itu dibayar selama ekosistemnya berjalan dengan maksimal dan berkelanjutan. Hutan tidak hanya menghasilkan pohon, akan tetapi juga Untuk menopang kinerja paguyuban-paguyuban atau kelompok mikro DAS ditingkat basis, perlu di support oleh berbagai pihak.

Supporting ini bisa melalui skema pemerintah di berbagai level, kerjasama dengan lembaga asing ataupun lembaga lokal khususnya para pengguna air atau para pihak baik lembaga maupun perorangan yang peduli terhadap kondisi lingkungan. Salah satunya melalui mekanisme imbal jasa lingkungan, sebagai salah satu platform pembiayaan konservasi. Sederhananya, mekanisme imbal jasa lingkungan itu adalah proses pembiayaan untuk membayar jasa lingkungan atau jasa ekosistem.



Jasa itu dibayar selama ekosistemnya berjalan dengan maksimal dan berkelanjutan. Hutan tidak hanya menghasilkan pohon, akan tetapi juga menghasilkan jasa. Jasa lingkungan atau jasa ekosistem memiliki dimensi yang cukup luas yaitu sekitar 23 item, antara lain; air, udara, getah, bunga, buah-buahan atau pangan, bentang alam, potensi wisata. Misalkan air yang di hasilkan dari hutan sangat dibutuhkan oleh perorangan maupun perusahaan. Para pengguna air tersebut selain membayar retribusi, seharusnya memiliki kepaan terhadap keberlanjutan suplai air dengan cara mengkonservasi alam sebaik-baiknya. Karena apabila alamnya rusak, maka suplai air akan berhenti dan perusahaan mereka akan gulung tikar Untuk itu, mekanisme imbal jasa lingkungan ini sangat penting untuk dijalankan, karena hal ini juga amanat regulasi. Dukungan pemerintah terhadap jasa lingkungan adalah dengan melahirkan Perda Nomor 5 tahun 2015 tentang Jasa lingkungan ditingkat Jawa Barat. Jadi secara legal aspek agenda ini bisa dijalankan dengan payung hukum yang jelas. Jasa lingkungan untuk menopang pemulihan miko DAS.

Kemitraan dalam pengelolaan sumber daya air masih kurang padu, atau ego sektoral masih sangat terasa. Padahal sumber daya air harus dikelola secara sinergis oleh berbagai pihak yang berkepentingan. Mulai dari lembaga pengelola, pengguna dan para pihak yang tergantung baik langsung maupun tidak langsung terhadap keberadaan sumber daya air. Lembaga-lembaga yang terkait dengan pengelolaan dan pengguna air sangatlah banyak, namun kordinasinya maih sangat lemah. Sehingga progress konservasi sumber daya air masih sangat lamban.

E. PENUTUP

Keterbatasan kapasitas fiskal pemerintah daerah dalam membiayai pembangunan infrastruktur transportasi sebagaimana yang terjadi di Kabupaten Bandung merupakan hambatan utama dalam mendorong produktivitas ekonomi. Padahal, berinvestasi pada infrastruktur transportasi secara tidak langsung dapat mempercepat pertumbuhan ekonomi, bahkan memberikan peningkatan nilai lahan akibat berkembangnya aktivitas. Pemerintah daerah kemudian dituntut untuk dapat mencari alternatif sumber pendanaan untuk membangun infrastruktur transportasi melalui penyediaan kerangka kebijakan pendanaan yang berasal dari penangkapan nilai atas meningkatnya produktivitas ekonomi.

Dengan menggunakan pendekatan siklus nilai manfaat (virtuous value cycle), pemerintah harus menyediakan kerangka kebijakan yang progresif untuk menciptakan nilai (value creation), mencakup nilai (value capture), dan memungkinkan re-investasi untuk pembiayaan infrastruktur lainnya (value funding). Hasil analisis terhadap studi kasus pengembangan pariwisata di Kabupaten Bandung menunjukkan bahwa pembangunan infrastruktur harus sejalan dengan pengembangan kawasan yang mampu menciptakan aktivitas ekonomi. Berkembangnya aktivitas pada sebuah kawasan akan menghasilkan keuntungan ekonomi produktif yang berasal dari penerimaan pajak. Proses penciptaan nilai tersebut kemudian perlu didorong oleh regulasi untuk meningkatkan kepercayaan publik agar beban pendanaan tidak hanya ditanggung oleh pemerintah tetapi juga pembayar pajak dan penerima manfaat atas aset infrastruktur. Instrumen yang dapat digunakan adalah melalui pengadaan dan penyesuaian lahan, pembiayaan mandiri, maupun pembiayaan kemitraan. Keuntungan yang dihasilkan dari terbangunnya kawasan yang menjadi pusat aktivitas ekonomi kemudian dapat digunakan sebagai sumber pendanaan infrastruktur



transportasi pada wilayah - wilayah yang kurang strategis di tingkat nasional, provinsi, maupun kabupaten.

REFERENSI

- Achmadi, UF, 1978. Efek Pencemaran Air Tanah terhadap Masyarakat Perkotaan. Widyapura, XII. Tahun 1878.
- Adiwilaga, M; et all, 1998. Strategi Pengelolaan Situ-situ: Studi Kasus Program Pengelolaan Situ Cikaret,
- Alegre., J.C, Cassel., D.K, and Makarim., M.K; 1985. Strategies for Reclamtion of Degraded Lands. Tropical Land Clearing fo Sustainable Agriculture. Isbram Proceedings No.3. Jakarta; pp 45-57.
- Arif, B. 1998. Peranan Sektor Pengairan dalam pengelolaan situ-situ di wilayah Jabotabek. Workshop Pengelolaan Situ-situ di Wilayah DKI Jakarta. Kerjasama Bapedalda dengan Fakultas Kehutanan IPB Bogor.
- Backer., William L., 1994. The Landscape Ecology of Large Disturbances in the Design and Management of Nature Reserves. (ed) Grumbine R. Edward; Environmental Policy and Biodiversity. Island Press; Washington DC Covelo, California.
- Berger. John J; 1988. Enviromental Restoration. Science and Strategies for Restoring the Earth. Island Press; Washington, D.C. Covelo California. pp 214-231.
- _____, 1997. Pemantapan data Situ-situ/waduk di DKI Jakarta dan Sekitarnya. Dinas Kehutanan DKI Jakarta.
- Biampoen, 1984. Masalah Kualitas Lingkungan Hidup Manusia, Pendekatan Perencanaan Kota. Makalah Seminar Badan Pembinaan Kesehatan Jiwa Masyarakat.
- Cairns Jr., John; 1992. Disturbed Ecosystems as Opportunities for Research Restoration Ecology. (Eds) Jordan III., William R; et all. Restoration Ecology: Synthetic Approach to Ecological Research. Cambridge University Press. P 307-320.
- Gunawan, E. 1988. Kebijakan Pengelolaan Situ-situ di Wilayah Jabotabek. Workshop Pengelolaan Situ-situ di Wilayah DKI Jakarta. Kerjasama Bapedalda dengan Fakultas Kehutanan IPB Bogor.
- 8
- Kumpulan Makalah Periode 1987-2008
- Hamilton., Lawrence S; 1988. Restoration of Degraded Tropical Forest. (ed) Berger., John J. Enviromental Restoration; Science and Strategies for Restoring the Earth. Island Press Washington DC. Covelo, California. P 113-122.



- Hamer., W.I. 1980. A. Soil Degradation Assessment Metodology. Soil Conservation Consultant Report.
- INS/78/006., Technical Note No.7. CRS, Bogor.
- Hunter. Jr. 1996. Fundamentals of Conservations Biology. Blackwell Science Inc. Massachusetts.
- Kondolf., C. Mathias; 1988. Hydrologic and Channel Stability Consideration in Stream Habitat Restoration. (ed)
- Berger., John J. Enviromental Restoration; Science and Strategies for Restoring the Earth. Island Press
Washington DC. Covelo, California
- Lesmana, H. 1998. Peranan Situ-situ Buatan di Kawasan Industri MM 2100. Workshop Pengelolaan Situ-situ di
Wilayah DKI Jakarta. Kerjasama Bapedalda dengan Fakultas Kehutanan IPB Bogor.
- Manan. Safei; 1976. Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS). Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor. pp 134.
- Melman. Dick, C.P. and Strien Arco Van J. 1993. Ditch Banks as a Conservation Focus in Intensively Exploited
Peat Farmland. In Landscape Ecology od Stressed Environment. (ed) by Claire C Vos and Paul Opdam.
Plubished in 1993, by Chapman and Hall, Lodon ISBN 0 412 448203
- Notodihardjo. Mardjono, 1979. Pengembangan Wilayah Sungai di Indonesia. Depar temen Pekerjaan Umum.
- Sandy.IM, 1978. Geomorfologi Terapan. Jurusan Geografi FMIPA-UI.
- Sugandhy, A. 1998. Peran Ekosistem Lahan Basah Dalam Memelihara Kualitas Lingkungan Hidup. Seminar dan
Pameran Lahan Basah, Dalam Rangka memperingati lahan basah sedunia tahun 1998. Komisi Nasional
Pengelolaan Lahan Basah, Jakarta.
- Suprijatna., Jatna; 1997. Restorasi Ekologi dan Pembangunan Hutan Kota. Pelatihan Pengelola Hutan Kota.
- Waryono, Tarsoen,. 1997. Aspek Pemberdayaan Atas Kekurang Perdulian Masyarakat Terhadap Pengelolaan
Keanekaragaman Hayati. Publikasi GEO-07/1997. Jurusan Geografi FMIPA-Universitas Indonesia.