

PENGELOLAAN DAERAH ALIRAN SUNGAI DAN PROGRAM PENGIHAUAN¹

Tejoyuwono Notohadiprawiro

Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian UGM

PENGANTAR

Di dalam tulisan ini Daerah Aliran Sungai (DAS) diberi arti “keseluruhan daerah kuasa (*regime*) sungai yang menjadi alur pengatus utama”. Pengertian “sungai” di sini mencakup alur pengatus yang dapat tidak berair pada masa pelepasan air kecil. DAS merupakan padanan istilah *drainage area*, *drainage basin*, atau *river basin* dalam bahasa Inggris, atau *stroom gebied* dalam bahasa Belanda. Batas DAS dirupakan oleh garis bayangan sepanjang punggung pegunungan atau lahan meninggi, yang memisahkan sistem aliran yang satu dari sistem aliran tetangganya. Atas dasar pengertian ini maka secara teori semua kawasan darat habis terbagi menjadi sejumlah DAS. Suatu DAS terdiri atas dua bagian utama, yaitu **daerah tadahan** (*catchment area*) yang membentuk daerah hulu atau “daerah kepala sungai” dan **daerah penyaluran air** yang berada di bawah daerah tadahan. Daerah penyaluran air dapat dibagi menjadi dua daerah, yaitu daerah tengah dan daerah hilir.

Daerah tadahan merupakan daerah **sumber air** bagi DAS yang bersangkutan, sedang daerah penyaluran air bergawai (*functions*) **menyalurkan air turah** (*excess water*) dari sumber air ke daerah penampungan air, yang berada di sebelah bawah DAS. Daerah penampungan air dapat berupa danau atau laut. Dilihat dari segi hidrologi, DAS merupakan suatu **kesatuan hidrologi yang bulat atau utuh**. DAS menjadi bagian dari sistem darat.

Pada pengelolaannya (*management*), DAS dipandang sebagai suatu kesatuan sumberdaya darat. Pengelolaan sumberdaya berpokok pada hubungan antara kebutuhan manusia dan ketersediaan sumberdaya untuk memenuhi kebutuhan itu. Pengelolaan diperlukan, baik apabila ketersediaan sumberdaya tidak mencukupi untuk memenuhi seluruh kebutuhan, maupun jika ketersediaannya melimpah. Pada kejadian yang pertama, tujuan pengelolaan ialah mendapatkan manfaat sebaik-baiknya, yang dengan kata lain,

¹ Disampaikan pada Kuliah Penataran Perencanaan Pembangunan Pedesaan dan Pertanian Staf Departemen Pertanian di Fakultas Pertanian UGM, 8-1-1981 s.d. 4-3-1981

memilih peruntukan yang dapat memberikan imbalan yang paling berharga. Harga imbalan dapat dipertimbangkan menurut ukuran fisik, teknik, ekonomi, sosial-budaya ataupun keamanan-kemantapan nasional. Hal ini disesuaikan dengan garis kebijaksanaan nasional. Pada kejadian yang kedua, tujuan pengelolaan adalah mencegah pemborosan.

Penghijauan merupakan salah satu tindakan dalam pengelolaan DAS sebagai sumberdaya darat. Penghijauan perlu dikaitkan dengan tindakan-tindakan lain yang gayut (*relevant*) untuk memperoleh kesudahan (*result*) yang memadai. Penghijauan beserta tindakan-tindakan penunjangnya (*supplemental*) atau pelengkapannya (*complemental*) pada dasarnya bertujuan mengatur atau mengendalikan “status quo” DAS ke arah yang dikehendaki, atau untuk mencegah “status quo” beralih ke arah yang tidak dikehendaki.

Tulisan ini berusaha mengungkapkan dan menguraikan hal-hal sebagai berikut:

1. Keserasian DAS selaku satuan pengelolaan sumberdaya darat.
2. Arah pengelolaan DAS yang diseyogyakan dan kendala-kendala yang boleh jadi dihadapi.
3. Keberhasilan pengelolaan DAS ditentukan oleh keterpaduan rencana dan tindakan menurut penghampiran (*approach*) sistem.
4. Data dasar (*baseline data*) yang diperlukan untuk merencanakan pengelolaan DAS.
5. Pematuan pengelolaan tiap-tiap DAS dalam kerangka pembangunan dan pengembangan lingkungan hidup secara nasional.

DAS SEBAGAI SUATU SUMBERDAYA DARAT DAN SISTEM

Yang diartikan dengan sumberdaya (*resource*) ialah suatu persediaan barang yang diperlukan, berupa suatu cadangan yang dapat diperoleh (Menard,1974: *Obtainable reserve supply of some desirable thing*). Jadi pengertian sumberdaya selalu menyangkut manusia dan kebutuhannya serta usaha atau biaya untuk memperolehnya. Oleh karena berkaitan dengan kebutuhan manusia maka sumberdaya mempunyai arti nisbi (*relative*).

Sumberdaya dapat dipilahkan atas dasar **kehadirannya** (*existence*):

1. Sumberdaya alam, yang hadir karena perbuatan alam, yaitu udara, air, tanah, minyak bumi, hutan rimba dsb.
2. Sumberdaya budaya (*artifactual*), yang hadir karena perbuatan manusia, yaitu waduk, polder, tanah sawah, hutan budidaya, perkebunan, manusia sendiri dengan ilmu dan keterampilannya dsb.

Sumberdaya dapat pula dipilahkan menurut **kemantapannya** terhadap pengaruh atau tindakan manusia:

1. Sangat mantap, yang dapat dikatakan tidak terkenakan atau tidak mudah terkena pengaruh atau akibat tindakan manusia, yaitu iklim, corak timbunan makro, sumber panas bumi, laut dsb.
2. Cukup mantap, yang secara berangsur dalam jangka waktu panjang dapat terpengaruh oleh tindakan manusia, yaitu tanah, hidrologi wilayah, danau, lereng dsb.
3. Kurang atau tidak mantap, yang secara nisbi cepat terpengaruh oleh tindakan manusia, yaitu vegetasi, marga satwa dan lain-lain masyarakat hayati.

Suatu sumberdaya tertentu dapat mempunyai nilai kemantapan beraneka, tergantung dari gatranya yang diperhatikan. Misalnya, tanah sebagai tubuh mempunyai nilai kemantapan daripada kesuburannya. Mutu air jauh lebih goyah daripada jumlahnya. Manusia terang tidak dapat mengubah isipadu (*volume*) udara dalam troposfir, akan tetapi dia secara nisbi mudah mencemarkannya.

Sumberdaya sering dipilahkan berdasar kemampuannya **memugar diri** (*self restoring*):

1. Terbarukan (*renewable*), seperti udara, air, tanah, hutan dan ikan. Memang ditinjau secara setempat, air, tanah, hutan dan ikan dapat menyusut atau habis. Akan tetapi secara keseluruhan, mereka itu tidak akan habis selama faktor-faktor pembentuknya masih tetap bergawai (*functioning*). Bahkan yang habis di suatu tempat akan dapat timbul kembali jika diberi kesempatan cukup.
2. Tak-terbarukan (*non-renewable*), seperti minyak bumi, panas bumi dan cebakan (*ore*) mineral. Sudah barang tentu mereka pun dapat terbentuk kembali kalau diberi kesempatan berskala kurun geologi. Akan tetapi hal ini tidak gayut dengan pengelolaan sumberdaya.

Jadi perbedaan antara kedua macam sumberdaya itu pada dasarnya terletak pada jangka waktu pembaharuan yang diperlukan, yang dipertimbangkan dari segi skala waktu kehidupan generasi manusia. Di sini juga berlaku keanekaan harkat, tergantung pada gatra (*aspect*) yang diperhatikan. Meskipun udara dan air termasuk sumberdaya terbarukan, jika dipandang dari segi bahan, namun udara dan air yang rusak karena pencemaran tidak dapat dihilangkan oleh manusia. Maka dalam hal mutu, pembaharuan udara dan air perlu ditolong oleh manusia.

Ada yang membedakan pengertian “sumberdaya” dari “cadangan”. Cadangan (*reserve*) ialah bagian dari sumberdaya yang dapat diperoleh atau digali dengan teknologi masakini dan terijinkan oleh keadaan ekonomi saat ini. Dengan kata lain, cadangan ialah bagian sumberdaya yang dapat segera termanfaatkan. Dalam hubungan dengan ini maka pengertian sumberdaya dibatasi pada bagian barang yang ada atau bolehjadi ada, akan tetapi belum dapat diperoleh karena belum terijinkan oleh keadaan ekonomi saat ini, atau teknologi yang diperlukan belum tercipta. Dengan demikian pengertian “cadangan” lebih lagi bersifat nisbi. Apa yang sudah termasuk cadangan bagi suatu negara maju, sangat bolehjadi masih belum demikian untuk suatu negara yang sedang berkembang.

DAS merupakan suatu gabungan sejumlah sumberdaya darat, yang saling berkaitan dalam suatu hubungan **saling tindak** (*interaction*) atau saling tukar (*interchange*). DAS dapat disebut suatu **sistem** dan tiap-tiap sumberdaya penyusunnya menjadi **anak-sistemnya** (*subsystem*), atau anasirnya (*component*). Kalau kita menerima DAS sebagai suatu sistem maka ini berarti, bahwa sifat dan kelakuan DAS ditentukan bersama oleh sifat dan kelakuan semua anasirnya secara terpadu. Arti “terpadu” di sini ialah, bahwa keadaan suatu anasir ditentukan oleh dan menentukan keadaan anasir-anasir yang lain. Yang dinamakan “sistem” ialah suatu **perangkat rumit yang terdiri atas anasir-anasir yang saling berhubungan di dalam suatu kerangka otonom, sehingga berkelakuan sebagai suatu keseluruhan dalam menghadapi dan menanggapi rangsangan pada bagian mana pun** (Dent *dkk.*, 1979; Spedding, 1979). Di samping memiliki ciri penting berupa **organisasi dakhil** (*internal organization*), atau disebut pula **struktur gawai** (*functional structure*), suatu sistem mempunyai suatu sistem yang lain, yaitu **batas sistem**. Batas ini memisahkan sistem dari lingkungannya, atau memisahkan sistem yang satu dari yang lain. “Lingkungan” ialah **keseluruhan keadaan dan pengaruh luaran** (*external*), yang **berdaya** (*affect*) **atas hidup, perkembangan dan ketahanan hidup** (*survival*) suatu **sistem** (De Santo, 1978).

Sumberdaya darat yang menjadi anasir DAS ialah iklim, atau lebih tepat disebut iklim hayati (*bioclimate*), timbunan, geologi, atau sumberdaya mineral, tanah, air (air permukaan dan air tanah), tetumbuhan (*flora*), satwa (*fauna*), manusia, dan berbagi sumberdaya budaya, seperti sawah, ladang, kebun, hutan budaya dsb. Kehadiran tanah dan wataknya ditimbulkan oleh faktor-faktor iklim, tetumbuhan, timbunan dan geologi (untuk sementara waktu tidak diperhatikan dalam pembicaraan tentang DAS, karena kedudukannya yang universal). Timbunan dapat berdaya atas iklim hayati setempat, berupa

penggantian (*change*) agihan cacak (*vertical distribution*) suhu udara, agihan tempat (*spatial distribution*) curah hujan, jumlah lengas mempen (*effective moisture*) dan lama waktu penerimaan sinar matahari. Sebaliknya, iklim dan geologi menentukan corak timbulan destruksional. Tanah dan timbulan menguasai keadaan hidrologi permukaan, keadaan vegetasi dan keadaan sumberdaya budaya. Iklim ikut mengendalikan keadaan vegetasi dan sumberdaya budaya. Iklim ikut mengendalikan keadaan vegetasi dan sumberdaya budaya.

Dalam pengantar telah disebutkan, bahwa DAS mempunyai batas alamiah yang jelas. Lengkaplah sudah ciri-ciri penting bagi penunjukan DAS sebagai suatu sistem. Iklim dapat dibagi lebih jauh menjadi iklim mikro, meso dan mikro atau iklim tanah. Timbulan terbagi pula menjadi makro dan mikro. Sumberdaya mineral dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri, bahan baku bangunan, mineral adi (emas, perak, platina, batu permata), atau sebagai bahan baku energi (fosil, juvenil, nuklir). Tanah dapat ditinjau dari pertanian, teknik, bahan baku bangunan (bata, genting) atau kerajinan (barang-barang tembikar). Air terpilahkan menjadi air permukaan (sungai, danau), lengas tanah (biasanya tercakup dalam pembicaraan mengenai sumberdaya tanah) dan air tanah. Dalam penggunaannya, air dapat ditinjau dari segi pertanian, rumah tangga, industri, sumber energi kinetik yang dapat dialihrupakan menjadi energi mekanik atau listrik, dan prasarana perhubungan serta pengangkutan. Sumberdaya hayati dapat dimanfaatkan untuk sumber nutfah dalam usaha menciptakan bibit tanaman atau ternak unggul, bahan baku obat-obatan, cagar alam, sumber bahan bakar, bahan bangunan atau bahan industri atau bahan kerajinan, atau sebagai pengasri atau pelindung lingkungan hidup. Manusia dapat ditilik dari segi pengadaan tenaga kerja, pengembangan ilmu pengetahuan, keterampilan, kerajinan dan kesenian, kewiraswastaan dan sumber peradapan (agama, hukum, adat istiadat, pandangan hidup).

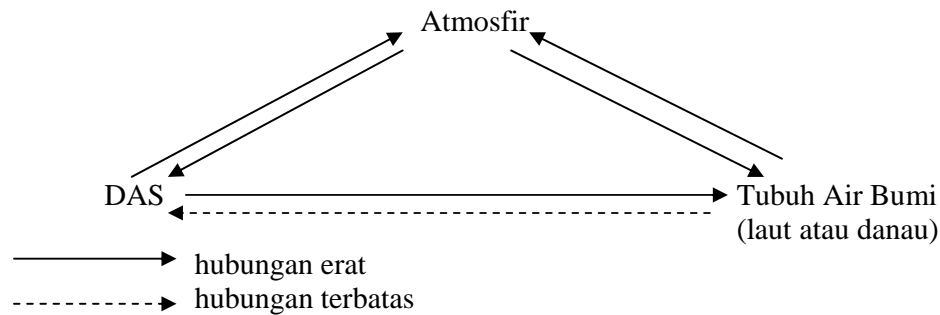
Dari uraian diatas jelaslah, bahwa DAS merupakan suatu **sistem sumberdaya darat** yang **bergatra ganda** dan dapat **dimanfaatkan ke berbagai jurusan**. Tiap-tiap sumberdaya yang menjadi anasir DAS memerlukan penanganan yang berbeda-beda, tergantung pada watak, kelakuan dan kegunaan masing-masing. Sebagai watak dan kelakuan suatu anasir DAS terbawa dari asal usulnya dan sebagian yang lain diperolehnya dari proses saling tindak (*interaction*) dengan anasir yang lain dari DAS yang bersangkutan. Misalnya, jumlah cadangan hara tumbuhan dalam tanah, yang menentukan kesuburan potensial tanah untuk pertanian, berasal dari bahan induk tanah (anasir geologi),

sedang hara tumbuhan tersediakan (*available*), yang menentukan kesuburan tanah aktual, ditimbulkan oleh proses saling tindak antara tanah dan air, timbulan tanah dan iklim. Misal yang lain ialah, keterampilan dan pengetahuan anasir manusia dapat menyuburkan tanah yang semula gersang. Karena berlainan kepentingan maka dapat terjadi, bahwa suatu tindakan yang baik untuk suatu anasir DAS tertentu justru merupakan tindakan yang merugikan apabila diterapkan pada anasir DAS yang lain. Misalnya, penanaman jalur hijau untuk melindungi tebing aliran terhadap pengikisan atau longsor, dapat mendatangkan kerugian atas pengawetan sumberdaya air karena meningkatkan transpirasi yang membuang sebagian air yang dialirkan. Dapat juga terjadi persaingan antara pemanfaatan tanah untuk mendirikan bangunan dan untuk bercocok tanam, atau antara pemanfaatan untuk pertanian dan untuk sumber bahan baku dalam pembuatan barang-barang tembikar, bata atau genting. Semua hal tadi menunjukkan, bahwa perencanaan pemanfaatan DAS harus bersifat **komprehensif**, yang lebih mementingkan **pengoptimuman kombinasi keluaran** (*optimization of the combined output*) daripada pemaksimalan salah satu keluaran saja.

DAS juga mempunyai gatra ruang (*space*) atau luas (*size*), bentuk (*form*), ketercapaian (*accessibility*) dan keterlintasan medan (*terrain trafficability*). Gatra-gatra ini menyangkut **keekonomian penggunaan DAS**, karena menentukan tingkat peluang berusaha dalam DAS, nilai praktikal kesudahan (*result*) usaha dan kedudukan nisbi DAS selaku sumberdaya dibandingkan dengan DAS yang lain. Gatra-gatra ruang, bentuk, ketercapaian dan keterlintasan medan bersama-sama dengan harkat anasir-anasir DAS yang telah disebutkan di atas, menentukan **kedudukan DAS dalam urutan prioritas pengembangan**. Kegandaan gatra dan/atau keanekaan jurusan pemanfaatan DAS menimbulkan berbagai pertimbangan **kegunaan dan penggunaan alternatif** menurut **kepentingan yang berubah sejalan dengan perkembangan kebutuhan dan keinginan**. Macam dan jumlah kebutuhan serta keinginan merupakan fungsi **waktu dan tempat**. Maka dari itu pengertian tentang makna waktu dan tempat sangat menentukan ketepatan perencanaan tataguna DAS. Tanpa perencanaan tataguna yang memadai, penggunaan DAS dapat menjurus ke arah persaingan antar berbagai kepentingan, yang akhirnya hanya akan saling merugikan, dan pada gilirannya akan menimbulkan degradasi sumberdaya DAS yang tidak terkendalikan.

HAKEKAT DAS SEBAGAI LANDASAN PENGELOLAANNYA

Pada dasarnya DAS merupakan suatu satuan hidrologi. DAS menampung air, mengagihkan (*distributes*) air tampungan liwat suatu sistem saluran dari hulu ke hilir, dan berakhir di suatu tubuh air berupa danau atau laut. Bersama dengan atmosfer dan laut (atau danau), DAS menjadi loka (*site*) kelangsungan daur hidrologi. Hubungan hidrologi antara atmosfer dan tubuh air bumi dapat berjalan secara langsung, atau liwat peranan DAS. Terjadi pula hubungan hidrologi langsung antara DAS dan atmosfer. Gb.1 menggambarkan hubungan hidrologi segitiga antara atmosfer, DAS dan tubuh air bumi. Bagan ini memperlihatkan peranan DAS sebagai **penghubung dua waduk air alam utama**, yaitu atmosfer dan laut. Kenyataan ini menjadi **dasar pertama untuk pengelolaan DAS**.



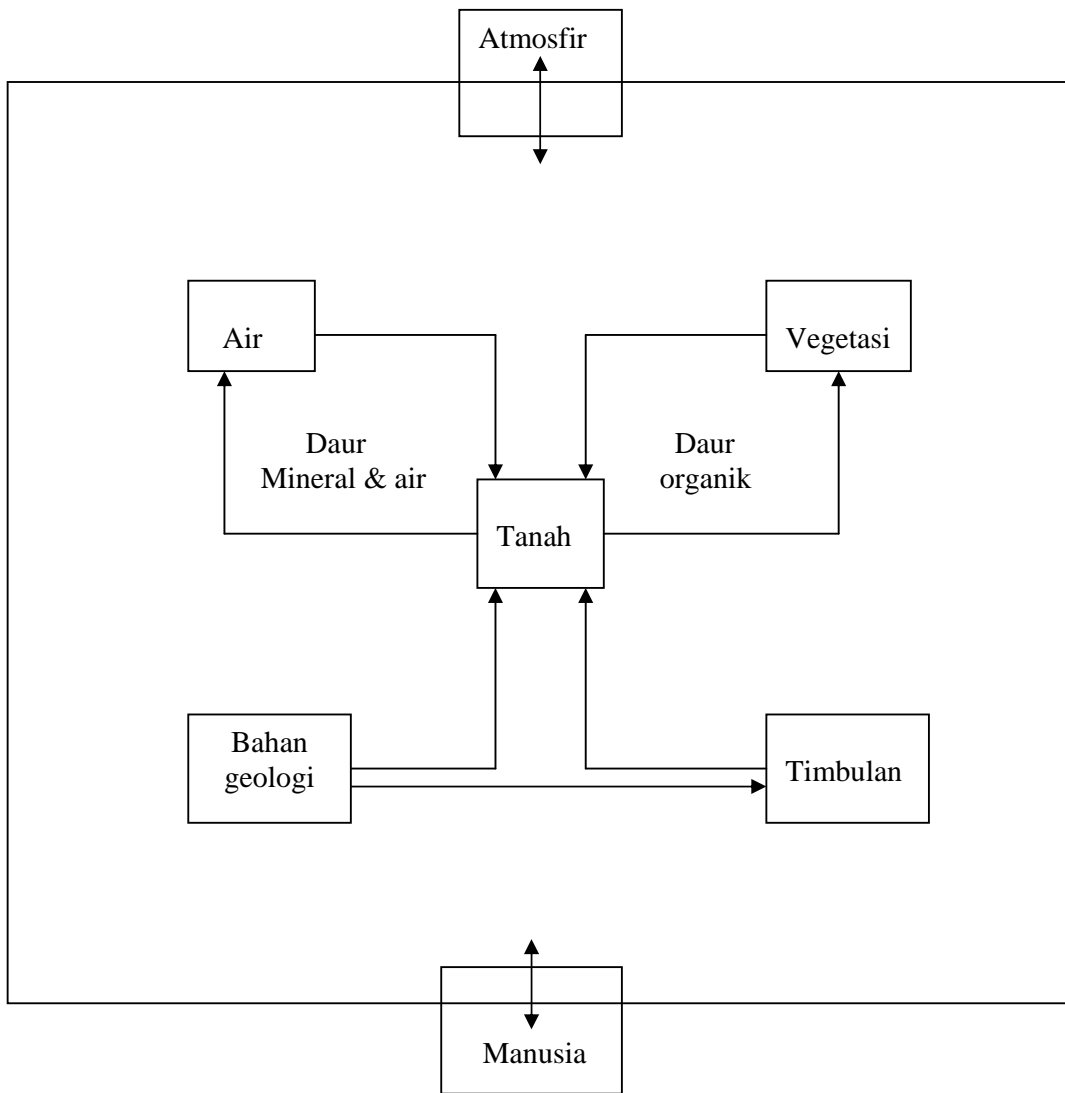
Gb.1. Hubungan hidrologi yang disederhanakan antara atmosfer, DAS dan tubuh air bumi

Selaku suatu wilayah kegiatan pendaوران air maka DAS merupakan suatu satuan fisik yang cocok bagi penelaahan proses-proses yang menentukan pembentukan bentangdarat (*landscape*) khas di berbagai wilayah bumi. Proses-proses yang berlangsung di dalam DAS dapat dikaji berdasar **pertukaran bahan dan energi** (Leopold *dkk.*, 1964). Hal ini menjadi **dasar kedua untuk pengelolaan DAS**. Gb.2 merupakan acuan DAS sebagai suatu sistem yang bertopang pada proses pertukaran bahan dan energi.

Setiap DAS cenderung memperluas diri, baik dengan jalan erosi mundur dan/atau menyamping di daerah hulu, maupun dengan jalan pengendapan di daerah hilir, termasuk pembentukan jalur kelokan (*meander*) di dataran pantai dan pembentukan delta di depan kuala. Dilihat dari segi ini maka DAS merupakan suatu satuan geomorfologi yang bersifat dinamik sekali, dibentuk oleh proses-proses fluviatil dan memperoleh corak dan cirinya dari paduan dua golongan proses yang saling berlawanan. Proses yang satu ialah **degradasi** di daerah hulu dan proses yang lain ialah **agradasi** di daerah hilir. Dengan demikian ada proses **pengalihan dari hulu ke hilir**. Salah satu kesudahan (*result*)

morfogenesis penting semacam ini adalah **pembentukan bentang tanah** (*soliscape*) atau pola agihan tanah yang khas di tiap-tiap DAS. Keadaan ini merupakan **dasar ketiga untuk pengelolaan DAS**.

Di depan telah diuraikan tentang kegandaan gatra dan keanekaan jurusan pemanfaatan DAS. Hal ini merupakan **dasar keempat untuk pengelolaan DAS**.



Gb.2. Acuan DAS sebagai suatu sistem yang bertopang pada proses pertukaran bahan dan energi

Dari dasar pengelolaan pertama dan kedua tersirat suatu pengertian penting, bahwa DAS merupakan suatu **sistem yang terbuka**. Hal ini dapat dipandang sebagai suatu ungkapan adanya **kepegawaian salingtindak luaran** (*functioning of external*

interactions), yang menurut De Santo (1978) merupakan kategori kedua yang membentuk hakekat kehadiran suatu sistem. Dasar pengelolaan kedua, ketiga dan keempat menunjuk kepada suatu pengertian penting berikutnya, bahwa DAS merupakan suatu **sistem pengalih rupa energi** (*energy transformer*). Hal ini dapat dipandang sebagai suatu ungkapan adanya kegawaian salingtindak dakhil (*functioning of internal interactions*), yang menurut De Santo (1978) merupakan kategori pertama yang membentuk hakekat kahadiran suatu sistem.

ASAS-ASAS PENGELOLAAN DAS

Pengelolaan DAS biasanya ditujukan kepada pengeolaan dua anasirnya yang dianggap terpenting, yaitu sumberdaya **tanah** dan air. Adapun anasir yang lain, seperti iklim, vegetasi, timbulan dan manusia, diperlakukan sebagai faktor-faktor dalam pengelolaan. Kalau ada sumberdaya mineral yang penting. Hal itu harus dipertimbangkan dalam pengelolaan. Maksud pengelolaa DAS ialah **mendapatkan manfaat lengkap yang sebaik-baiknya dari DAS sesuai dengan kemampuannya, untuk memenuhi kebutuhan masyarakat yang beraneka ragam dan yang berganti menurut waktu.** Dalam ungkapan “sesuai dengan kemampuannya” tersirat pengertian **sepadan** dan **lestari**. Ungkapan “manfaat lengkap” dan “kebutuhan masyarakat yang beraneka ragam dan yang berganti menurut waktu “ mengisaratkan, bahwa (1) hasil keluaran DAS tidak boleh hanya bermacam tunggal, akan tetapi harus terdiri atas berbagai hasil keluaran yang berkombinasi secara optimum, dan (2) rencana pengelolaan harus bersifat lentur yang berisi sejumlah alternatif.

Untuk mengarahkan pengelolaan, diperlukan tiga unsur pemandu. Yang pertama diperlukan ialah **variabel-variabel pemutus** (*decision variables*), yang menjadi sumber pembuatan alternatif. Yang kedua diperlukan ialah **maksud** dan **tujuan** (*objective*); ini dapat sebuah atau lebih. Yang ketiga ialah **kendala** (*constraint*), yang membatasi gerak variabel-variabel pemutus dalam membuat alternatif-alternatif menuju ke pencapaian maksud atau tujuan. Khusus mengenai pengelolaan DAS, yang dapat dipakai sebagai variabel-variabel pemutus ialah (1) keempat dasar untuk pengelolaan DAS yang disebut terdahulu (DAS selaku penghubung dua waduk air alam utama, kehadiran DAS didukung oleh kegiatan pertukaran bahan dan energi, DAS berkembang melalui proses alihrupa dakhil dan DAS bergatra ganda yang dapat dimanfaatkan ke berbagai jurusan), (2) pemanfaatan DAS harus dapat menimbulkan pemerataan manfaat antara daerah hulu dan

hilir, dan (3) pengembangan DAS harus dapat memberikan sumbangan bagi kepentingan regional dan atau nasional. Maksud atau tujuan pengelolaan DAS telah disebutkan di atas. Yang dapat ditunjuk sebagai kendala terhadap pengembangan DAS ialah iklim, timbulan, tanah, air, sumberdaya mineral, vegetasi, beberapa gatra tertentu manusia, ruang/luas, bentuk, ketercapaian dan keterlindasan medan. Pendek kata, semua anasir DAS yang dikenai atau terlibat dalam pengelolaan.

Dalam rencan pengelolaannya, DAS dibagi menjadi dua satuan pengelolaan. Satuan pengelolaan hulu mencakup seluruh daerah tadahan atau daerah kepala sungai. Satuan pengelolaan hilir mencakup seluruh daerah penyaluran air atau daerah bawahan. Oleh Roy & Arora (1973) istilah “watershed” digunakan secara terbatas untuk menamai daerah tadahan, sedang daerah bawahan mereka namakan “commanded area”. Yang dinamakan “commanded area” ialah daerah-daerah yang secara potensial berpengairan. Di DAS yang dapat dibangun suatu bendungan atau waduk maka seluruh daerah yang terkuasai oleh bangunan tersebut (daerah yang terletak di bawah garis tinggi pintu bendungan atau waduk) merupakan “commanded area”.

Pengelolaan daerah tadahan ditujukan untuk mencapai hal-hal berikut ini (Roy & Arora, 1973):

1. Mengendalikan aliran permukaan turah (*excess*) yang merusak, sebagai usaha mengendalikan banjir.
2. Memperlancar infiltrasi air ke dalam tanah.
3. Mengusahakan pemanfaatan aliran permukaan untuk maksud-maksud yang berguna.
4. Mengusahakan semua sumberdaya tanah dan air untuk memaksimalkan produksi.

Ada dua hal yang memerlukan penjelasan lebih lanjut. Meningkatkan infiltrasi air dimaksudkan untuk memperbesar “hasil air”. Yang dinamakan “hasil air” ialah jumlah air yang dapat diperoleh dari suatu sumber air. Jumlah ini terukur langsung dari debit sumber air bersangkutan. Dengan demikian hasil air berhubungan dengan simpanan air (Dawes, 1970; Meinzer, 1942). “Panen air” adalah proses pengumpulan dan penyimpanan air hujan dari suatu daerah tadahan yang telah diperlakukan khusus untuk meningkatkan aliran permukaan (*runoff*), tanpa menimbulkan erosi yang berbahaya (Roy & Arora, 1973; Nelson & Nelson, 1973; Cooley *dkk.*, 1970). Di daerah iklim sedang dan dingin, aliran permukaan yang dikumpulkan dan disimpan termasuk pula yang berasal dari pencarian salju (Cooley

dkk.,1970). Jadi memperbanyak aliran permukaan tercantum sebagai tujuan ketiga pengelolaan daerah tadahan tersebut di atas.

Faktor-faktor pokok yang berdaya (*affect*) atas acara (*program*) pengelolaan daerah tadahan atau DAS hulu ialah (Roy & Arora, 1973):

1. Bentuk dan luas daerah tadahan.
2. Lereng dan timbunan makro.
3. Keadaan tanah, termasuk fisiografi dan hidrologi tanah.
4. Intensitas, jangka waktu dan agihan curah hujan.
5. Rupa dan mutu vegetasi penutup.
6. Penggunaan lahan kini.

Fisiografi, iklim, atau keduanya merupakan faktor-faktor utama yang bertanggung-jawab atas timbulnya aliran permukaan maksimum atau puncak yang menyolok. Variabel-variabel lain yang mempengaruhi laju aliran permukaan ialah bentuk dan luas daerah tadahan, lereng, ciri-ciri hidrologi tanah, penggunaan lahan kini dan keadaan vegetasi penutup. Penggunaan lahan kini dan keadaan vegetasi penutup bersifat tidak mantap karena mudah diubah oleh tindakan manusia.

Pekerjaan-pekerjaan persiapan yang diperlukan sebelum memulai kegiatan pengelolaan DAS hulu ialah :

1. Membuat potret udara untuk menyusun peta-peta kontur atau bentuk muka lahan, pola hidrologi permukaan dan geomorfologi. Dari potret udara juga dapat ditafsirkan ketercapaian dan keterlintasan medan.
2. Mencatat watak curah hujan (intensitas, jangka waktu dan agihan dan penaksiran pola penyaluran air hujan pada permukaan lahan. Watak curah hujan diperlukan untuk membuat peta erosivitas hujan. Pola penyaluran permukaan digunakan untuk memperkirakan jumlah panen air potensial.
3. Pemairan (*survey*) bahaya banjir pada musim hujan dan bahaya kekeringan pada musim kemarau.
4. Pemairan dan pemetaan tanah, termasuk hidrologi tanah dan neraca lengas tanah, untuk memperoleh gambaran tentang mutu tanah dan ketersediaan air untuk pertanian.
5. Pemetaan sumber-sumber air yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air rumah tangga.
6. Pemairan dan pemetaan kemampuan lahan, termasuk erodibilitas tanah.
7. Pemairan dan pemetaan penggunaan lahan kini, termasuk vegetasi penutup asli.

8. Kalau dipandang perlu, juga dilakukan pemetaan dan pemetaan geologi untuk menyidik (*identify*) sumberdaya mineral yang dimanfaatkan dan menyifatkan keadaan lingkungan geologi dalam hubungannya dengan pembangunan teknik dan pemukiman.

Tujuan pengelolaan DAS hilir dapat diringkaskan sebagai berikut:

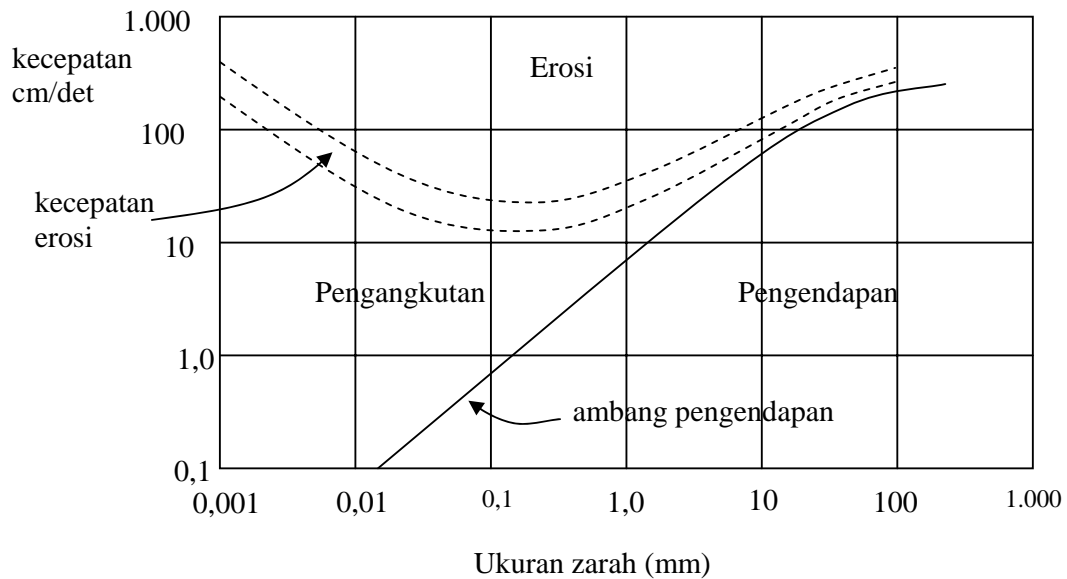
1. Mencegah atau mengendalikan banjir dan sedimentasi yang merugikan, sehingga tidak merusak dan menurunkan kemampuan lahan.
2. Memperbaiki pengatusan (*drainage*) lahan untuk meningkatkan kemampuannya.
3. Meningkatkan dayaguna air dari sumber-sumber air tersedianya.
4. Meliorasi tanah, termasuk memperbaiki daya tanggap tanah terhadap pengairan, dan kalau perlu juga reklamasi tanah atas tanah-tanah garaman, alkali, sulfat masam, gambut tebal, dan mineral mentah.

Faktor-faktor pokok yang berdaya atas acara pengeloaan daerah hilir ialah:

1. Bentuk daerah hilir dan perbandingan luasnya dengan luas daerah tadahan.
2. Perbedaan landaian (*gradient*) lereng umum daerah hilir terhadap landaian lereng umum daerah tadahan.
3. Timbulan makro, ketinggian muka lahan pukul rata, jeluk (*depth*) pukul rata air tanah, dan keadaan tanah.
4. Intensitas, jangka waktu dan agihan curah hujan.
5. Rupa dan mutu vegetasi penutup.
6. Penggunaan lahan kini.

Faktor pertama menentukan kemampuan nisbi daerah hilir menampung kiriman air dari daerah tadahan. Makin melebar bentuknya dan makin besar perbandingan luasnya, makin besar kemampuannya menampung air. Sudah barang tentu daya tampung ini akan bertambah kecil kalau curah hujan di daerah hilir bertambah besar dan hujan di daerah hilir datang bersamaan waktunya dengan hujan di daerah tadahan. Faktor kedua dan ketiga menentukan laju penyaluran air yang dapat dikerjakan oleh daerah hilir. Perbedaan landaian lereng umum yang besar antara daerah tadahan dan daerah hilir menyebabkan kecepatan penyaluran air dari daerah tadahan mengalami hambatan besar setelah mencapai daerah hilir, karena energi kinetika turun secara mendadak. Keadaan ini juga mendorong sedimentasi bahan yang terangkut aliran di daerah hilir dan meningkatkan banjir. Kecepatan aliran di kendalikan oleh energi potensial $E_p = mhg$, yang m ialah massa air, h ialah perbedaan tinggi antar ujung dan pangkal lintasan, dan g ialah percepatan karena

gravitasi. Kalau h mendadak turun, E_p akan cepat menurun dan aliran akan terhambat. Dengan penurunan kecepatan aliran (v) maka energi kinetika juga akan menurun sekali, karena $E_k = \frac{1}{2}mv^2$, berarti daya angkut beban aliran juga akan merosot dan terjadilah sedimentasi. Gb.3 memperlihatkan hubungan antara kecepatan aliran dan ambang pengendapan yang pada gilirannya ditentukan oleh ukuran zarah bahan yang diangkut (menurut Hjulsrom; dari Morgan, 1979).



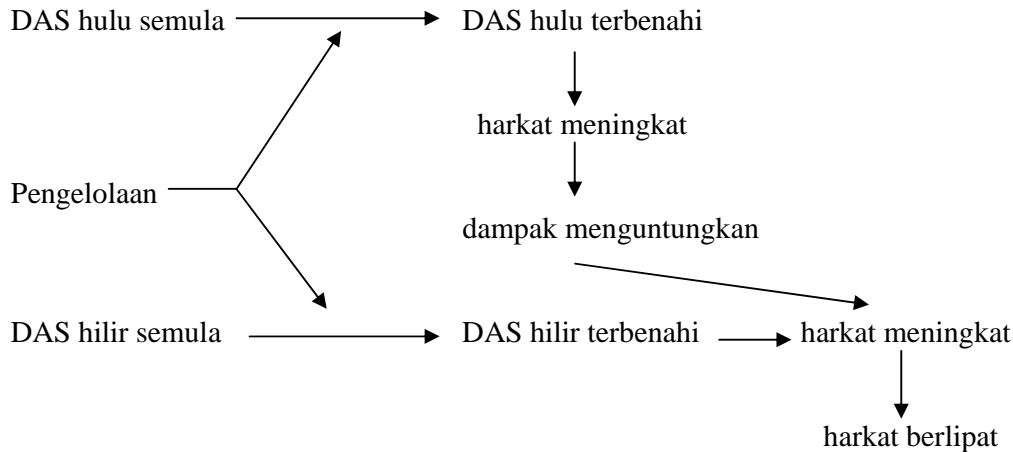
Gb. 3. Kecepatan ambang air untuk erosi, pengangkutan dan pengendapan sebagai fungsi ukuran zarah

Pekerjaan-pekerjaan persiapan yang diperlukan di DAS hilir sebelum kegiatan pengelolaan dimulai ialah :

1. Pemairan bahaya banjir pada musim hujan dan bahaya kekeringan pada musim kemarau.
2. Menetapkan watak hidrologi lahan, terutama yang berkaitan dengan pengatusan dan perembihan (*internal drainage*).
3. Pemairan dan pemetaan tanah, termasuk hidrologi tanah dan neraca lengas tanah, untuk memperoleh gambaran tentang mutu tanah dan ketersediaan air untuk pertanian.
4. Pemetaan sumber-sumber air yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air rumah tangga; kalau perlu juga kebutuhan air untuk industri.

5. Meruntut (*to trace*) jangkauan air laut menuju ke pedalaman, yang dapat menimbulkan bahaya kegaraman tanah dan air, atau mendorong pembentukan lapisan tanah sulfat masam potensial, lebih-lebih kalau disertai dengan pelonggokan bahan organik.
6. Membatasi bagian lahan dengan tanah yang berpotensi rendah karena salah satu sebab berikut ini : lapisan gambut terlalu tebal (di kawasan basah), pelonggokan garam netral atau alkalin, atau kadar gips yang terlalu tinggi (di kawasan kering).
7. Menetapkan kematangan fisik tanah, baik sebagai faktor dalam pengolahan tanah untuk pertanian, maupun sebagai faktor dalam perencanaan teknik (permukiman, jalan perhubungan, sanitasi lingkungan hidup, dsb).
8. Pemairan dan pemetaan kemampuan lahan, termasuk kemampuannya untuk pertanian berpengairan, dan pemetaan penggunaan lahan kini.

Perlakuan terhadap DAS hulu merupakan bagian terpenting dari keseluruhan pengelolaan DAS, karena hal itu akan menentukan keuntungan yang dapat diperoleh, atau kesempatan yang terbuka, dalam pengelolaan DAS hilir. Pengelolaan DAS hilir menentukan seberapa besar keuntungan yang secara potensial dapat diperoleh karena pengelolaan DAS hulu benar-benar terwujud. Dengan kata lain, pengelolaan DAS hilir bertujuan meningkatkan daya tanggapnya terhadap dampak pengelolaan DAS hulu. Hubungan ini dapat digambarkan pada Gb.4. Dari bagian ini tampak, bahwa pengelolaan DAS hulu bertujuan rangkap: (1) meningkatkan harkatnya sebagai lahan usaha dan/ atau lahan permukiman, dan (2) memperbaiki dampaknya atas DAS hilir untuk memperluas peluang memperbaiki keadaan DAS hilir, atau menjamin kelestarian keberhasilan (*success*) usaha pengelolaan Das hilir. Pengelolaan DAS hilir berperan **melipatkan** pengaruh perbaikan yang telah dicapai di DAS hulu. Menurut pandangan ekologi maka daerah hulu dikelola sebagai daerah penyumbang (*donor*) bahan dan energi, atau boleh juga disebut sebagai lingkungan pengendali (*conditioning environment*), sedang daerah hilir sebagai daerah penerima (*acceptor*) bahan dan energi, atau lingkungan konsumsi atau lingkungan yang dikendalikan (*commanded environment*). Dengan demikian pengelolaan DAS harus bersifat menyeluruh dan dapat memadukan bagian hulu dan hilir menjadi satu sistem.



Gb.4. Bagan hubungan antara pengelolaan DAS hulu dan hilir dalam pengelolaan DAS terpadu

DATA DASAR YANG DIPERLUKAN DALAM PENGELOLAAN DAS

Penanganan sumberdaya untuk pemanfaatannya memerlukan data dasar sebagai pangkal tolak. Demikian pula halnya dengan pengelolaan DAS. **Data dasar** (*baseline data*) ialah **sekumpulan keterangan hakiki tentang suatu masalah** (*matter*) **yang gayut dengan watak** (*nature*) **masalah itu**. Data itu dapat berupa ciri (*characteristic*) atau mutu (*quality*). **Ciri** ialah suatu sifat khas yang **teramati** (*observable*) atau **terukur** (*measurable*). Misalnya, suhu udara sejuk merupakan ciri iklim pegunungan tropika; tingkat kejenuhan Ca tinggi adalah ciri tanah dengan pelindian terbatas di bawah kuasa kawasan iklim setengah kering; salah satu ciri air laut ialah kadar garam netral tinggi; dsb. **Mutu** tidak dapat diamati atau diukur secara langsung, karena ditentukan oleh **salingtindak sejumlah sifat**, dan hanya dapat diketahui, dirasakan atau dinilai dari **akibat** atau **jelmaan** (*manifestation*) yang ditimbulkannya. Yang dimaksud dengan akibat atau jelmaan ialah **tindakannya dalam mempengaruhi kecocokan sumberdaya** (DAS, lahan) **bagi suatu penggunaan tertentu**. Taraf kepentingan nisbi tiap sifat yang menentukan suatu mutu tertentu, bergantung pada keadaan lingkungan (Brinkman dan Smyth, 1973). Misalnya, erodibilitas tanah sebagai mutu ditentukan bersama oleh faktor-faktor kemiringan dan panjang lereng, permeabilitas tubuh tanah, dan kemantapan struktur tanah. Taraf kepentingan nisbi permeabilitas tubuh tanah menjadi menonjol dalam lingkungan iklim basah. Dalam lingkungan iklim kering, yang erosi angin menjadi bentuk erosi pokok, tinggal kemantapan struktur tanahlah yang menjadi faktor yang menonjol. Erosivitas hujan bersama dengan erodibilitas tanah menentukan mutu lahan yang disebut kerentanan lahan

terhadap erosi air. Macam mutu yang lain a.l. kesuburan tanah, kesegaran iklim, kebersihan air minum, keterlindasan medan (*terrain trafficability*), dan keramah-tamahan penduduk. Mutu dapat diharkatkan dengan sebutan (buruk, sedang, baik) atau dengan **nilai** (*score*).

Data dasar untuk pengelolaan DAS terdiri atas ciri dan mutu semua anasir atau gatra DAS yang penting dalam menentukan kemampuan (*capability*) DAS. Macam data yang sekurang-kurangnya harus dikumpulkan ialah:

- (1) Neraca air makro (menurut iklim) dan neraca mikro (atau neraca lengas tanah menurut hidrologi lahan).
- (2) Erosivitas hujan dan erodibilitas tanah. untuk daerah-daerah beriklim kering, erosivitas hujan diganti dengan erosivitas angin.
- (3) Keadaa iklim hayati, yang mencakup agihannya menurut tinggi tempat dan kedudukan topografi.
- (4) Proses fluvial dalam geomorfologi (erosi, sedimentasi, hidrolika sungai, pembentukan delta, dataran banjir, dataran interfluvial, dataran estuarin, bentukan morfologi destruktif, seperti lembah, peneplain, morfologi karst, dsb.).
- (5) Kemampuan lahan untuk pertanian, baik produktivitas maupun potensialitasnya.
- (6) Tataguna lahan kini dan produktivitasnya, termasuk tataguna sumberdaya air kini.
- (7) Ketercapaian wilayah dan keterlintasan medan.
- (8) Kerapatan dan agihan penduduk, laju pertambahan penduduk, mata pencaharian, kemampuan usaha, tingkat pendapatan dan kekayaan keluarga, tingkat kesehatan, dan mobilitas penduduk.
- (9) Rata-rata dan agihan luas lahan milik atau garapan, dan tingkat penerapan teknologi.

Dari analisa dan penilaian data dasar akan diperoleh pengetahuan, kesimpulan atau petunjuk tentang:

- (1) Tingkat peluang dan prospek pengembangan.
- (2) Beberapa alternatif arah dan bentuk pengembangan, termasuk pertimbangan kerjasama dengan DAS tetangga dengan maksud saling mengisi.
- (3) Macam dan jumlah masukan yang diperlukan.
- (4) Prioritas penanganan segi-segi persoalan, baik untuk menyiapkan keadaan dan suasana yang serasi bagi memulakan (*start*) pembangunan yang sebenarnya, maupun untuk pentahapan pembangunan secara bernalar menurut tempat dan waktu.

Untuk analisa dan penilaian itu diperlukan suatu kerangka kerja (*framework*) pengharkatan data dasar yang memadai. Ketentuan-ketentuan yang harus dipenuhi oleh kerangka kerja itu ialah:

(1) Struktur sederhana:

Perbedaan dan hubungan antar kelas harkat mudah dikenali tanpa membutuhkan pengetahuan dasar khusus. Dendrogram klasifikasi tidak terlalu menyebar.

(2) Hirarki anasir dalam urutan tinjauan:

Hal ini perlu untuk memperlihatkan urutan kepentingan, atau urutan kemantapan sifat, atau urutan kemungkinan pengelolaannya tiap-tiap anasir DAS. Dendrogram klasifikasi mencerminkan langkah spesifikasi kerja yang bernalar.

(3) Batasan pengertian jelas:

Mencegah keracunan (*confusion*) pembagian kelas dan kekaburan hakekat tiap kelas harkat. Membatasi penggunaan penafsiran yang subyektif.

(4) Cukup lentur (*flexible*):

Dapat menampung berbagai pertimbangan penyesuaian pada kebutuhan setempat atau jaman, tanpa mengusik konsep inti.

Kerangka kerja pengharkatan yang kiranya dapat dipakai ialah a.l. susunan Strpie (1964), ILRI (1977), Brinkman dan Smyth (1973), Desaunettes (1977), Steele (1967), Notohadipawiro (1977), Notohadipawiro dan Drajad (1980) dan Soepraptohardjo dan Robinson (1975). Mana yang akan diikuti terserah pertimbangan masing-masing.

Dari macam ragam data dasar yang diperlukan tersimpulkan, bahwa pengelolaan DAS harus dikerjakan secara **metadisiplin**. Yang diartikan dengan metadisiplin ialah suatu titik tolak pandangan atau sikap, atau kerangka penghampiran masalah, yang memadukan berbagai bidang pengetahuan yang gayut dengan watak dan kelakuan masalahnya, menjadi satu sistem analitik. Agar supaya sistem analitik ini dapat bergawai mempan, tiap-tiap bidang pengetahuan yang menjadi unsur-unsurnya diberi kedudukan tertentu di dalam kerangka kerja. Unsur-unsur dapat diurutkan pada garis gerak analisa sesuai dengan pertimbangan hirarki tertentu. Dengan jalan ini suatu unsur memperoleh masukan dari unsur lain yang berkedudukan hirarki lebih tinggi dan pada gilirannya, unsur yang tersebut pertama tadi memberikan masukan kepada unsur berikutnya yang berkedudukan hirarki lebih rendah. Sistem analitik seperti ini mempunyai struktur bertingkat. Biasanya pengumpulan data dasar dan analisa kualitatif fisik berada pada tingkat atas (langkah kerja pertama), dan memberikan masukan kepada analisa sosial-ekonomi dan pengharkatan

kuantitatif yang berada pada tingkat bawah (langkah kerja kedua). Maka sistem analisa seperti ini disebut pula “penghampiran bertingkat dua”. Dapat pula analisa semua gatra dikerjakan secara berdampingan (hirarki tunggal), dan sistemnya dinamakan “penghampiran sejajar” (ILRI, 1977).

Kedua macam penghampiran itu masing-masing mempunyai kelebihan dan kekurangan. Penghampiran bertingkat atau bertahap bersifat lebih terarah, memiliki urutan kegiatan yang jelas tanpa langkah-langkah yang saling berimpitan. Dengan demikian ia bersifat lebih lentur dalam hal penganggaran menghasilkan kegiatan pemairan (*survey*) dan pengumpulan data pada hal-hal yang langsung diperlukan untuk analisa dan pengarkatan. Akan tetapi penghampiran sejajar sering menghambat analisa tuntas mengenai kemampuan pungkas (*ultimate capability*) suatu sumberdaya, karena terjerat dalam pertimbangan sosial-ekonomi yang membuat batasan tempat dan waktu. Dengan demikian prospek mutlak suatu sumberdaya tidak terungkap. Untuk keperluan pengarkatan lahan, FAO dan *International Institute for Land Reclamation and Improvement* (ILRI), memilih penghampiran bertahap (ILRI, 1977). Penulis juga memperoleh pengalaman yang memuaskan dalam menerapkan penghampiran bertahap ini. Bidang sosial-ekonomi boleh saja ditangani pada tahap pertama kegiatan bersama-sama dengan bidang fisik, asal saja terbatas pada pengumpulan data dasar.

Dalam menghubungkan asas kepaduan disiplin dengan pengelolaan DAS, Martin(1970) dalam kata pengantarnya untuk *Symposium on The Interdisciplinary Aspects of Watershed Management di Montana State University* mengemukakan, bahwa”... *professional from the many different disciplines will ... work in concert to bring about total watershed management*”.

PELAKSANAAN PENGELOLAAN DAS

Pengelolaan DAS tidak lain daripada kegiatan penata-gunaan lahan dalam ruang lingkup DAS. Maka dari itu pengelolaan DAS selalu akan melibatkan manusia dengan manusia dengan kecakapannya mengalihkan teknologi menjadi teknologi tepat-guna dan ketrampilannya menjabarkan teknologi menjadi sejumlah peranti teknik (*technical divides*) yang mempan. Manusia itu juga menjadi sumber kendala yang acapkali menjadi penghambat yang lebih berat daripada kendala fisik. Kendala yang bersumber pada manusia a.l. keprimitifan, kepicikan motivasi, inersia kejiwaan, kekakuan atau keangkuhan birokrasi, otoritarianisma, dan kemiskinan. Keprimitifan bersambungan dengan kebodohan

atau ketidak-tahuan, dan ini merupakan akibat dari taraf pendidikan yang rendah atau nihil sama sekali. Dalam hal para penggarap lahan, kemiskinan dan kelemahan membentuk modal usaha bersumber pada luas lahan garapan yang terlalu sempit. Istilah “sempit” bermakna nisbi, yaitu mempunyai daya dukung (*carrying capacity*) sebagai habitat yang berharkat bawah-tepian (*submarginal*). Makin rendah produktivitas lahannya, luas tepian (*marginal size*) makin besar. Hubungan ini dapat ditunjukkan dengan grafik di bawah ini.

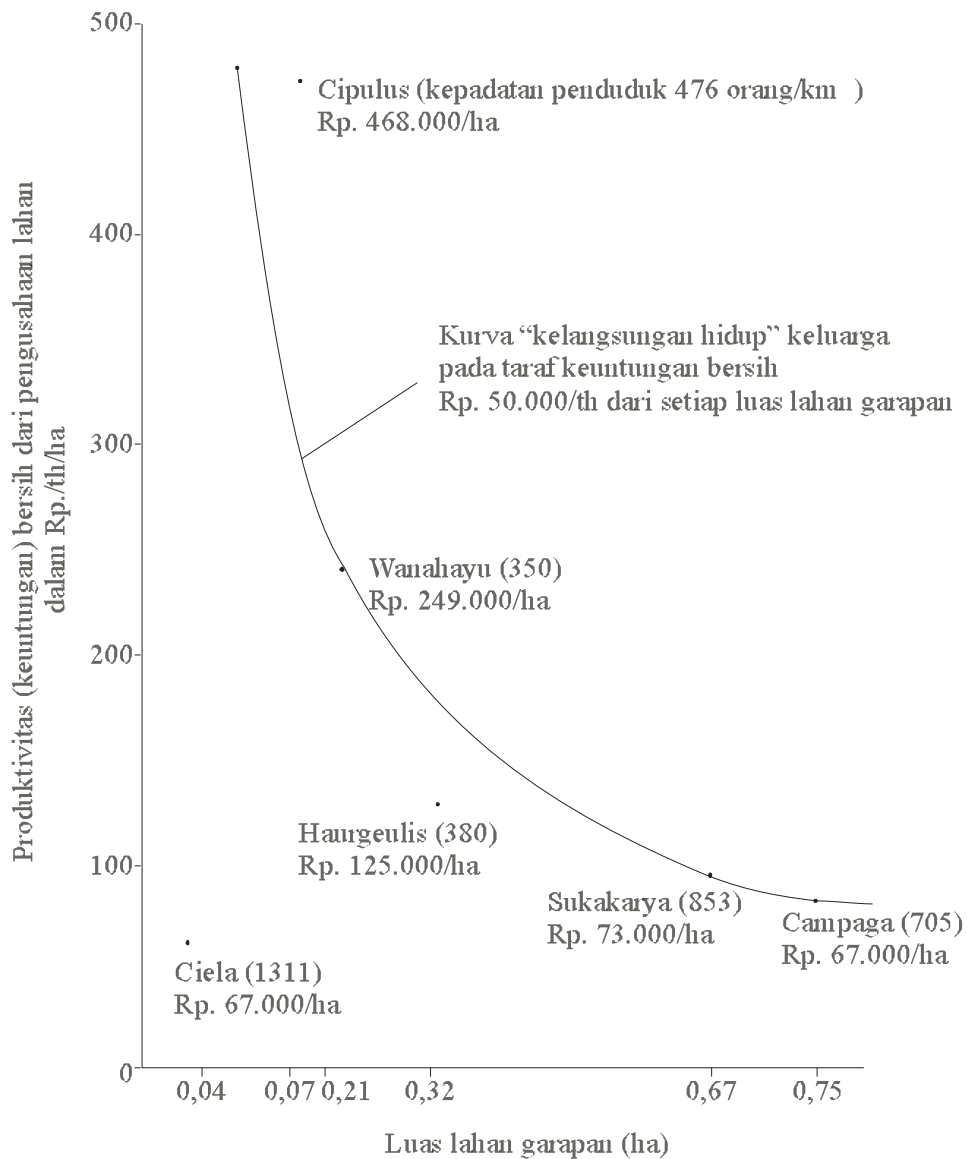
Antara luas lahan garapan yang bawah-tepian, kemiskinan dan jangkauan pemikiran haridepan yang sangat pendek terdapat lingkaran setan yang sulit sekali diputuskan. Pendidikan yang diperlukan untuk memperluas cakrawala pandangan hidup tidak terlaksanakan karena kemiskinan. Daya dukung lahan usaha masih dapat ditingkatkan sekalipun luasnya tetap sempit, kalau diberi masukan cukup berupa biaya, teknologi, keterampilan dan kewiraswastaan. Akan tetapi semuanya ini tidak dapat terlaksana tanpa pendidikan dan pemupukan modal, sedang peningkatan daya dukung lahan usaha merupakan prasyarat bagi perbaikan pendidikan dan pengembangan modal. Lingkaran setan ini menjadi sebab timbulnya kendala lain, yaitu kepicikan motivasi pada para penggarap lahan, sehingga keikut-sertaan mereka dalam acara pengelolaan DAS menjadi sangat lemah.

Kepicikan motivasi dapat pula berada pada para pengusaha tanah besar atau penduduk yang bertahana (*status*) sosial tinggi. Hal ini barangkali berkaitan dengan kemalasan, cepat berpuas diri, ambisi lemah dan/atau kelangkaan semangat wiraswasta. Inersia kejiwaan ada pada semua orang, hanya saja ada yang tidak kentara sehingga lebih progresif, dan ada yang sangat menonjol, sehingga bergaya sangat konservatif. Birokrasi dan otoritarianisma terdapat pada penguasa, hukum, adat istiadat dan struktur sosial.

Jelmaan kendala-kendala sosial-ekonomi tersebut di atas, yang gayut dengan pengelolaan atau pengembangan DAS, ialah:

1. Luas lahan garapan yang terlalu sempit.
2. Modal usaha yang lemah dari para pengusaha lahan.
3. Taraf pendidikan yang rendah atau nihil sama sekali dari kebanyakan penduduk.
4. Kepasatan penduduk yang melampaui daya dukung habitat.
5. Hukum agraria yang belum terunifikasi dan terkodifikasi secara sempurna.
6. Pengagihan dan hirarki pengarahan dan pengendalian pembangunan daerah belum diatur secara mampan.

7. Administrasi daerah belum sepenuhnya mencerminkan administrasi pembangunan dalam arti yang sebenarnya.
8. Batas-batas geografi tata pemerintahan yang seringkali menyulitkan penanganan pembangunan wilayah yang berkonsep ekologi, atau yang berdasarkan kaidah sumberdaya.
9. Benturan antar berbagai bentuk pemanfaatan lahan, yang di satu pihak ditimbulkan oleh kelemahan penghayatan gatra sosial lahan oleh penduduk, dan di pihak lain ditimbulkan oleh penyalah-artian gatra sosial lahan oleh penguasa.



Gb. 5. Hubungan antara produktivitas bersih tahunan, dikonversi menjadi Rp/ha, dan luas lahan garapan di DAS Cimanuk (Dep. Ilmu Tanah Fakultas Pertanian UGM, 1980)

Perlu ditambahkan di sini, bahwa istilah “tradisional” sengaja tidak dipakai untuk menyebutkan salah satu kendala yang bersumber pada manusia. Sebagai gantinya telah dipakai istilah “keprimitifan”. Bukti-bukti menunjukkan, bahwa bebtuk usaha tradisional tidak selalu harus bersifat buruk atau merugikan. Misalnya, sawah dan surjan dalam bercocok tanam merupakan jabaran teknologi tingkat tinggi. Misalnya yang lainialah sistem perladangan (*shifting cultivation*) yang diterapkan pada tanah-tanah dengan cadangan mineral rendah, intensitas pelindian hara kuat dan erosivitas hujan tinggi atau erodibilitas tanah besar, merupakan keputusan penggunaan lahan yang bernalar matang.

Untuk menjaga kelestarian kesudahan pengelolaan DAS dan untuk memberikan makna pembangunan DAS yang mantap kepada keseluruhan penduduk DAS, sehingga dapat menumbuhkan motivasi kuat bagi keikut-sertaan mereka secara nalar (*continuous*) dan dengan kesadaran yang tinggi dalam setiap usaha pembangunan DAS, perlu direncanakan penjurusan pemanfaatan yang seimbang. Penghutanan atau penghijauan daerah hulu untuk memugar atau melestarikan kemampuan sumberdaya tanah dan air, janganlah hendaknya hanya terasa manfaatnya oleh penduduk daerah hilir saja. Penghutanan jangan menimbulkan kesan atau dirasakan sebagai saingan usaha pertanian atau peternakan penduduk hulu. Manfaat waduk hendaknya juga dapat diratakan. Bagi penduduk yang berdiam di bawah waduk, manfaat waduk jelas untuk mencegah banjir dan memantapkan persediaan air sepanjang tahun. Bagi penduduk yang berdiam di sebelah atas dan di sekitar waduk, bangunan tersebut hendaknya dapat dimanfaatkan untuk mengembangkan usaha perikanan darat dan berbagai macam peningkatan penghasilan yang berkaitan dengan pengembangan usaha kepariwisataan. Jadi keserba-gunaan waduk harus pula mengandung makna pemerataan manfaaat waduk di antara penduduk hulu dan hilir. Hasil pembangkitan listrik dari PLTA kiranya perlu diperuntukkan pula bagi kepuasan penduduk pedesaan DAS yang bersangkutan, disamping penyalurannya ke kota-kota dan pusat-pusat industri di dalam DAS itu, dan bahkan sebelum diekspor ke daerah lain. Sampai sekarang arti ekonomi PLTA masih terlalu ditonjolkan di atas fungsinya.

Kenyataan yang kita alami sampai saat ini ialah, bahwa setiap pembangunan DAS yang melibatkan teknologi mahal (waduk, bendungan) selalu menimbulkan defisit **manfaat pada DAS hulu**. Penduduk DAS hulu digusur dari lahan usaha mereka, ditransmigrasikan dan ruang gerak mereka dibatasi dengan penciptaan kawasan-kawasan hutan lindung atau mereka diwajibkan menjalankan usaha-usaha pengawetan tanah dan air pada lahan usaha mereka, sehingga luasnya yang sudah terlalu sempit itu bertambah sempit

lagi yang mempan untuk berproduksi. Perlu sekali diciptakan suatu jalan untuk menghilangkan defisit manfaat pada DAS hulu itu. Pengurangan ruang gerak dan penyempitan luas lahan usaha yang mempan tidak usah berarti penurunan produksi total, asal diimbangi dengan peningkatan intensitas usaha. Peningkatan intensitas usaha menghendaki peningkatan masukan teknologi dan keterampilan serta biaya usaha. Listrik merupakan salah satu sarana penerapan teknologi maju yang penting, dan penyalurannya ke daerah hulu mudah di kerjakan. Maka penyaluran listrik merupakan bentuk suapbalik (*feedback*) yang sangat berguna dari daerah hilir ke daerah hulu, sebagai imbalan untuk dukungan DAS hulu yang telah diberikannya kepada DAS hilir. Peluang penerapan teknologi maju yang meningkat di DAS hulu harus didampingi dengan penyuluhan yang lebih giat dan penyediaan kredit usaha murah yang lebih lancar.

Rupa-rupanya dalam perencanaan pembangunan sampai sekarang ini, DAS hulu masih terasa di anak-tirikan dibandingkan dengan di DAS hilir. Berapa saja biaya yang telah dikeluarkan atau disediakan untuk mengembangkan kota-kota pelabuhan dan perdagangan, kawasan-kawasan industri, jaringan pengairan, pencetakan sawah, penanggulangan banjir, membangun jaringan jalan darat dsb., yang semuanya berada di daerah hilir. Pada biaya ini masih dapat ditambahkan biaya yang dikeluarkan untuk penghutan dan penghijauan, yang meskipun dikerjakan di daerah hulu, namun manfaat terbesar dimaksudkan untuk dirasakan oleh daerah hilir. Dalam keadaan seperti ini mudalah dimengerti mengapa kesediaan penduduk hulu untuk benar-benar menjalankan usaha pengawetan tanah dan air masih sangat lemah.

“Eksplorasi” DAS hulu untuk kepentingan DAS hilir dapat dikerjakan tanpa menimbulkan ketegangan sosial atau ketidak-adilan sosial, apabila:

1. DAS hulu ditutup sama sekali bagi pertanian rakyat.
2. Hanya usaha-usaha atau bentuk penggunaan lahan yang memiliki daya tahan hakiki (*intrinsic survival mechanism*) saja yang diperbolehkan berada di DAS hulu, seperti hutan alam, hutan budidaya dan perkebunan besar. Hutan ditopang oleh daur dakhil bahan dan energi secara alamiah, sedang perkebunan besar didukung oleh daur bahan dan energi buatan yang melibatkan masukan sarana produksi yang banyak (pupuk, obat-obatan, teknik agronomi, keterampilan mengelola). Jadi mekanisma bertahan hutan diberikan oleh alam, sedang pada perkebunan besar diberikan oleh struktur organisasi.

Tatacara (*procedure*) yang sering dipakai dalam pengelolaan fisik DAS termasuk dalam dua macam metoda, yaitu metoda **biologi** dan metoda **mekanik**. Keberhasilan pengelolaan fisik kerap kali ditentukan oleh kesudahan pengelolaan tatalaksana, yang menyangkut organisasi desa, kerjasama penduduk, proses komunikasi, lembaga kepemimpinan setempat, tataguna lahan dsb. kesudahan yang memuaskan biasanya terjadi atas pemaduan yang serasi antara pengelolaan fisik dan tatalaksana. Salah satu tatacara dalam metoda biologi ialah **penghijauan**. Pembuatan sengketan, undak (*terrace*), jalan air (*water way*) beserta bendung kendali (*check daun*), dan memperbaiki laju infiltrasi dan perkolasi dengan pengolahan tanah termasuk usaha-usaha mekanik. Ada usaha penting, akan tetapi pada waktu ini masih dinilai terlalu mahal untuk diterapkan secara luas, yang termasuk metoda kimiawi. Dalam usaha ini tanah dicampur dengan suatu bahan kimia buatan dengan maksud memantapkan agregasi zarah tanah, melonggarkan struktur tanah dan meningkatkan kemampuan tanah menyimpan lengas. Bahan kimia buatan ini diberi sebutan umum “artificial soil conditioners”. Bahan-bahan ini mempunyai struktur polimer tinggi (rantai kondensasi molekul panjang). Dalam percobaan-percobaan berskala kecil, bahan-bahan ini memperlihatkan kemampuan yang baik sekali untuk melawan erosi tanah dan meningkatkan ketersediaan lengas tanah bagi tanaman.

PENGHIJAUAN

Menurut pengertian yang umum dianut sekarang ini, antara “penghijauan” dan “penghutanan” tidak ada perbedaan hakiki. Perbedaannya hanya terletak pada tahanan (*status*) tempat kedua macam kegiatan ini dilakukan. Penghijauan dikerjakan pada kawasan pertanian, khususnya kawasan pertanian rakyat, sedang penghutanan dikerjakan pada kawasan hutan. Pengertian penghijauan bertambah kabur lagi setelah orang mencoba menyisipkan pengertian “*agroforestry*” ke dalam pelaksanaan penghijauan (Notohadiprawiro, 1980). Ada lagi rumusan yang membingungkan, yang menganjurkan untuk mempercepat usaha rehabilitasi tanah-tanah kritis dengan jalan meletakkannya di bawah kuasa langsung pemerintah dan **memasukkannya dalam kawasan hutan**. Juga disarankan untuk menggerakkan **inisiatif dan modal swasta** dalam mengusahakan tanah-tanah yang tidak produktif dengan jalan memberikan bantuan yang diperlukan dan insentif yang menarik (Alumni Home Coming Day III, Fakultas Kehutanan IPB, 1976). Rumusan dan anjuran ini jelas bernada bertolak belakang dengan salah satu pernyataan dalam

“Perintjian Kebedjaksanaan dan Rentjana Kerdja Departemen Kehutanan” (1966) yang menegaskan, bahwa pemakaian tanah sebagai kesatauan modal dan alat produksi harus memiliki fungsi sosial dan ekonomi bagi **kesejahteraan rakyat**.

Apa yang dikemukakan di atas sama sekali tidak mengandung maksud menyinggung pihak-pihak tertentu, melainkan sekedar memberikan gambaran tentang betapa konsep kita tentang penghijauan masih sangat kabur. Bahkan barangkali kita belum mempunyai konsep sama sekali. Ketiadaan konsep bolehjadi paling nyata tergambar pada cara penilaian keberhasilan penghijauan menurut ketentuan resmi. Ketentuan itu menyebutkan, bahwa masa penilaian berlangsung selama dua tahun. Tingkat keberhasilan diukur menurut persen penghijauan yang dikerjakan. Ukuran “jadi” didasarkan atas luas lahan yang “tertutup”, jumlah tanaman yang tumbuh dan keadaan pertumbuhan tanaman penghijauan yang dikerjakan. Ukuran “jadi” didasarkan atas luas lahan yang “tertutup”, jumlah tanaman yang tumbuh dan keadaan pertumbuhan tanaman penghijauan. Kriteria berhasil ialah persen tumbuh tanaman secara purata 35 % atau lebih. Padahal futsal 3 Inpres 14/1979, misalnya, tegas menyebutkan, bahwa bantuan penghijauan diberikan dengan **tujuan menyelamatkan kelestarian sumber alam tanah dan air** (termasuk hutan dalam hal penghutanan), terutama di daerah kritik. Batasan “kritik” menurut Inpres Bantuan Penghijauan ialah : (1) Ditinjau dari segi hidro-orologi dapat membahayakan kelangsungan pembangunan dalam suatu DAS atau wilayah lain, atau (2) Keadaan penutupan tanah sedemikian rupa buruk, sehingga mengalami tingkat erosi yang tinggi atau penurunan produktivitas yang cepat dan/atau merusak mutu lingkungan hidup perairan sekitarnya. Lokakarya Pemilihan Jenis Tanaman Reboisasi, Penghijauan, Peremajaan Hutan Alam yang Diusahakan dan Pembentukan Hutan Rakyat (1979) menyebutkan, bahwa penghijauan mencakup pula pembuatan bangunan pencegahan erosi dan dimaksudkan untuk mengawetkan tanah, disamping tujuan lain, misalnya penyediaan makanan ternak. Jelaslah, bahwa kriteria dan masa penilaian sama sekali tidak gayut dengan maksud penghijauan. Hal seperti ini hanya dapat terjadi karena ketiadaan konsep yang matang, yang mampu mengatur dan mengendalikan tatalaksana penghijauan.

Sebenarnya penghijauan adalah suatu kegiatan yang mengandung dua tujuan pokok yang saling berkaitan erat: (1) Memasukkan gatra ekologi atau pelestarian lingkungan dalam usahatani dan dalam membina daerah pemukiman, dan (2) Meningkatkan produktivitas usahatani dan pekarangan serta membuat nyaman lingkungan tempat tinggal. Mengingat tujuan-tujuan itu jelaslah, bahwa penghijauan merupakan unsur tataguna lahan,

dan karena itu berciri tempat dan waktu. Hakekat penghijauan ialah metode biologi untuk membenah tataguna lahan. Metode mekanik yang sering disertakan pada penghijauan, yaitu penyengketan dan pengundakan lereng, serta pembuatan saluran pembuang air turah dari aliran permukaan, merupakan usaha pendukung (*suplementary*) atau pelengkap (*complementary*). Dengan menyertakan tatacara fisika tanah yang lebih mempan untuk menanggulangi erosi tanah dan pengawetan lengas tanah, a.l. pembongkahan tanah bero, memulsa, menggarap tanah bawahan (*subsoiling*), dan penggunaan “soil conditioners”, penghijauan dapat ditingkatkan menjadi usaha pengawetan tanah dan air yang lengkap.

Penghutanan dan penghijauan harus berbeda, tidak saja dalam hal tahana atau peruntukan lahannya, akan tetapi terutama daalam konsep dan penghampirannya (*approach*). Penghutanan (*reboisasi, reforestation*) pada dasarnya bermaksud membangun kembali atau mengembangkan suatu masyarakat tumbuhan berupa hutan. Pengertian “hutan” di sini sesuai dengan ketentuan struktur vegetasi dan fisiognomi, atau menurut watak ekologinya. Menurut gawainya, hutan dapat dipisahkan menjadi hutan lindung dan hutan produksi. Perkebunan dapat disejajarkan dengan hutan produksi. Penghijauan dimaksudkan untuk membangun kembali atau memperbaiki atau membenahi suatu sistem gawai (*functional system*) yang beranasirkan manusia, tanaman (dengan atau tanpa ternak), dan anasir-anasir fisik lahan. Secara singkat sistem gawai tadi boleh dinamakan **ekosistem pedesaan**.

Maka dari itu di dalam kegiatan penghutanan, Pemutusan yang berkaitan dengan perencanaan komperhensif pada dasarnya hanya terbagi menjadi dua kategori, yaitu **alternatif tehnik** dan **pilihan ekologi**. Di dalam penghijauan, sebagai salah satu bagian pengelolaan ekosistem pedesaan, diperlukan tiga kategori pemutusan yang berkaitan dengan perencanaan komperhensif. Ketiga kategori itu ialah **alternatif tehnik, pilihan ekologi**, dan **pilihan kelembagaan** atau **organisasi sosial dan budaya** (*technical alternatives, ecological choeces, institusional choices or social and cultural organization; Michigan State Univ., 1976*).

Di dalam penghijauan yang sekarang berjalan, alternatif tehnik dapat dikatakan tidak ada. Semua telah digariskan dalam Keputusan, Petunjuk Pelaksanaan dsb. Jumlah baku tanaman pokok penghijauan ialah 400 pohon/ha. Jumlah baku tanaman penguat undak (*terrace*) ialah 2.000 batang/ha. Jarak antar tanaman undak purata (pukulrata; *average*) 10 m, atau panjang total undak 1.000 m/ha, tanpa mengingat kemiringan lereng,

kemampuan tanah (terutama erodibilitasnya) dan erosivitas hujan. Pilihan ekologi lebih longgar, meskipun baru pada jenis tanaman yang dapat ditanam dan belum mencakup sistem pertanaman (*cropping system*). Pilihan kelembagaan sama sekali tidak disediakan. Penghijauan dilaksanakan dalam bentuk proyek dengan organisasi ketat yang sudah ditentukan dari atas dan disodorkan kedalam lingkungan pedesaan. Penghijauan tidak ditumbuhkan dari dalam masyarakat desa sendiri, sehingga tidak memiliki hakekat sebagai jelmaan perkembangan ekosistem pedesaan. Hal semacam ini tidaklah terlalu buruk, kalau saja alternatif teknik disediakan secara cukup.

Penghijauan perlu menggunakan konsep “agroforestry”. Yang diartikan dengan agroforestry menurut King (1979) ialah “suatu sistem pengelolaan lahan yang mantap, yang meningkatkan hasil panen lahan dengan jalan menggabungkan penghasilan pertanaman, termasuk pertanaman pepohonan, pada tanaman hutan dan/atau ternak secara tumpang-sari atau bergiliran pada sebidang lahan yang sama, dan menerapkan tatacara pengelolaan yang **selaras dengan yang biasa dikerjakan oleh penduduk setempat**. Sistem pengelolaan lahan berupa agroforestry mempunyai dua tujuan pokok yang saling berhubungan, yaitu pengawetan dan perbaikan loka (*site*), dan pada waktu yang bersamaan mengoptimumkan produksi gabungan pertanaman pertanian dan kehutanan. Dengan istilah Oldeman (1979) hal itu disebutnya “penyalarasan gatra-gatra jangka pendek dan jangka panjang dari sistem produksi biologi”. Gatra jangka pendek, yang biasanya memiliki irama produksi cepat dengan pertanaman semusim, terdapat dalam usaha pertanian. Gatra jangka panjang berirama produksi lambat dengan pertanaman tahunan, terdapat dalam usaha kehutanan atau perkebunan. Wassink (1977) menyebutnya “kerjasama antara pertanian dan kehutanan demi manusia dan lingkungannya”. Agroforestry juga bertujuan memanfaatkan tenaga kerja yang tersediaan secara sebaik-baiknya. Ia merupakan suatu sistem pertanian yang anasir pertaniannya bergawai menghasilkan hasil panen pokok, sedang anasir hutannya bergawai menciptakan lingkungan hidup yang serasi sambil menghasilkan hasil panen tambahan.

King (1979) mengatakan, bahwa sistem agroforestry hendaknya dilaksanakan terutama pada lahan yang kritis secara ekologi, yang berharkat tepian (*marginal*) untuk pertanian. Lahan seperti itu sebenarnya secara hakiki tidak memiliki kemampuan untuk diusahakan menghasilkan hasil panen pertanaman pertanian secara lestari. Lahan itu terpaksa harus diikuti-sertakan dalam kegiatan produksi pertanian untuk membantu menopang kehidupan penduduk yang tidak sedikit jumlahnya. Jadi secara tersirat,

agroforestry merupakan suatu upaya yang dapat memperluas lahan usaha pertanian ke lahan-lahan yang semula tidak memiliki harkat sebagai lahan pertanian. Sekali lagi perlu ditekankan, bahwa agroforestry harus dapat **membraur dengan praktek pertanian setempat** .

Kalau konsep agroforestry akan diterapkan pada penghijauan maka suatu lahan alang-alang di dataran, yang tanahnya memiliki harkat kemampuan di atas tepian (*marginal*), tidak perlu dicakup dalam program penghijauan. Di sini dapat diusahakan pertanian biasa yang menggunakan tata cara pengusahaan yang produktif, karena persoalan yang dihadapi bukan kekritikan fisik atau ekologi, melainkan kekritikan dayaguna.

Selama ketiga kategori pemutusan dalam perencanaan komprehensif belum terpenuhi dalam program penghijauan maka kita tidak usah heran apabila kesudahan (*result*) penghijauan cepat hilang begitu proyek menghentikan kegiatannya. Ketiadaan ketiga kategori pemutusan itu menyebabkan ketiadaan kaitan antara penghijauan dan sistem pertanian setempat. Maka penghijauan perlu sekali dirombak sehingga menjadi bagian terpadu dari apa yang disebut “ pengelolaan dan perancangan bentang lahan pedesaan” (*rural-landscape design and management*) dalam kaitannya dengan persoalan penggunaan lahan dan pengelolaan sumberdaya yang lain menurut jamannya, yang menjadi kepentingan golongan-golongan pemakai yang bersangkutan (*rural-landscape design and management in the context of contemporary land use and other resource management problem of concern to relevant ‘user group’*; Michigan State Univ., 1976).

Perbaikan taraf keberhasilan usaha penghijauan harus dimulai dari **perbaikan konsep**, yang mencakup hal-hal sebagai berikut :

1. Penghijauan bukan tujuan, melainkan suatu penyiapan keadaan yang perlu untuk pangkal tolak penyelesaian persoalan hakiki, yaitu pembenahan tataguna lahan dan perubahan pandangan dan gaya penduduk DAS hulu.
2. Kerusakan lahan atau kemunduran produktivitasnya harus dipandang dari segi ketimpangan hubungan antara sistem produksi dan sistem konsumsi, sehingga penghijauan harus berpiajak atas kenyataan ini.
3. Penghijauan bukan penghutanan di atas lahan pertanian atau lahan rakyat, dan sebaliknya juga benar, bahwa penghutanan bukan penghijauan di atas lahan hutan.
4. Persoalan erosi, kemunduran kemampuan sumberdaya air dan kerusakan sumberdaya hayati merupakan akibat mantik (*logical*) dari benturan antara sistem buatan dan sistem

alamiah, yang di daerah atas lebih mudah berkembang menjadi gawat, karena sistem alamiah di daerah itu pada dasarnya lebih lemah daripada di daerah bawahan. Hal ini disebabkan karena lahan atas merupakan pengeksport bahan dan energi, sedang lahan bawahan justru merupakan pengimpor bahan dan energi. Maka dari itu kelalaian penduduk bukanlah faktor satu-satunya yang harus diperhatikan.

Langkah berikutnya ialah **perbaikan organisasi**, yang mencakup :

1. Menalarkan dan menyederhanakan proses perencanaan, perancangan, pelaksanaan, penilaian dan pemutusan tindakan.
2. Bagian-bagian organisasi berupa penyusun kebijaksanaan, pengawasan, penilaian, perencanaan, perancangan, pelaksanaan dan pertimbangan atau penasihat, harus jelas dan terbatas tegas.
3. Sejalan dengan perkembangan kesudahan penghijauan di suatu wilayah, penduduk yang langsung terlibat atau yang berkepentingan secara berangsur diberi peranan yang makin penting, sehingga dari kedudukan sebagai obyek beralih menjadi subyek.
4. Membentuk organisasi tani penghijauan yang dapat bergawai secara malar (*continuous*) dan mandiri di bawah bimbingan proyek. Pada waktunya nanti organisasi ini ditingkatkan menjadi organisasi tani pengawetan tanah dan air. Pada tingkatan perkembangan ini, setelah seluruh daerah kerja lengkap dicakup dalam sejumlah kelompok tani pengawetan tanah dan air, proyek penghijauan atau PPPRD DAS menjadi koordinator antar kelompok tersebut.

Langkah selanjutnya ialah **perbaikan pelaksanaan**, yang mencakup:

1. Perbaikan sistem penilaian kesudahan penghijuan, yang harus bersumber pada konsep penghijauan yang benar. Mengembangkan sistem pemonitor.
2. Memberikan alternatif teknik dan pemilihan ekologi yang cukup longgar untuk lebih mudah memenuhi kebutuhan dan keinginan penduduk serta lebih sesuai dengan pertimbangan teknik menurut keadaan fisik setempat. Tiap-tiap DAS dapat menyusun hakikinya.
3. Oleh karena penghijuan bukan tujuan melainkan prasyarat maka perlu segera ditindak lanjuti dengan usaha-usaha meningkatkan produktivitas usahatani, yang merupakan sasaran utama, setelah kesudahan penilaian menunjukkan keberhasilan penghijauan.

LAHAN KRITIK DAN EROSI TANAH

Pada penggunaan istilah “lahan kritik”, perlu dijelaskan tentang segi kekritikannya. Ada lahan yang kritik (gawat) menurut keadaan **fisiknya**. Lahan mengalami rusak berat, sehingga harkat kemampuannya berada jauh di bawah harkat tepian. “Rusak” dapat berarti:

1. Tanahnya tererosi berat (tanah bawahan atau bahan induk tersingkap, atau teriris-iris dalam dan rapat parit-parit erosi).
2. Tanahnya mengalami penimbunan yang merusak (*detrimental deposition*).
3. Tanahnya terdegradasi berat karena:
 - 3.1. Pelindian (*leaching*).
 - 3.2. Penggaraman.
 - 3.3. Pemasaman (pembentukan tanah sulfat masam).
 - 3.4. Alkalinitas yang sangat meningkat (pengembangan tanah sodik).
 - 3.5. Pelonggokan racun tanaman (Al, B).
 - 3.6. Gleisasi
 - 3.7. Kehancuran struktur karena dispersi kuat, atau karena pemampatan.
 - 3.8. Pendangkalan jeluk mempan (*effective depth*) karena penebalan lapisan padas.
 - 3.9. Kehilangan daya serap air atau daya simpan lengas tanah karena pengeringan yang tak-terbalikkan (*irreversible desiccation*) sebagai akibat pengatusan lampau batas (mudah terjadi pada tanah gambut).
4. Sumber air mengering karena neraca hidrologi rusak.
5. Sumber air mengalami pencemaran atau kemerosotan mutu.

Tiap macam kerusakan memerlukan penyembuhan yang berbeda, demikian pula tingkat upaya penyembuhannya. Juga tingkat akibat terhadap produktivitas budidaya tanaman dari tiap bentuk kerusakan tidak sama. Karena itu kegawatan fisik pun tidak dapat disama-ratakan.

Ada kekritikan karena **tataguna yang tidak produktif**. Misalnya, lahan yang dibiarkan tertumbuhi alang-alang atau gulma yang lain, atau dibiarkan bero terus menerus (*idle*). Bahkan lahan yang tertutup hutan rapat harus dinilai gawat dari segi tataguna lahan apabila:

1. Hutan itu tidak mempunyai gawai pelindungan apapun, atau

2. Lahan mempunyai kemampuan yang jauh lebih serasi untuk dimanfaatkan menghasilkan komoditi pertanian (kelapa, karet, padi dsb.) daripada dibiarkan tertutup hutan.

Jadi di sini kegawatan terletak pada pengangguran lahan atau penggunaan lahan di bawah kemampuannya. Lahan hutan dan alang-alang jelas tidak kritik dilihat dari segi fisik. Memang benar, bahwa lahan yang kritik dari segi fisik dengan sendirinya juga kritik dari segi produktivitas.

Lahan dapat pula dinilai kritik dari segi **geografi**. Penilaian ini didasarkan atas nisbah (*ratio*) luas lahan terhadap jumlah penduduk yang terlalu kecil. Jadi persoalannya ialah kelemahan daya dukung yang berkaitan dengan ketimpangan imbalan sumberdaya dan kebutuhan manusia. Kekritikan geografi dapat menyangkut sumberdaya tanah, sumberdaya air, atau gatra ruang dari lahan.

Penunjukan macam kekritikan lahan secara tepat diperlukan sekali dalam pengelolaan DAS. Kekritikan tataguna lahan secara nisbi paling ringan dalam penanganannya, sedang yang paling berat ialah kekritikan fisik. Kekritikan fisik, di samping menimbulkan kekritikan produktivitas, juga menimbulkan kekritikan geografi. Dengan penunjukan macam kekritikan secara tepat, alternatif teknik, pilihan ekologi dan pilihan kelembagaan dapat ditetapkan secara baik sesuai dengan kebutuhan yang benar, dan tidak terjadi limbah (*waste*) biaya dan rancangan (*design*). Dengan rancangan yang mempan (*effective*) menurut teknik dan jitu (*efficient*) menurut biaya dan waktu, pemborosan biaya masyarakat (*overhead cost*) dapat dicegah dan pengertian, kepercayaan serta keikut-sertaan masyarakat dapat ditimbulkan secara kuat dan malar (*continuous*). Pada kenyataannya, pengenalan persoalan secara jelas dan mendalam serta penyusunan rancangan penyelesaian persoalan yang cermat, masih merupakan kelemahan kita yang menonjol.

Tidak semua erosi membahayakan. Yang dinamakan *erosi geologi* atau *erosi alamiah* justru bermanfaat bagi kelangsungan kesuburan tanah. Erosi ini berlangsung kira-kira selaju pembentukan tanah dari bahan induk tanah. Lapisan tanah atasan yang telah habis terlapuk atau terkuras oleh pertanaman atau pelindian secara berangsur dikikis oleh erosi dan diganti secara setara dengan yang baru, hasil pembentukan tanah. Dengan demikian tebal tanah dapat dipertahankan. Erosi yang berbahaya ialah **erosi tanah**, karena berlangsung lebih cepat daripada laju pembentukan tanah. akibatnya ialah tanah secara

lambat laun menipis dan akhirnya dapat habis sama sekali, dan tinggal bahan induknya saja. Bahkan bahan induk dapat juga ikut terkikis dan tinggallah batuan dasar. Biasanya erosi alamiah mengalami percepatan sehingga menjadi erosi tanah karena kesalahan orang mengelola tanahnya. Akan tetapi ada pula erosi tanah yang timbul karena sebab-sebab alamiah. Misalnya, di tempat-tempat dengan lereng yang sangat terjal, atau di tempat-tempat yang keadaan iklimnya tidak menguntungkan bagi kelancaran proses pembentukan dan/ atau kesuburan pertumbuhan vegetasi asli penutup tanah, atau di tempat-tempat yang batuan dasarnya sangat tahan terhadap pelapukan yang mengakibatkan proses pembentukan tanah berjalan luar biasa lambat.

Pada lereng yang sangat terjal, kesempatan sangat kecil bagi air hujan untuk meresap ke dalam tanah, sehingga sebagian besar mengalir sebagai aliran permukaan. Aliran permukaan yang banyak dan deras memiliki erosititas tinggi. Karena pengisian lengas tanah sedikit maka proses pembentukan tanah terhambat dan vegetasi asli penutup tanah tidak dapat berkembang rapat. Tanah yang berada pada lereng yang terjal menjadi goyah karena tidak memiliki alas penumpu yang cukup kuat untuk melawan tarikan kakas berat (*gravitational force*). Maka dari itu di tempat-tempat seperti ini tanah menjadi rentan terhadap erosi, walaupun tidak diusik oleh manusia. Di tempat-tempat yang keadaan lingkungannya tidak mendorong kelancaran pembentukan tanah dan/ atau kesuburan pertumbuhan vegetasi penutup asli maka peningkatan curah hujan sedikit saja telah cukup untuk menimbulkan erosi tanah, sekalipun kemiringan muka lahan tidak terlalu besar. Erosi semacam ini banyak terjadi di daerah-daerah yang musim hujannya sangat pendek dengan hujan-hujan yang sangat deras dan singkat, serta neraca airnya memperlihatkan masa defisit air yang panjang. Pembentukan tanah dan pertumbuhan vegetasi penutup asli juga dapat dihambat oleh iklim yang mempunyai suhu udara rata-rata setahun cukup rendah. Oleh sebab inilah di daerah pegunungan tinggi sering kita liat lapangan batuan dasar yang gundul tanpa lapisan tanah sedikit pun. Batuan dasar yang sukar sekali lapuk, di samping sangat menghambat pembentukan tanah, juga merupakan habitat yang tidak cocok untuk pertumbuhan vegetasi penutup. Maka erosi sedikit saja sudah mudah melampaui laju pembentukan tanah.

Disamping erosi dapat terjadi pula **longsor** **lahan** (*landslide, landslip*), **rayapan** (*creep*), **nendatan** (*slump*) dan **lawina** (*avalanche*). Pada erosi, tanah terkikis sedikit demi sedikit. Pada longsor, tubuh tanah terpindahkan secara serentak, sering bersama-sama dengan bahan induk dan batuan dasar dapat pula terikutkan. Lawina mirip dengan

longsor terjadi pada waktu ikatan antar lapisan tanah lepas atau menjadi terlalu lemah. Pelepasan atau pelemahan ikatan ini disebabkan karena air, dan dapat juga karena getaran bumi. Hutan sering mendorong longsor karena biomasnya menambah massa beban, dan memudahkan air meresap ke dalam tanah yang dapat mendorong ikatan antar lapisan tanah. Rayapan ialah aliran kental bahan tanah yang jenuh air di bawah kuasa tegangan geser (*shear stress*) yang dihasilkan oleh kakas berat, yang cukup untuk menghasilkan deformasi tetap, akan tetapi belum cukup untuk menimbulkan kegagalan geser (*shear failure*) seperti pada longsor. Jadi rayapan boleh disebut longsor yang berjalan sangat lambat. Nendatan mirip longsor, hanya saja terjadi pada permukaan luncuran yang cekung dan karena itu sambil meluncur ke bawah melakukan pula gerakan berputar ke arah belakang pada sumbu putar mendatar yang sejajar dengan jurus lereng (*strike*). Lereng yang terkena nendatan akan memperoleh bentuk undak.

Semua kejadian-kejadian tersebut di atas, longsor, rayapan, nendatan dan lawina, meskipun dapat saja tergiatkan oleh tindakan manusia, pada dasarnya merupakan proses alam yang terkait pada keadaan lahan, terutama pada keadaan geologi dan tanah yang khas, dan digerakkan oleh sifat lereng dan hujan. Vegetasi penutup dapat berpengaruh atau tidak. Sudah pula dijelaskan, bahwa erosi yang merusak dapat saja terjadi karena sebab-sebab alam. Maka **tidaklah pantas kalau semua kerusakan lahan ditimpakan pada manusia.**

Tidaklah benar, bahwa pengelolaan DAS harus dapat menghentikan sama sekali erosi tanah, seperti yang hendak dicapai oleh proyek-proyek penghutan dan penghijauan. Erosi tanah mempunyai apa yang dinamakan batas yang **terijinkan** atau **terbolehkan** (*tolerable or permissible erosion*). Pengolahan tanah dapat mempercepat laju pembentukan tanah. Maka dari itu erosi boleh melaju lebih cepat daripada erosi geologi. Erosi terbolehkan ialah laju pengikisan tanah yang **setara dengan taraf kerugian kesuburan tanah maksimum, yang masih terimbangi oleh usaha-usaha pengawetan dan pelestarian kesuburan tanah, tanpa mengekang si-pengusaha lahan untuk memperoleh pendapatan bersih yang memadai** (Notohadiprawiro *dkk.*, 1980). Laju erosi terbolehkan tergantung a.l. pada peluang untuk memacu pembentukan tanah dengan pengolahan tanah, cadangan bahan induk tanah yang tersediakan, dan luas serta intensitas dampak erosi di lahan atasan atas kepentingan-kepentingan masyarakat yang berada di

baruh (lahan bawahan; *lowland*). Kalau ada waduk yang harus dilindungi terhadap pengikisan lumpur yang terlalu cepat maka ukuran erosi terbolehkan di lahan atasannya harus dikecilkan. Untuk kawasan Waduk Wonogiri telah dihitung pendekatan laju erosi terbolehkan sebesar 10 t/ha/th dan ini sama dengan 1mm/th (Notohadiprawiro dkk., 1980). Kalau tidak ada waduk yang harus dilindungi, erosi terbolehkan dapat ditinggikan sedikit. Nilai purata untuk Amerika Serikat ialah 12,5 t/ha/th (Bennett, 1939), untuk kawasan Afrika Tengah 10t/ha/th pada tanah pasiran dan 12,5 t/ha/th pada tanah lempungan (Hudson, 1971), dan untuk Malaysia 20 t/ha/th (Morgan, 1979).

Tidak dianjurkan mengendalikan erosi pada semua lahan usaha hingga taraf erosi geologi karena (1) biaya terlalu mahal, (2) terlalu banyak usaha yang harus dicurahkan, dan yang terpenting (3) mengekang keleluasaan memilih usaha yang lebih serasi dengan kebutuhan, keinginan atau selera pengusaha lahan atau masyarakat pengelola lahan.

Untuk menduga kerentanan lahan terhadap erosi, orang biasa memakai Persamaan Umum Kehilangan Tanah (PUKT; Universal Equation of Soil Loss), yaitu

$$A = RKLSCP$$

yang A ialah kehilangan tanah dalam t/ha/th, R ialah indeks erosivitas hujan (EI_{30}), K ialah faktor erodibilitas tanah, L ialah faktor panjang lereng, S ialah faktor landaian lereng, C ialah faktor pengelolaan pertanaman, dan P ialah faktor penerapan usaha pengendalian erosi. C ditentukan oleh pola bercocok tanam dan jenis tanaman yang ditanam selama setahun. Misalnya, rumput sepanjang tahun dengan taraf penutupan muka tanah 80% mempunyai nilai faktor C 0,013; jagung sekali setahun yang diapit oleh masa bero dengan vegetasi penutup rapat mempunyai nilai faktor C 0,208. Nilai faktor P untuk bertanam menjalur kontur ialah 0,40, untuk undak 0,16, dan tanpa usaha pengendalian erosi sama sekali 1,00 (Notohadiprawiro dkk., 1980).

PENUTUP

Apapun tujuan dan harapan pengelolaan DAS, satu hal tidak boleh diabaikan, yaitu rencana pengawetan dan pelestarian dawai DAS sebagai sumberdaya tidak boleh menghilangkan hak para pengusaha lahan untuk menentukan pilihan usaha yang pada kenyataannya dapat memberikan keuntungan lebih baik bagi diri dan keluarganya. Kewajiban proyek atau badan pengelola DAS adalah mengatur agar supaya tidak terjadi

benturan atau persaingan kepentingan antar pilihan dan semua pilihan dapat didudukkan dalam kerangka peningkatan dan pelestarian dayaguna DAS sebagai satuan ekologi dan sumberdaya.

Dalam mengatur atau membimbing penatagunaan DAS, perlu digunakan pengertian **ketergantian faktor** (*factor replaceability*). Yang diartikan dengan ketergantungan faktor ialah **pergantian sifat dari sejumlah faktor yang tidak mengubah mutu lahan yang ditentukan oleh kombinasi faktor-faktor tersebut**. Misalnya, curah hujan yang tinggi dan berlangsung lama tidak akan menimbulkan bahaya banjir atau penggenangan lahan di tempat yang bersangkutan, apabila berkombinasi dengan timbunan yang berlereng dengan kemiringan besar dan/atau dengan tanah yang mempunyai laju infiltrasi dan perkolasi cepat. Bahaya banjir atau penggenangan lahan juga tidak akan terjadi, sekalipun timbunan berbentuk datar atau cekung dan tanah mempunyai daya hantar air lambat, apabila berkombinasi dengan curah hujan rendah dan berlansung singkat. Jumlah ketersediaan lengas tanah akan cukup dalam kawasan iklim setengah kering, jikalau tanah mempunyai daya simpan lengas yang tinggi (a.l. karena kandungan bahan organik tinggi dan bertekstur lempungan).

Salah satu hakekat pembangunan ialah menyediakan pilihan lebih banyak dalam kehidupan masyarakat dan bersamaan dengan itu meningkatkan kemampuan dan keleluasaan anggota masyarakat untuk memilih. Pada gilirannya, keserbanekaian pilihan itu akan memacu pembangunan lebih lanjut.

ACUAN

- Bennet, H.H. 1939. Soil conservation. McGraw-Hill. New York.
- Brinkman, R. & Smyth, A.J., editors. 1973. Land evaluation for rural purposes. ILRI Publ. No. 17. Wageningen.
- Cooley, K.R., Myers, L.E., & Frasier, G.W. 1970. Lower cost water harvesting methods. Proc. Symp. Interdisc. Aspects Watershed Man. Mon. State Univ. h. 27-41. Amer. Soc. Civ. E. New York.
- Dawes, J.H. 1970. Influence of soils on water yield. Proc. Symp. Interdisc. Aspects Watershed Man. Mon. State Univ. h. 85-90. Amer. Soc. Civ. E. New York.
- Dent, J.B. Blackie, M.J., & Harrison, S.R. 1979. System simulation in agriculture. Appl. Sci. Publ. Ltd. London.
- Dep. I. Tanah Fak. Pertanian UGM. 1980. Laporan akhir penyelidikan model tes konservasi air di wilayah pengembangan sungai Cimanuk, Jawa Barat . Proyek Pengembangan Wilayah Sungai Cimanuk. Dit. Jen. Pengairan, Dep. P.U.

- Dep. Kehutanan. 1966. Perintjian kebidjaksanaan dan rentjana kertja. Buku ke-6, Reboisasi dan Penghijauan.
- De Santo, R.S. 1978. Concepts of applied ecology. Springer-Verlag. New York.
- Desaunettes, J.R. 1977. Catalogue of landforms for Indonesia. Trust Fund GOI & FAO. Working paper No. 13.
- Fak. Kehutanan IPB. 1976. Perbaikan lingkungan hidup dan peningkatan kesejahteraan masyarakat melalui serbaneka usaha kehutanan. Perumusan Seminar Alumni Home Coming Day III.
- Hudson, N. 1971. Soil conservation. B.T. Badsford Ltd. London.
- ILRI. 1977. A Framework for land evaluation. Int. Inst. Land. Recl. Improv. Wageningen.
- King, K.F.S. 1979. Agroforestry. A new system of land management. Proc. 50th Symp. Troop. Agr. Bull. 303. Kon. Inst. Tropen. Amsterdam. h. 1-10
- Leopold, L.B., Wolman, M.G., & Miller, J.P. 1964. Fluvial processes in geomorphology. W.H. Freeman and Co. San Francisco.
- Lokakarya Pemilihan Jenis Tanaman Reboisasi, Penghijauan, Peremajaan Hutan Alam yang Diusahakan dan Pembentukan Hutan Rakyat. 1979. Yogyakarta.
- Martin, G.L. 1970. Introduction. Proc. Symp. Interdisc. Ascept Watershed Man. Mon. State Univ. h. 1-2. Amer. Soc. Civ. E. New York.
- Meinzer, O.E. 1942. Ground water. Dalam : Meinzer, O.E., editor, Hydrology. Ch. XA. Dover Publ., Inc. New York.
- Menard, H.W. 1974. Geology, resources, and society. W. H. Freeman and Co. San Fransisco.
- Michigan State Univ. 1976. Design and management of rural ecosystems. ASRA Information Resources, National Science Foundation. Washington, D. C.
- Morgan, R. P. C. 1979. Soil erosion. Longman. London.
- Nelson, A. & Nelson, K. D. 1973. Dictionary of water and water engineering. Butterworths & Co, Ltd. London.
- Notohadiprawiro, T. 1977. Suatu cara pengharkatan cepat tapak darat (*land site*) bagi pendirian pemukiman baru. Kongres Nasional Ilmu Tanah II. Himpunan Ilmu Tanah Indonesia. Yogyakarta.
- _____ 1980. Penghijauan : kontroversi yang berkepanjangan. Seminar Penghijauan P. I. P. R. /R. S. D. C. Yogyakarta.
- _____, & Drajad, M. 1980. Rancangan klasifikasi kemampuan lahan untuk permukiman ketanian. Rancangan Pertama. Dep. I. Tanah, Fak. Pert. UGM. Belum diterbitkan.
- _____, Sukodarmodjo, S. , & Dradjad, M. 1980. Beberapa fakta dan angka tentang lingkungan fisik waduk Wonogiri dan kepentingannya sebagai dasar pengelolaan. Lokakarya Pengembangan dan Pelestarian Wilayah Waduk Wonogiri. Tawangmangu.
- Oldeman, R. A. A. 1979. Blueprints for a new tropical agroforestry tradition. Proc. 50th Symp. Trop. Agr. Bull. 303. Kon. Inst. Tropen. Amsterdam. h. 25-34.

- Roy, K. & Arora, D. R. 1973. Technology of agricultural land development and water management. Satya Prakashan. Tech. India Publ. New Delhi.
- Soepraptohardjo, M. & Robinson, G. H. , editors. 1975. A proposed land capability appraisal system for agricultural uses in Indonesia. Soil Res. Inst. Bogor.
- Steele, J. G. 1967. Soil survey interpretation and its use. Fao Soils Bull. No. 8.
- Storie, R. E. 1964. Handbook of soil evaluation. Assoc. Students Store. Univ. Calif. Berkeley.
- Spedding, C. R. W. 1979. An introduction to agricultural systems. Appl. Sci. Publ. Ltd. London.
- Wassink, J. T. 1979. Agroforestry, een samenspel van land- en bosbouw ten behoeve van de mens en zijn milieu. 67e Jaarverslag Kon. Inst. Tropen. Amsterdam.

«»