

# PERANAN ILMU TANAH DALAM MENUNJANG PENGELOLAAN DAERAH ALIRAN SUNGAI <sup>1</sup>

Tejoyuwono Notohadiprawiro

## Ringkasan

Daerah aliran sungai (DAS) dapat diartikan “keseluruhan kawasan pengumpul suatu sistem sungai tunggal”. DAS membekali suatu jaringan pengatus tertentu dengan air beserta bahan yang tersuspensi dan zat yang terlarut di dalam air. Pertama-tama DAS merupakan suatu kesatuan hidrologi yang menjadi sumber air bagi regim sungainya. Berdasarkan konsep katena DAS juga merupakan suatu kesatuan bentangtanah (soilscape) yang menjadi sumber bahan sedimen yang mendampar (aggrade) bagian hilir regim sungainya. Bahan sedimen ini menjadi bahan induk tanah-tanah modern di hilir. DAS mencakup kisaran tinggi tempat dan pada umumnya bertopografi beraneka. Ada korelasi kuat antara suhu udara dan tinggi tempat dan dalam kawasan iklim tropika monsun, seperti Indonesia, kebanyakan hujan bersifat orografik. Oleh karena suhu udara dan terutama curah hujan merupakan unsur-unsur iklim terpenting untuk Indonesia, dapat dikatakan bahwa DAS terciirikan pula oleh landaian (gradient) iklim.

DAS merupakan suatu sistem lahan yang lengkap secara fisik dan terbatas jelas. Di dalamnya dapat dijumpai berbagai kombinasi topografi, tanah, hidrologi dan iklim. Karena semua faktor fisik erosi memuncak di dalam DAS maka pada dasarnya DAS rentan terhadap erosi. Segala fakta ini menjadi landasan pertama pengelolaan DAS. DAS menjadi bagian integral regim sungainya dan merupakan bagian hulunya. Maka setiap campur tangan orang dalam DAS akan memberikan dampak yang diekspor ke bagian-bagian lain, sehingga pengelolaannya harus mengingat pula kepentingan yang ada dalam bagian-bagian lain itu, disamping kepentingannya sendiri sebagai sumberdaya yang harus dapat dimanfaatkan sebaik-baiknya.

Ilmu tanah dengan kemampuannya menyidik, meramalkan dan mengendalikan kelakuan tanah, baik berkaitan dengan erosi dan konsekuensi sedimentasinya maupun dengan dinamika air, dengan sendirinya berperan penting sekali dalam menunjang pengelolaan DAS. Kecakapannya dalam mengkorelasikan tanah secara regional menjadi landasan kuat ekstrapolasi penemuan dan pengalaman. Barangkali lebih benar kalau

---

<sup>1</sup> Lokakarya Pengelolaan Daerah Aliran Sungai di Yogyakarta, 2-5 Oktober 1985.

dikatakan bahwa ilmu tanah harus menjadi salah satu pemeran utama dalam mengelola DAS.

## **Pendahuluan**

Dalam berbagai tulisan istilah daerah aliran sungai (DAS) dipakai dengan makna yang berbeda-beda. Ada yang menggunakannya sebagai padanan “watershed”, yang watershed sendiri dapat berarti “water divide”, “catchment area”, atau “drainage basin”. Ada pula yang memakainya sebagai padanan “river regime” atau “stroomgebied”. Dalam tulisan ini DAS diberi arti “keseluruhan kawasan pengumpul suatu aiatem sungai tunggal”, sehingga dapat dipadankan dengan “catchment area”. Dengan pengertian ini maka DAS membekali suatu jaringan pengatus tertentu dengan air beserta bahan yang tersuspensi dan zat yang terlarut di dalam air. DAS merupakan bagian hulu suatu regim sungai. Bagian lainnya ialah bagian tengah, yang di dalamnya terutama berlangsung proses penyaluran, dan bagian hilir, yang di dalamnya terutama berlangsung proses pengendapan dan tambatan (retention). Rangkaian proses pengumpulan-penyaluran-pengendapan dan tambatan menjadi inti watak dan kelakuan tiap regim sungai. Regim ialah ekonomi atau kebiasaan total suatu sistem alam (Stiegeler, 1976), ciri utama suatu sistem alam (Nelson & Nelson, 1973), atau petunjuk umum suatu keadaan alam (Buringh, 1979).

Pertama-tama DAS merupakan suatu kesatuan hidrologi yang berfungsi memproduksi air bagi seluruh regim sungainya. Berdasarkan konsep katena maka DAS juga merupakan suatu kesatuan bentangtanah (soilscape), yaitu asosiasi tanah tedas (distinct) dalam rangkuman suatu bentanglahan tertentu. Dari segi ini DAS memproduksi bahan induk bagi tanah-tanah modern di bagia hilir regim sungai. Bahan induk tanah dialih tempatkan dari DAS ke bagian hilir oleh rangkaianproses erosi – pengengangkutan – pengendapan. Pada umumnya DAS mempunyai topografi yang beraneka, yang menyebabkan ada kisaran tinggi tempat dan lereng. Dalam hal kisaran tinggi tempat cukup lebar, terjadi landaian (gradient) suhu udara dan curah hujan karena suhu udara berkorelasi negatif kuat dengan tinggi tempat, sedang curah hujan meningkat sejalan dengan kenaikan tinggi tempat. Regim hujan seperti ini terjadi karena di dalam kawasan iklim tropika monsun, sebagaimana Indonesia, hujan umumnya bersifat orohrafik. Untuk Indonesia curah hujan dan sampai tingkat tertentu juga suhu udara merupakan unsur-unsur iklim yang terpenting. Maka di dalam DAS dijumpai pula landaian iklim.

Karena toporafinya berlereng-lereng (berpotensi mengembangkan energi kinetik aliran air yang kuat), tinggi tempat yang meninggi atau tinggi (energi potensial tinggi) dan curah hujan meningkat ke arah hulu (erosivitas hujan meningkat), DAS pada dasarnya rentan erosi air. Di satu pihak erosi yang berlebihan merusak kemampuan tanah hulu dan menimbulkan sedimentasi yang merusak kemampuan tanah hilir. Sedimentasi yang terjadi dalam alur sungai mengurangi kapasitas salurnya yang memperbesar kemungkinan banjir di hilir. Akan tetapi di pihak lain, erosi wajar diperlukan untuk mempertahankan kesuburan tanah hulu (meremajakan) dan memelihara kesuburan tanah hilir (subsidi). Kelakuan rangkaian proses erosi – pengangkutan – pengendapan ditentukan oleh keadaan lingkungan fisik dan biologi seluruh regim sungai dan dipengaruhi oleh pola penggunaan lahan. Pola penggunaan lahan adalah hasil interaksi antara latar belakang dan tujuan pemanfaatan lahan. Oleh karena itu kelakuan alih tempat bahan berbeda dalam regim sungai masing-masing. Maka pengelolanya pun harus memperhatikan kekhususan tempat (location specific).

Peranan Das sebagai sumber air dapat dilihat dari dua sudut pandangan, yaitu menyediakan air dengan panen air (water harvesting) dan dengan menjamin penghasilan air (water yield). Jumlah air yang dapat dipanen tergantung pada jumlah aliran permukaan (runoff) yang dapat ditampung. Jumlah air yang dapat dihasilkan tergantung pada debit air tanah. Untuk meningkatkan peranan air infiltrasi dan perkolasi harus dicegah, sedang untuk meningkatkan penghasilan air kedua proses ini justru harus dilancarkan. Penghasilan air menjadi asa pengembangan sumber air di kawasan beriklim basah, karena panen air membawa risiko besar peningkatan erosi dan memerlukan cekungan tambat yang terlalu luas sehingga tidak praktis dan memboroskan lahan. Pengembangan sumber air dengan panen air dikhususkan untuk kawasan beriklim setengah kering atau kering. Di sini risiko erosi kecil atau terbatas dan juga karena jumlah air terbatas maka kalau diresapkan ke dalam tanah akan terbuang percuma karena tidak akan dapat mencapai tempat simpanan air tanah yang biasanya terletak dalam sekali.

Di dalam DAS yang beriklim basah, upaya pengendalian erosi dan peningkatan penghasilan air saling melengkapi karena keduanya menghendaki pembatasan aliran permukaan. Di dalam DAS yang beriklim setengah kering atau kering, yang potensi erosinya kecil atau terbatas pada musim hujan yang singkat, upaya pengendalian erosi berupa penyaluran aliran permukaan secara aman yang sekaligus dimanfaatkan untuk memperbesar panen air.

Uraian di atas menunjukkan bahwa DAS merupakan suatu sistem sumberdaya lahan yang khas. Di satu pihak DAS berpotensi untuk dimanfaatkan dan bersamaan dengan itu di pihak lain DAS dapat membuat bagian-bagian lain regim sungainya berpotensi untuk dimanfaatkan. Setiap campur tangan manusia dalam DAS tidak saja berdampak pada Das sendiri, akan tetapi memberikan pula dampak yang diekspor ke bagian-bagian lain regim sungainya. Maka pengelolaan DAS tidak boleh hanya melihat kepada kepentingannya sendiri, melainkan harus memperhatikan pula kepentingan yang ada dalam bagian-bagian lain itu. Sebaliknya pun benar pula, yaitu pengelolaan DAS jangan semata-mata diabdikan kepada kepentingan bagian lain regim sungainya,, akan tetapi harus pula mengingat kesumberdayaan DAS dan ini menyiratkan keharusan mengembangkan manfaatnya setempat.

### **Segi Ilmu Tanah Pengelolaan DAS**

Pokok-pokok kegiatan ilmu tanah yang gayut (relevant) dengan pengelolaan DAS tercantum di bawah ini. Kegiatan itu terdiri atas inventarisasi data yang ada dan mengadakan penelitian, kalau perlu, untuk mengisi data yang masih kosong, menambah dan atau melengkapi data yang ada. Oleh karena sifat dan kelakuan tanah bernasabah erat (closely related) dengan sifat dan kelakuan anasir-anasir biofisik yang lain dari lahan maka tidak hanya data tanah saja yang diperlukan, akan tetapi juga data iklim, hidrologi, bentuk lahan (landform) dan penggunaan lahan.

#### ***Mengendalikan erosi***

Telah dikemukakan di atas bahwa yang harus dicegah adalah erosi berlebihan yang merusak kemampuan tanah, sedang erosi wajar justru harus dihidupkan dan dipertahankan. Maka timbul istilah “tingkat erosi terbolehkan” (permissible rate of erosion) yang berarti suatu laju erosi yang dapat memberikan dampak, baik setempat maupun yang diekspor ke hilir, yang menguntungkan menurut ukuran produktivitas tanah. Dengan konsep erosi terbolehkan dapat diperoleh dua keuntungan tambahan disamping keuntungan pokok tersebut di atas:

1. Pekerjaan dan biaya lebih ringan dibandingkan dengan upaya pencegahan erosi secara ketat. Mencegah erosi sampai batas sekecil-kecilnya dapat menghapuskan dampak posotip erosi atas produktivitas tanah.
2. Pelonggaran kriteria pengekangan erosi memperbanyak pilihan alternatif pola tataguna lahan. Ini berarti tersedia kesempatan lebih leluasa untuk menerapkan pola tataguna

lahan yang lebih sesuai dengan kepentingan subyektif (kebutuhan, keinginan, kebiasaan). Menanggulangi erosi secara ketat sekali dapat menghambat pengembangan secara penuh hakekat kesumberdayaan DAS.

Tingkat erosi terbolehkan berbeda untuk tiap kombinasi lereng, tanah dan iklim serta macam kepentingan yang perlu dilindungi di hilir. Tingkat erosi terbolehkan dapat dinaikkan dalam hal tanah mempunyai cadangan kesuburan cukup dan laju pembentukan tanah cukup lancar. Tanah mempunyai cadangan kesuburan cukup apabila jeluk mempannya (effective depth) dalam, harkat kesuburannya memadai dan lebih kurang merata sepanjang jeluknya, dan bahan induknya cukup tebal dengan kadar mineral terlupakan mencukupi. Laju pembentukan tanah cukup lancar apabila lereng tidak terlalu curam, bahan induk mudah dilapukkan, dan iklim cukup basah sehingga air tersediakan cukup bagi kelangsungan proses pelapukan. Pengolahan tanah dapat memperlancar pembentukan tanah.

Laju erosi terbolehkan adalah laju erosi yang tidak melebihi laju pembentukan tanah, dan tidak memboroskan cadangan kesuburan tanah. Meskipun belum melampaui laju pembentukan tanah, akan tetapi laju erosi terbolehkan perlu diturunkan dalam hal cadangan kesuburan tanah terbatas. Laju erosi terbolehkan juga perlu diturunkan apabila kepentingan yang perlu dilindungi di hilir lebih peka terhadap akibat sedimentasi. Waduk merupakan kepentingan yang peka sekali terhadap akibat sedimentasi. Maka laju erosi terbolehkan di daerah atasan yang menguasai waduk harus diturunkan banyak. Sebaliknya, kawasan pertanian, terutama perkebunan, kurang sekali kepekaannya terhadap akibat sedimentasi, sehingga laju erosi terbolehkan di daerah atasannya boleh dinaikkan sampai maksimum yang diijinkan menurut pertimbangan laju pembantukan tanah dan kapasitas cadangan kesuburan tanah.

Laju pembentukan tanah bergantung pada faktor-faktor pembentuk tanah dan persepsi kita tentang tanah. Apabila kita menggunakan persepsi morfogenesis, pembentukan tanah kita ukur berdasarkan kelengkapan ciri-ciri morfologi yang menjadi kriteria diagnostik suatu jenis tanah tertentu. Jikalau tanah kita pandang sebagai habitat tanaman, pembentukan tanah kita ukur menurut kehadiran sifat-sifat tanah yang menentukan harkatnya sebagai medium pertumbuhan tanaman. Menurut persepsi morfogenesis laju pembentukan tanah dapat ditaksir sebagai berikut:

1. Menurut pengamatan Leneuf dan Aubert di Pantai Gading (Mohr dkk., 1972), laju pembentukan Oxisol berplintit dari bahan induk granit di bawah pengaruh faktor-faktor

biogisik berupa vbegetasi hutan, curah hujan 1800 – 2500 mm dan suhu udara rerata 26°C, ialah 0,03 mm th<sup>-1</sup>. Meskipun faktor-faktor biofisik bersifat aktif, namun laju pembentukan tanah ini masih sangat lambat karena granit memang sulit dilapukkan dan pembentukan tanah semacam ini memang memerlukan waktu paling lama.

2. Hembree & Rainwater (Birkeland, 1974) mengatakan bahwa hampan campuran granit dan batuan sedimen melapuk 2,8 kali lebih cepat daripada hampan granit melulu. Kalau pendapat ini kita hubungkan dengan hasil pengamatan Leneuf & Aubert di atas maka laju pembentukan Oxisol berplintit dari bahan induk granit barangkali dapat kita perkirakan secepat  $2,8 \times 0,03 = 0,08$  mm th<sup>-1</sup> atau dibulatkan 0,1 mm th<sup>-1</sup>.
3. Strakhov (Birkeland, 1974) menemukan di daerah Asia Tenggara laju denudasi kimia dan mekanik oleh sungai-sungai pegunungan rerata sebesar 240 Mg km<sup>-2</sup> th<sup>-1</sup>, yang dikatakannya menggambarkan laju pelapukan secara umum. Kalau diambil berat jenis lapukan (tanah) 2,65 maka  $91 \text{ m}^3 \text{ km}^{-2} \text{ th}^{-1}$  sama dengan 0,09 mm th<sup>-1</sup> atau dibulatkan 0,1 mm th<sup>-1</sup>.
4. Ada catatan bahwa laju pelapukan di lingkungan gurun di New Mexico ialah 0,04 mm th<sup>-1</sup>.

Menurut persepsi habitat laju pembentukan tanah dapat ditaksir sebagai berikut :

1. Pembentukan horison A berlangsung secepat 0,2 – 2 mm th<sup>-1</sup> ( birkeland, 1974 ).
2. Cacing tanah dapat mencernakan tanah setara dengan 1,6 – 10 mm th<sup>-1</sup> (Paton, 1978).

Menurut pengalaman dalam soal erosi :

1. Bennet (1939) menganggap baik kalau laju erosi belum melampaui 1 mm th<sup>-1</sup>.
2. Menurut klasifikasi erosi FAO laju erosi di bawah 10 Mg ha<sup>-1</sup> th<sup>-1</sup> disebut “none to slight” (Bruce, 1985). Jika kerapatan bongkah diambil 1,3 maka angka FAO itu setara dengan 0,8 mm th<sup>-1</sup> dan ini dapat dianggap sebagai laju erosi terbolehkan maksimum.
3. Di Amerika Serikat laju erosi 5-11 Mg ha<sup>-1</sup> th<sup>-1</sup> masih dapat diterima (Bruce, 1985). Dengan dasar kerapatan bongkah 1,3 angka itu setara dengan 0,4 – 0,9 mm th<sup>-1</sup> laju erosi terbolehkan.

Dalam hubungannya tanah sebagai habitat tumbuhan atau faktor produksi pertanian, laju pembentukan bahan tanah (pembentukan horison A dan hasil kegiatan fauna tanah) dan angka-angka empirik mengenai erosi lebih sesuai untuk pedoman menetapkan laju erosi terbolehkan. Angka empirik menunjukkan kecenderungan yang sama, yaitu lebih kurang 1mm th<sup>-1</sup>. Angka tertinggi pembentukan horison A setaraf dengan angka terendah pembentukan bahan tanah oleh cacaing tanah, yaitu secara bulat 2 mm th<sup>-1</sup>. Maka boleh

jadi laju erosi terbolehkan secara umum dapat di tetapkan  $1 - 2 \text{ mm th}^{-1}$ , Kalau kegiatan tanah fauna baik, laju ini dapat dinaikkan di atas  $2 \text{ mm th}^{-1}$ .

### ***Mengawetkan lengas tanah***

Mengawetkan lengas tanah dan menghemat cadangan kesuburan tanah lahan atasan merupakan suatu kesatuan upaya mengelola DAS. Menghemat cadangan kesuburan tanah memiliki gatra (aspek) memepertahankan jeluk maupun tanah pada ukuran yang masih pantas untuk penghunian akar. Ukuran seperti ini berarti pula kapasitas menyimpan lengas tanah memadai bagi pemenuhan kebutuhan tanaman produksi atau pelindung.

Pada dasarnya mengawetkan lengas tanah bermaksud memanfaatkan sebaik-baiknya air yang diterima tanah secara alamiah berupa curahan, yang dalam hal Indonesia ialah hujan. Memanfaatkan air hujan sebaik-baiknya berarti menciptakan suatu regim lengas tanah yang mampu mendukung kehidupan tanaman mulai dari sejak tanam sampai menghasilkan dalam hal tanaman semusim, atau mendukung secara sinambung kehidupan tanaman tahunan. Maka mengawetkan lengas tanah merupakan upaya melestarikan secara mempan sistem kesatuan tanah-tanaman-atmosfer (SPAC = Soil-Plant-Atmosphere continuum). Dengan pengawetan lengas yang mempan subsidi teknologi irigasi yang mahal dapat dihemat.

Pengawetan lengas tanah memerlukan pengetahuan yang memadai tentang daur hidrologi. Di samping bergantung pada faktor-faktor regional, pola pendauran air bergantung pula pada faktor-faktor tapak (site factors). Iklim dan musim adalah faktor-faktor regional, sedang bentuk muka lahan, tanah, vegetasi dan ragam penggunaan lahan merupakan faktor-faktor tapak. Hujan adalah sumber primer air dan jumlah serta agihan (distribution) tahunannya menentukan ketersediaan air secara potensial sepanjang tahun. Jumlah air potensial ini dikurangi dengan jumlah air yang hilang karena menguap dan lari sebagai aliran permukaan (run off) menjadi jumlah air yang siap meresap ke dalam tanah. Jumlah air yang benar-benar dapat masuk tanah bergantung pada kapasitas infiltrasi tanah. Sebagian air yang masuk tanah ditransformasikan dan ditambat menjadi lengas tanah dan sebagian lagi meninggalkan tanah karena perkolasi. Dalam kaitannya dengan pertumbuhan tanaman, transformasi air hujan menjadi lengas tanah dan penambatannya dalam tanah merupakan fase terpenting dalam daur hidrologi. Tanpa proses itu tanaman tidak dapat memanfaatkan air hujan yang tersediakan. Oleh karena kedua proses tadi merupakan proses tanah maka mengawetkan lengas tanah yang bertujuan membangun cadangan lengas tanah sepanjang tahun menjadi urusan ilmu tanah.

Menaikkan jumlah air yang siap infiltrasi dikerjakan dengan jalan membatasi jumlah aliran permukaan. Menaikkan daya tanah menambat lengas tanah dengan sendirinya mengurangi perkolasi. Dapat pula perkolasi dibatasi secara langsung untuk menaikkan jumlah lengas yang dapat ditahan dalam tanah. Cara ini biasa dikerjakan dalam menyiapkan tanah untuk sawah. Membatasi aliran permukaan juga sekaligus berguna untuk menekan kemungkinan erosi yang berlebihan. Membatasi perkolasi juga sekaligus berguna untuk mengekang pelindian (leaching). Jadi, mengawetkan lengas tanah bergandengan erat dengan mengendalikan erosi dan mengawetkan cadangan hara tersedia. Akan tetapi menghentikan erosi dan pelindian sama sekali tidak dapat dibenarkan, karena kedua proses itu berguna untuk memacu pembentukan tanah, berarti memacu peremajaan tanah. Mencegah aliran permukaan dan perkolasi dapat pula menimbulkan persoalan berat lain berupa ketumpatan air (waterlogging) bagi pertanaman lahan kering.

Secara umum dikatakan bahwa kapasitas lapangan merupakan tingkat kelengasan tanah yang optimum bagi pertanaman lahan kering. Percobaan Notohadiprawiro dkk.(1983) menemukan bahwa untuk padi gogo, jagung dan kacang tanah pada tanah-tanah Entisol, Vertisol, Oxisol dan Alfisol, tingkat kelengasan tanah yang berdaya terbaik atas keragaan (performance) vegetatif dan generatif tanaman terletak di atas KL sampai titik kritik atas. TKA terletak pada pertengahan antara titik jenuh dan KL. Barangkali penemuan ini dapat dipakai sebagai pedoman mempertahankan dan mengawetkan lengas tanah bagi pertanaman palawija di Indonesia. Rupa-rupanya mempertahankan lengas tanah di atas KL menambah cadangan lengas tanah yang dapat menghindarkan pertanaman dari resiko kekurangan air yang tidak terperkirakan karena penyimpangan cuaca.

Tanaman penutup atau pelindung banyak dipakai dalam pengawetan tanah. Maka pengelolaan lengas tanah menjadi syarat mutlak dalam pengawetan tanah. Pengawetan tanah dan lengas tanah merupakan satu kesatuan, yang dalam pelaksanaan di Indonesia seringkali tidak diperhatikan. Kebanyakan orang mengira bahwa suatu teknik pengawetan tanah sudah dengan sendirinya juga merupakan teknik pengawetan lengas tanah. Terdapat kecenderungan dalam proyek-proyek P3RPDAS bahwa teras-teras bangku dipandang semata-mata sebagai sarana pengawetan tanah, sedang bangunan-bangunan itu seharusnya juga dijadikan alat pengelola lengas tanah. Sebagian air hujan tertampung di atas teras seharusnya dipakai untuk mengisi kembali lengas tanah. Tanpa upaya ini keberhasilan mengendalikan erosi akan kehilangan arti pokok menyelamatkan budidaya pertanian,

karena pertanaman akan mengalami kekahatan (deficiency) pada cuaca-cuaca kering. Hal ini terbukti jelas, misalnya di daerah Mojogedang (Karanganyar, Solo), yang telah tujuh tahun berturut-turut tanpa hujan tanah permukaan teras setebal 10 cm telah kering dan pertanaman padi gogo jelas menderita kekahatan air. Ini berarti bahwa ketersediaan lengas tanah boleh jadi telah berada di bawah titik kritik bawah (Hudson & Notohadiprawiro, 1983). TKB terletak pada pertengahan antara KL dan titik layu tetap (Notohadiprawiro dkk, 1983).

Manfaat pengawetan lengas tanah di DAS bersifat langsung, dalam arti menjamin keberhasilan pengendalian erosi di DAS dan membuka peluang bagi pengembangan pertanian di DAS. Yang tersebut terakhir ini berarti bahwa DAS masih akan memiliki kapasitas menghasilkan pendapatan (income producing capacity) bagi rakyat. Manfaatnya yang tidak langsung bagi daerah hilir ialah melalui tunjangannya kepada keberhasilan mengendalikan erosi di DAS, yang berarti tunjangan tidak langsung kepada keberhasilan mengendalikan sedimentasi yang merugikan di daerah hilir.

### ***Mengembangkan sumber air sekunder***

Air tanah (groundwater) dan sungai adalah sumber air sekunder karena dihidupi oleh hujan. Sungai di kawasan iklim basah dihidupi oleh air tanah yang muncul sebagai mata air, maka sungai boleh disebut sumber air tersier. Akan tetapi di kawasan iklim kering sebagian besar atau seluruh air sungai berasal langsung dari hujan liwat aliran permukaan (ephemeral stream; wadi). Dalam hal ini sungai merupakan sumber air sekunder. Debitnya bernasabah (related) langsung dengan curah hujan. Jadi mengembangkan sumber air sekunder di kawasan beriklim basah sebagaimana Indonesia pada umumnya, berpangkal pada mengembangkan air tanah. Dalam rekayasa air (water engineering) upaya ini dinamakan mengembangkan hasil air (water yield). Mengembangkan wadi atau telaga lapangan dengan menambat air hujan sebaik-baiknya dinamakan mengembangkan panen air (water harvest).

Menurut daur hidrologi air tanah dipelihara oleh air perkolasi. Maka mengembangkan air tanah berarti melancarkan laju perkolasi. Oleh karena mealjukan perkolasi menyangkut pembatasan aliran permukaan, mengembangkan air tanah dan mengendalikan erosi merupakan dua upaya yang saling menunjang. Mengembangkan air tanah dapat mengganggu upaya mengembangkan cadangan lengas tanah, karena pelajuan perkolasi dapat berarti membatasi penambatan air sebagai lengas tanah, dan dapat

menggiatkan pelindian yang mempercepat pemiskinan tanah akan hara tanaman. Kesempatan mengisi lengas tanah dan perkolasi ditentukan oleh imbangannya laju infiltrasi terhadap laju aliran permukaan. Imbangannya ini dikendalikan oleh (1) dinamika lengas tanah, (2) lereng, dan (3) massa air yang terlibat tiap satuan waktu. Dinamika lengas tanah merupakan penjelmaan imbangannya antara kapasitas tambat air dan permeabilitas tubuh tanah. Tingkat pengaruh perkolasi atas pelindian tergantung pada mobilitas dan reaktivitas kimiawinya dalam sistem tanah. Karena ini semua maka ilmu tanah diperlukan dalam upaya mengembangkan air tanah. Dalam ilmu tanah dapat dikembangkan suatu teknik yang secara serentak mempertimbangkan (1) perkolasi untuk mengisi air tanah, (2) penambatan untuk mengisi air tanah, dan (3) pelindian yang terbolehkan.

Untuk mengembangkan wadi atau telaga lapangan aliran permukaan justru harus ditingkatkan, sehingga upaya ini dapat berlawanan dengan upaya mengendalikan erosi dan mengisi lengas tanah. Ilmu tanah diperlukan agar supaya meningkatkan panen air tergabungkan (compatible) dengan mengendalikan erosi dan mengisi lengas tanah. Mengisi lengas air tanah dapat diabaikan karena dalam kawasan iklim kering jumlah air hujan yang tersediaan terlalu sedikit untuk layak disimpan dalam akuifer (lapisan pembawa air tanah), lebih-lebih lagi akuifernya terletak terlalu dalam, yang memerlukan teknik penimbaan air khusus dan mahal.

Mengembangkan air tanah dikerjakan dalam DAS dan hasilnya semata-mata diperuntukkan bagi daerah hilir. Kalau pengelolaan air dalam DAS hanya memikirkan peningkatan hasil air, ini berarti bahwa daerah DAS hanya diberi fungsi sebagai pelayan daerah hilir saja dan kapasitasnya menghasilkan pendapatan bagi penduduknya boleh dikatakan ditiadakan. Maka dari itu perlu ada imbangannya yang layak antara mengembangkan air tanah dan mengawetkan lengas tanah agar supaya DAS dapat berfungsi secara utuh.

Meningkatnya panen air dapat dikerjakan, baik dalam DAS maupun dalam daerah hilir. Tempat mana yang akan dipakai untuk ini tergantung pada tata guna lahan. Berbeda dengan peningkatan hasil air, peningkatan panen air dalam DAS dapat dimanfaatkan setempat.

### **Persepsi Ilmu Tanah Tentang Pengelolaan DAS**

Dalam pengelolaan DAS, mengendalikan erosi, mengawetkan lengas tanah dan meningkatkan hasil air bukan tujuan, melainkan sebagian anasir (component) suatu

rencana konstruktif memperbaiki pengelolaan lahan dan air. Ketiga macam upaya tadi hanya akan efektif apabila dijadikan bagian dari suatu hampiran masuk akal (*sensible approach*) terhadap penggunaan lahan, yaitu menggunakan lahan secara serasi menurut kemampuannya (Hudson & Notohadiprawiro, 1983). “Serasi menurut kemampuan” mengandung dua maksud : (1) Tidak terjadi penggunaan lampau batas (*overutilization*) yang untuk mempertahankannya memerlukan subsidi energi dan bahan terlalu banyak sehingga tidak efisien, dan (2) Tidak terjadi penggunaan di bawah kemampuan (*underutilization*) sehingga tidak efektif karena sumberdaya tidak tergunakan secara penuh. Perlu diakkui bahwa gabungan berbagai macam cara penanganan selalu lebih baik daripada cara tunggal. Gabungan cara akan dapat menangani persoalan menurut berbagai segi atau gatranya (*aspects*) secara serentak sehingga bersifat serba cakup (*comprehensive*). Hal ini sesuai benar dengan hakekat degala macam persoalan, terutama persoalan lapangan atau lingkungan sebagaimana DAS itu, yaitu bergatra ganda. Karena penanganan bersifat serba cakup maka dengan sendirinya akan tercipta suatu keadaan yang mengandung berbagai alternatif pemanfaatan lahan. Dengan demikian program penyelesaian persoalan menjadi lebih lentur dan berdaya penyesuaian lebih baik pada perubahan keadaan lingkungan umum atau pada keadaan khusus setempat.

Kenyataan-kenyataan yang dihadapi dalam pengelolaan DAS jangan diperlakukan sebagai persoalan penyebab, melainkan harus diperlakukan sebagai persoalan cara. Dalam persoalan penyebab tujuan pokok penyelesaian ialah menghilangkan penyebab kejadian. Maka upaya penyelesaiannya berdiri sendiri karena semata-mata dituntun oleh nasabah sebab-akibat. Dalam persoalan cara tujuan pokok penyelesaian ialah menemukan suatu cara yang dapat menghilangkan penyebab kejadian namun tidak akan meyebabkan terhalangnya upaya penyelesaian persoalan lain yang hadir bersama dengan persoalan yang sedang kita garap. Jadi, penyelesaian persoalan cara harus terpadu dalam arti kata bahwa penyelesaian persoalan yang satu harus mempertimbangkan penyelesaian persoalan yang lain agar supaya tidak saling merugikan. Misalnya, kalau erosi dipandang sebagai persoalan penyebab maka penyelesaiannya adalah menghilangkan penyebab erosi, a.l. menghutankan lahan gundul. Akan tetapi kalau erosi dipandang sebagai persoalan cara maka penyelesaiannya dapat bukan penghutanan, karena ada persoalan cara yang lain disamping erosi, yaitu misalnya meningkatkan produktivitas lahan untuk memperbaiki pendapatan petani. Maka penyelesaian kedua persoalan cara itu harus dipadukan berupa, misalnya penerapan teknik pengawetan tanah yang sempurna dalam usaha tani. Dengan

cara ini penyebab erosi dapat dihilangkan dan sekaligus pendapatan petani dapat ditingkatkan.

Sikap yang dianut dalam pengawetan tanah di Indonesia terlalu terpusat pada rehabilitasi kerusakan karena erosi daripada memandangnya sebagai bagian dari suatu rencana konstruktif memperbaiki pengelolaan lahan dan air. Mencegah kerusakan lahan yang baik sama pentingnya dengan mereklamasi lahan rusak karena erosi. Penekanan berlebihan pada cara-cara mekanik berupa pembuatan bendung pengendali (check dam) dan teras bangku menyebabkan orang lupa atau kurang memperhatikan alternatif-alternatif lalu dan menambah kesulitan dalam menumbuhkan penghayatan dalam diri para petani tentang praktek-praktek agronomi yang baik (Hudson & Notohadiprawiro, 1983). Petani menjadi terbiasakan melihat persoalan erosi dan penyelesaiannya sebagai sesuatu yang berada di luar usahatani dan bukan sesuatu yang merupakan pembawaan sistem usahatani yang dilaksanakannya. Maka petani selalu menggantungkan diri pada proyek. Hubungan yang terjadi ialah antara proyek sebagai pemberi dan petani sebagai penerima fasilitas. Hubungan berlangsung dangkal liwat antarmuka (interface). Dalam pengelolaan DAS sebagai suatu sistem sumberdaya lahan, hubungan itu seharusnya menciptakan proses alih teknologi antar proyek dan usahatani dalam suatu ketrelobatan menyeluruh. Proyek dan usahatani masing-masing menjadi sistem yang berinteraksi.

Oleh karena DAS merupakan suatu sistem sumberdaya maka setiap peristiwa yang terjadi di dalamnya akan menyangkut sejumlah gatra dan dengan demikian akan membangkitkan berbagai peristiwa yang lain. Kompleks peristiwa menghasilkan kelakuan DAS sebagai suatu kebulatan dan ini pada gilirannya akan berakibat pada daerah hilir yang dikuasainya. Erosi berpengaruh atas regim lengas tanah dan sebaliknya, regim lengas tanah liwat pengaruhnya atas keadaan pertumbuhan vegetasi berpengaruh atas erosi. Pergantian vegetasi atau tataguna lahan berpengaruh atas daur hidrologi berpengaruh atas laju pengisian air tanah. Erosi dapat menjadi sebab kerendahan produktivitas usahatani dan kemiskinan petani. Sebaliknya pun terjadi, yaitu produktivitas usahatani yang rendah dan petani yang miskin menyebabkan tidak ada kemampuan menerapkan sistem usahatani yang berasaskan pengawetan tanah dan air, sehingga erosi dan kekahatan air merajalela. Tanah yang tidak subur dan dangkal, ketersediaan air hujan yang terbatas, lahan yang berlereng curam, lahan garapan yang sempit, dan tingkat pendidikan petani yang rendah, merupakan faktor-faktor utama kerendahan produktivitas usahatani. Produktivitas rendah dan petani miskin dapat saling bertukar peranan. Produktivitas rendah menjadikan petani miskin, atau

petani miskin menyebabkan produktivitas rendah karena tidak mampu menyediakan masukan yang memadai. Dapat dicatat bahwa kebanyakan petani yangn mengusahakan lahan atasan (uplands) tergolong miskin.

Menurut persepsi di atas maka pengelolaan DAS harus menggunakan alas data (data base) sebagai berikut:

1. DAS merupakan kawasan pengumpu dan penghasil air bagi regim sungainya dan merupakan sistem hidrologi yang berkelakuan :
  - 1.1. Mendaur dalam rangkaian kesatuan pedosfir – vegetasi – atmosfer
  - 1.2. Mendaur berkala dalam sistem tanah – tumbuhan - iklim
  - 1.3. Mengangsur dalam sistem pengatusan
2. Dalam DAS berlaku konsep katena atas pola agihan tanah (*soil distribution pattern*), berarti bentangtanah (*soilscape*) bernasabah erat dengan bentuk lahan, geomorfologi, pola pengatusan, tinggi tempat, dan jalur degradasi – agregasi..
3. Pada dasarnya DAS merupakan daerah erosi dan ada juga yang merupakan daerah pelimbahan masa (*mass-wasting*) karena DAS berenergi potensial tinggi.
4. Karena hujan di Indonesia banyak yang bersifat orografik maka DAS merupakan daerah konsentrasi hujan, sehingga menambah kerentanannya terhadap erosi.
5. Dalam Das yang mencakup kisaran tinggi tempat yang lebar terbentuk pemintakatan (*zoning*) suhu udara dan curah hujan, yang suhu udara makin rendah dan curah hujan makin tinggi sejalan dengan kenaikan tinggi tempat (pemintakatan iklim).
6. DAS sebagai sistem lahan pada dasarnya berkemampuan untuk digunakan memenuhi berbagai kepentingan maka imbalan melaksanakan fungsinya selaku wilayah sumber, pelindung, produksi dan pemukiman menjadi ukuran manfaat totalnya.
7. Kelakuan DAS memberikan dampak kepada semua wilayah yang berhirarki energi di bawah DAS, sehingga pengelolaan DAS menyangkut kepentingan semua sektor pembangunan dan segi kehidupan.

### **Prasarana Pengelolaan DAS**

Dengan alas data tersebut di atas, yang merupakan persepsi tentang kenyataan yang disebut DAS itu, ditentukan data yang diperlukan untuk prasarana pengelolaan DAS, dan dipilih segi persoalan yang diprioritaskan untuk ditangani. Berpegang pada alas data maka semua data yang diperoleh akan dapat didudukkan :

1. Selaku pengungkap watak, sifat dan perangai DAS sebagai obyek, atau pengungkap anasir-anasir yang memainkan peranan penting dalam menghadirkan DAS sebagai fakta
2. Secara korelatif satu dengan yang lain untuk membentuk suatu acuan data yang lengkap, jelas dan pasti, yang dapat memerikan ( describe) secara wajar dan bernalar unsur-unsur DAS yang akan dilibatkan dalam suatu sistem informasi bersasaran
3. Secara korelatif dengan unsur-unsur lingkungan yang patut diduga berpengaruh atas kehadiran berbagai gatra DAS

Hal pertama di atas diperlukan untuk menajamkan ruang lingkup pengelolaan DAS. Hal kedua penting bagi penggambaran struktur DAS untuk dapat mengenal parameter penyidik keadaan, yang kehadirannya menentukan kehadiran parameter yang lain (state parameter) , dan memisahkan variabel bebas dari yang bergantung (dependent). Hal ketiga perlu untuk mengetahui nasabah DAS dengan daerah- daerah kaitannya, yaitu DAS tetangga dan bagian lain dari regim sungainya. Dengan ini dapat ditunjuk variabel kunci untuk menilai pengaruh timbal balik antara DAS dan lingkungannya. Jadi, alas data dirancangbangun demikian rupa supaya semua data dapat dialokasikan kepada kedudukan atau fungsinya yang sepadan (*appropriate*).

Pekerjaan yang perlu dilakukan untuk menyediakan prasarana berupa data dasar bagi pengelolaan DAS ialah klasifikasi dan pemetaan :

1. Agrohidrologi berdasarkan regim lengas tanah. Untuk ini dapat dipakai sistem yang dikembangkan oleh Notohadiprawiro & Asmara (1985)
2. Tanah. Untuk ini dapat dipakai salah satu sistem yang telah ditetapkan luas di dunia, yaitu FAO/UNESCO atau *Soil Taxonomy*. Sistem yang tersebut pertama lebih sederhana namun mencukupi mengingat penggunaan tanah d Indonesia secara rerata (*average*) belum begitu intensif dan karena itu belum memerlukan penyifatan dan pemilahan tanah secara terinci sekali.
3. Bahaya erosi atau kerentanan lahan terhadap erosi. Untuk ini dapat dianjurkan pemakaian FAO *Provisional Method* yang mudah diterapkan ( Bruce, 1985)
4. Kemampuan lahan. Untuk ini tersedia berbagai sistem (Hudson &Notohadiprawiro, 1983). Dapat dianjurkan pemakaian FAO Framework for Land Evaluation ( Anon., 1977) sebagai pedoman dan diisi dengan kriteria pembeda kelas yang sesuai dengan (a) keadaan biofisik lahan Indonesia, (b) keterampilan rerata petani Indonesia untuk menghadapi berbagai keadaan lahan, dan (c) persepsi sosisl – ekonomi – budaya

masyarakat Indonesia tentang lahan sebagai sumberdaya, faktor produksi dan kekayaan (asset). Untuk pertimbangan pemilihan kriteria kemampuan lahan dapat dianjurkan Soil Interpretation Handbook for Thailand (Anon., 1973) dan berbagai sistem yang disajikan oleh Steele (1967), khusus yang dikembangkan di Nigeria (Appendix 3). Dapat pula dapat disusun sistem sendiri berdasarkan klasifikasi dan pemetaan agrohidrologi, tanah dan bahaya erosi tersebut pada butir 1 s.d. 3.

5. Penggunaan lahan kini. FAO *Framework for Land Evaluation* yang telah disebutkan di atas dapat dipakai sebagai pedoman dengan beberapa modifikasi untuk penyesuaian dengan bentuk dan ragam penggunaan yang ada di Indonesia.

Dengan bekal kelima data dasar itu dapat disusun metodologi pengelolaan DAS. Data dasar 1 s.d. 3 memberikan landasan biofisik kepada pengelolaan DAS. Data dasar 4 memberikan landasan dasar biofisik dengan latar belakang sosial – ekonomi – budaya. Data dasar 5 memberikan gambaran tentang sikap, pandangan dan pengambilan keputusan masyarakat tani dalam menggunakan lahan. Dengan dilatar belakangi data dasar 4 maka data dasar 5 memberikan nalar dan arah kepada pengelolaan DAS.

### **Metodologi Pengelolaan DAS**

Langkah pertama pengelolaan DAS ialah membuat sarana kalibrasi hasil pengelolaan. Sarana ini berupa tataguna lahan yang dibuat berdasarkan data dasar 1 s.d. 4 dan mengingat data dasar 5. Menurut Jordahl, Jr. (1984), tata guna lahan ialah proses pembuatan anjuran mengenai alokasi ruang bagi berbagai kegiatan manusia. Pengertian ini menonjolkan tata ruang. Sebetulnya tata guna lahan mengandung makna lebih luas daripada tata ruang. Pengertian yang lebih kena ialah “pembimbingan penggunaan lahan dengan kebijakan dan program tata ruang untuk memperoleh manfaat total lahan yang tersediakan. Jadi, tata ruang bukan sekedar alokasi ruang, melainkan menempatkan tiap-tiap kegiatan penggunaan lahan pada bagian lahan yang berkemampuan serasi untuk kegiatan masing-masing. Maka tata ruang bukan tujuan, akan tetapi sarana. “Manfaat sinambung” menyiratkan pelestarian fungsi sumber daya. “Manfaat total sebaik-baiknya dari kemampuan total lahan” mengandung arti bahwa tata guna lahan tidak menuju ke maksimisasi manfaat interaksi antara setiap pasangan kegiatan dan kemampuan lahan, akan tetapi menuju jumlah manfaat terbaik yang dapat dicapai dengan sumbangan dari semua pasangan kegiatan dengan kemampuan lahan. Tataguna lahan tidak diperuntukkan semata-mata bagi individu pengguna lahan, juga tidak semata-mata bagi masyarakat,

melainkan bagi keduanya secara sinambung. Maka tataguna lahan merupakan merupakan suatu kebijakan yang dapat bergerak dalam batas-batas suatu program.

Dengan tataguna lahan dibuat peta penggunaan lahan anjuran. Peta ini menjadi pedoman pelaksanaan program tata ruang dan sekaligus juga menjadi acuan pengelolaan pengelolaan DAS. Pengelolaan DAS menjadi tidak lain daripada pengelolaan lahan DAS. Mengingat hakekat lahan yang bermanfaat ganda maka dengan demikian pengelolaan DAS harus bersikap serba cakup (*comprehensive*) dan terpadu (lintas sektoral, lintas kepentingan, lintas disiplin). Oleh karena kelima data dasar yang dipergunakan memang telah mencerminkan kekhususan loka (*location specificity*) program pengelolaan DAS dengan sendirinya juga bersifat khusus loka (*location specific*).

Langkah berikut dalam pengelolaan DAS ialah membandingkan peta penggunaan lahan kini dengan yang anjuran. Dari perbandingan ini diperoleh pengetahuan tentang :

1. Macam dan tingkat ketimpangan penggunaan lahan
2. Letak dan luas daerah yang mengalami ketimpangan penggunaan lahan
3. Tingkat dan luas dampak negatif yang dapat diekspor daerah timpang ke daerah baik di dalam DAS dan ke daerah hilir.
4. Berbagai alternatif cara perbaikan ketimpangan penggunaan lahan beserta tingkat konsekuensi masing-masing atas tata ruang dan pola penggunaan lahan.

Cara perbaikan ketimpangan penggunaan lahan yang menimbulkan konsekuensi luas atau berat harus diuji terlebih dulu sebelum diprogramkan atau diperkenalkan. Maka langkah selanjutnya ialah mendirikan petak-petak pengujian pada bagian-bagian lahan yang representatif. Pengujian ini terutama penting dalam hal konsekuensi perbaikan itu mengenai pola penggunaan lahan, karena ini menyangkut sistem usahatani (*farming system*). Pengujian mencakup gatra-gatra tanah, hidrologi medan, agronomi, ekonomi, dan sosial. Konsekuensi perbaikan atas tata ruang melibatkan konversi bentuk dan ragam penggunaan lahan. Ini bersifat regional, maka dari itu harus diselesaikan secara makro. Konversi bentuk dan ragam penggunaan lahan biasanya tidak dapat diselesaikan dalam DAS masing-masing. Penyelesaiannya membutuhkan pemunjangan oleh keseluruhan regim sungai dari DAS bersangkutan, bahkan seringkali memerlukan pemunjangan oleh DAS atau regim sungai yang lain..

Penggunaan lahan bersifat dinamik karena lahan sendiri merupakan konsep dinamik dan karena mengikuti perkembangan teknologi dan lingkungan ekonomi serta sosial. Maka suatu sistem pemantauan (*monitoring system*) kelakuan lahan, yang

merupakan hasil interaksi ganda antara kebutuhan serta kecakapan manusia dan sumberdaya serta kendala alam (Malingreau & Mangunsukardjo, 1978), sangat diperlukan. Sistem ini terdiri atas stasiun-stasiun pengamatan tetap untuk erosi, dan kalau dipandang perlu juga untuk pelimbahan massa, hidrologi, dinamika lengastanah, dan agrometeorologi. Pengamatan produktivitas tanah dikerjakan pada waktu suatu stasiun pengamat erosi, hidrologi dan/atau dinamika lengas tanah mencatat angka-angka mendekati marginal, baik marginal atas (erosi) maupun marginal atas dan bawah (hidrologi dan dinamika lengas tanah). Stasiun-stasiun itu didirikan di tempat-tempat yang pencatatannya menjangkau bagian-bagian DAS yang ditempati oleh ragam penggunaan lahan utama, yaitu (1) tegal (pertanian lahan kering pertanaman semusim), (2) sawah, (3) perumputan pakan (*pasture* atau *fodder crops*) (4) perkebunan, (5) hutan, (6) pekarangan (pemukiman pedesaan), (7) pemukiman kota (urban atau suburban), (8) pertambangan, dan (9) lahan liar. Untuk kajian yang lebih terinci ragam-ragam utama ini dapat dibagi lebih lanjut.

Untuk pemantauan digunakan anak-DAS (*subwatersheds*) kecil yang dapat mewakili secara baik kelakuan lahan DAS yang penting. Ukuran kecil didasarkan atas daur hidrologi yang fase lahan (*land fase*) merajai di atas fase saluran (*channel phase*) (Haan, Johnson, & Brakensiek, 1982). Jadi, pemantauan ditekankan pada lahan pertanian, kehutanan, pekarangan dan liar, yang merupakan ragam penggunaan lahan terbanyak dalam DAS.

### **Peranan Ilmu Tanah Dalam Keseluruhan Proses Pengelolaan DAS**

Uraian di atas dapat menunjukkan dengan jelas bahwa ilmu tanah berperan dalam seluruh proses pengelolaan DAS, sejak menyiapkan data dasar sampai dengan pemantapan kelakuan DAS. Diagram dan matriks berikut ini dapat lebih menjelaskan peranan ilmu tanah dan kaitannya dengan peranan disiplin-disiplin lain. Pendapat ini mudah masuk akal karena DAS adalah suatu sistem lahan, sedang tanah merupakan salah satu anasir pokok lahan. Disamping itu tanah melakukan interaksi kuat dengan anasir-anasir lahan yang lain dan interaksi inilah yang banyak menentukan harkat anasir lahan yang lain sebagai sumberdaya. Harkat hujan ditentukan oleh tubuh tanah. Arti erosivitas hujan dan lereng dalam mendatangkan bahaya erosi dan sedimentasi yang merugikan dipengaruhi oleh erodibilitas tanah. Pengisian air tanah tergantung pada dinamika air dalam tubuh tanah. Bersama dengan iklim, tanah menentukan harkat sumberdaya hayati pada umumnya dan harkat sumberdaya nabati pada khususnya. Sifat mekanik tanah menentukan keserasian medan untuk mendirikan bangunan dan membuat jalan lalu lintas, sehingga

tanah menjadi faktor pertimbangan penting untuk tata ruang pemukiman dan perhubungan. Tanah berperan sekali dalam sanitasi lingkungan hidup karena berkemampuan menyaring kotoran, menyangga (*buffer*) racun, dan biodegradasi limbah organik. Oleh karena pengelolaan DAS mengandung pula maksud menciptakan lingkungan hidup yang bersih dan sehat maka kemampuan sanitasi tanah menjadi penting pula. Kepentingan tanah dalam pengelolaan lahan pada umumnya dan lahan DAS pada khususnya tersirat dalam fakta bahwa tanah merupakan subsistem dalam ekosistem, sumberdaya yang dengan pengelolaan baik bersifat terbarukan dan tahan usikan (*disturbance*), akan tetapi dapat berubah sifat menjadi nyaris tidak terbarukan dan rentan usikan kalau dikelola buruk, faktor produksi dalam industri fotosintesis, dan kekayaan (*asset*).

Sejarah pertumbuhan dan perkembangan ilmu tanah membuktikan bahwa ilmu ini berkesediaan besar menyerap unsur-unsur ilmu lain. Karena sifat lapangan kerjanya yang menyebabkan ilmu tanah selalu bersinggungan dengan bidang perhatian ilmu-ilmu lain yang beraneka ragam, ilmu tanah pada dasarnya mempunyai konsep interdisiplin. Tanpa berbagai keistimewaan pembawaan ini tidak mungkin ilmu tanah yang masih sangat muda ini, terutama dibandingkan dengan botani, zoologi, fisika dan kimia, berhasil mencapai tataran ilmiah setinggi yang ia duduki saat ini. Tidak perlu disangsikan lagi bahwa ilmu tanah akan sanggup dan mampu menunjang pengelolaan DAS, bahkan mungkin harus menjadi salah satu pemeran utamanya.

### **Acuan**

- Anon. 1973. Soil interpretation handbook for Thailand. Kingdom of Thailand Ministry of Agriculture and Cooperatives Department of Land Development, and FAO. Bangkok. Iv + 143 h + Appendix A-1, B, C, D.
- Anon. 1977. A. Framework for Land Evaluation. ILRI Publ. 22. Wageningen. viii + 87 h.
- Bennet, H.H. 1939. Soil Conservation. First Ed. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York. viii + 993 h/
- Birkeland, P.W. 1974. Pedology, Weathering, and Geomorphological Research. Oxford Univ. Press. New York. xiii + 285 h.
- Bruce, R.C. 1985. Assessment of Some Soil Erosion Prediction Models for Application to The Philippines. ACIAR Proc. Series No. 6, Soil Erosion Management : 42-49.
- Buringh, P. 1979. Introduction to the Study of Soils in ....

«»