

**PERENCANAAN TATA GUNA LAHAN PADA DAERAH
ALIRAN SUNGAI (DAS) BERBASIS EVALUASI LAHAN**

TUGAS MATA KULIAH PTT8013

PERENCANAAN PENGGUNAAN LAHAN

Dosen Pengampu: Prof. Dr. Ir. M. Lutfi Rayes, M.Sc.



Oleh:

RAYMOND VALIANT

NIM 137040100111018

MINAT DOKTORAL MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN

PROGRAM PASCASARJANA

FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2014

Judul Tugas : **Perencanaan Tata Guna Lahan pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Berbasis Evaluasi Lahan**

Nama Mahasiswa : Raymond Valiant

No. Induk Mahasiswa : 137040100111018

Mata Kuliah : Perencanaan Penggunaan Lahan (PTT8013)

Pengampu : Prof. Dr. Ir. M. Lutfi Rayes, M.Sc

Program : Pascasarjana Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya

Minat : Doktoral Manajemen Sumberdaya Lahan

Ringkasan

Makalah ini mengulas mengenai penerapan evaluasi lahan dalam perencanaan dan pengelolaan sumberdaya air dan lahan di dalam suatu daerah aliran sungai (DAS). Evaluasi lahan merupakan suatu proses pendugaan sumberdaya lahan untuk tujuan tertentu dengan menggunakan suatu pendekatan atau cara yang sudah teruji dan merupakan dasar dalam perencanaan penggunaan lahan, yang diharapkan dapat memberikan informasi dan/atau arahan penggunaan lahan sesuai dengan keperluan. Dalam pengelolaan DAS, evaluasi lahan untuk keperluan perencanaan memiliki peran penting oleh karena hampir tidak ada aktifitas yang dilakukan tanpa dukungan lahan. DAS memiliki peran penting dalam mendukung perkembangan kehidupan masyarakat, dan ketersediaan lahannya erat hubungannya dengan karakteristik fisik dari wilayah sungai – baik untuk kawasan hulu, tengah dan hilir – selain dari bentuk DAS yang dipengaruhi aspek topografi dan litologi. Disarankan agar kegiatan evaluasi lahan diadakan secara luas sebagai kebijakan perencanaan kawasan Indonesia, baik sebagai bagian dari pengaturan yang dituangkan melalui perbaikan UU No 24 Tahun 1992 tentang Penataan Ruang maupun melalui kegiatan nyata untuk memetakan potensi dan rancangan penggunaan lahan sesuai kebutuhan pembangunan dan pertumbuhan ekonomi Indonesia.

Kata kunci: evaluasi lahan, perencanaan, pengelolaan, daerah aliran sungai

Daftar Isi

Ringkasan	1
I. Pendahuluan	3
II. Kajian Pustaka	4
2.1 Perencanaan Tata Guna Lahan	4
2.2 Evaluasi Lahan.....	5
2.3 Kesesuaian Lahan dan Iklim.....	6
2.4 Sumberdaya Lahan di Wilayah DAS	9
2.4.1 Konsepsi Pengelolaan Sumberdaya Lahan	9
2.4.2 Konsepsi Sistem Pertanian Berkelanjutan	10
III. Isu Pemanfaatan Lahan	12
3.1 Pola Pengelolaan Sumberdaya Lahan	12
3.2 Kerjasama Kelembagaan	14
IV. Analisis dan Pembahasan	17
4.1 Analisis Daerah Aliran Sungai (DAS).....	17
4.1.1 Ekosistem Daerah Aliran Sungai (DAS).....	18
4.1.2 Karakteristik Daerah Aliran Sungai	19
4.1.3 Jaringan Sungai dan Pola Aliran Sungai.....	21
4.2 Analisis Pemanfaatan Lahan	24
4.2.1 Vegetasi dan Tutupan Lahan	24
4.2.2 Pemukiman, Jaringan Transportasi, dan Industri.....	25
4.2.3 Ketersediaan Lahan	25
4.3 Reformasi Tata Guna Lahan Berbasis Evaluasi Lahan.....	27
V. Simpulan dan Rekomendasi	29
5.1 Simpulan.....	29
5.2 Rekomendasi	30
VI. Pustaka	31

I. Pendahuluan

Lahan dapat dianggap sumberdaya yang nyaris tidak dapat diperbarui (*non-renewable resource*) meskipun berbagai pendapat menyatakan tanah senantiasa akan terbentuk oleh karena pelapukan bahan dasar (Rayes, 2007). Terlepas dari itu, selain menjadi modal dasar untuk menghasilkan bahan pangan, serat dan energi dalam bentuk biomassa, lahan juga berperan menyangga lingkungan dengan mengendalikan daur air dan menjaga keseimbangan komposisi gas di atmosfer (Bossio *et al*, 2010).

Usaha pertanian hampir selalu dilakukan pada lahan basah, yakni lahan yang hampir seluruh waktunya berada dalam keadaan lembab ataupun jenuh air, atau lahan kering yang dalam proses produksinya tidak digenangi oleh air. Berbagai masalah dalam pengelolaan lahan – khususnya pertanian – terjadi akibat degradasi kualitas lahan akibat salah kelola lahan, konversi lahan, disparitas dan fragmentasi pemilikan lahan (Arsyad & Rustiadi, 2013).

Di luar daripada itu, pengelolaan lahan tidak dapat dipisahkan dari pengelolaan air, baik di permukaan maupun di dalam tanah (Falkenmark & Lannerstad, 2005). Aliran air di permukaan dan di dalam tanah, sama-sama bergantung kepada tanah sebagai media penentu (*determinant media*). Gangguan terhadap tanah dalam bentuk degradasi lahan sangat mempengaruhi tata air secara keseluruhan (Li *et al*, 2009; Ravi *et al*, 2010), menurunkan produktifitas air dan tanah (Bossio *et al*, 2008; Bossio *et al*, 2010); menurunkan daya tangkap karbon (Trabucco *et al*, 2008).

Agar dapat menjamin keberlanjutan (*sustainability*) penyediaan bahan pangan, serat dan energi dalam bentuk biomassa, mempertahankan kualitas lingkungan serta melestarikan fungsi lahan, maka sumberdaya lahan harus dikelola dengan prinsip pertanian lestari, mengurangi pencemaran lahan, memperhatikan daya dukung lingkungan, mengendalikan konversi lahan, dan mengatur kembali tata guna pemanfaatan lahan.

Makalah ini akan meninjau bagaimana evaluasi lahan dapat berperan dalam perencanaan tata guna lahan, dan menjadi faktor penentu dalam pengelolaan lahan dan air di daerah aliran sungai (DAS). Untuk itu perlu ditumbuhkan kesatuan dalam hal hasil dari evaluasi lahan yang dilakukan dengan penataan guna lahan. Tidak saja dalam mengelola lahan pertanian untuk menjamin ketersediaan bahan pangan, serat dan energi dalam bentuk biomassa, namun juga untuk melestarikan daur air dan menjaga keseimbangan komposisi gas di atmosfer. Sebagai satuan topografis diambil DAS guna mengintegrasikan pengelolaan lahan dan air berbasis perencanaan lahan.

II. Kajian Pustaka

2.1 Perencanaan Tata Guna Lahan

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah bagian dari bentang alam yang menyatu dengan sumberdaya lainnya seperti tanah, vegetasi dan keikliman setempat, sehingga memiliki peran secara tata air untuk menjamin berbagai kebutuhan kehidupan (biosistem). Oleh karena secara hidrologis, DAS merupakan suatu wilayah yang menampung air hujan dan mengalirkannya ke danau ataupun ke laut melalui satu sungai utama, maka limpasan air permukaan di dalam wilayah tersebut juga tidak dapat dipisahkan dari sifat tanah dan tata guna lahan di DAS tersebut.

Tata guna lahan bermanfaat untuk merencanakan agar antar pemanfaatan wilayah yang saling berdekatan tidak saling mengganggu justru bisa saling menunjang. Selain itu dengan tata guna lahan yang benar akan memberikan pengaruh/beban yang baik pada bidang transportasi (Harahap, 2010)

Permasalahan yang sering muncul dalam perencanaan suatu lahan adalah kesesuaian atau kecocokan suatu lahan untuk suatu peruntukan tertentu. Terdapat 3 tahapan yang harus dilalui dalam perencanaan suatu lahan, yaitu :

1. Survei pendahuluan atas data-data dasar yang meliputi: studi pustaka, tinjauan lapangan dan pekerjaan laboratorium (memadukan peta dasar dengan peta tematik untuk digunakan dalam laporan);
2. Melakukan penilaian kapabilitas lahan dari hasil tahap pertama untuk berbagai peruntukan;
3. Menyiapkan rencana lokasi dan tujuan dari peruntukan lahan.

Makna tataguna lahan menyiratkan hal-hal sebagai berikut:

1. Mengupayakan kelangsungan interaksi pada optimum antara intensitas kegiatan dan kemampuan lahan yang ditempati kegiatan tersebut;
2. Upaya tersebut pada butir (1) dimaksudkan untuk dapat menempatkan jumlah maksimum bentuk penggunaan lahan sehingga diperoleh jumlah manfaat terbaik dari semua bentuk penggunaan lahan yang dapat ditempatkan tersebut;
3. Jumlah manfaat terbaik tersebut pada butir (2) diperuntukkan, baik bagi individu pengguna lahan maupun bagi masyarakat secara berimbang;
4. Keterlanjutan fungsi sumberdaya lahan, berarti mencegah dampak negatif pembangunan.

Tataguna lahan merupakan suatu bentuk kebijakan peruntukan lahan. Maka dari itu tataguna lahan dapat bergeser dalam batas-batas suatu program

pemanfaatan sumberdaya lahan berjangka panjang. Makna dan sifat tataguna lahan menunjukkan bahwa tataguna lahan menggunakan konsep holistik, dinamik dan geografi pula, sebagaimana yang digunakan dalam menetapkan lahan. Kelayakan atau kesepadanan penggunaan lahan merupakan pengharkatan lahan secara tuntas karena melibatkan pertimbangan jangka pendek, menengah dan panjang sebagai satuan waktu, dan pertimbangan setempat, regional dan nasional sebagai satuan ruang. Dengan demikian tataguna lahan merupakan bentuk kebijakan tertinggi dan program paling *comprehensive* dalam hal pemanfaatan sumberdaya lahan.

Tataguna lahan membimbing pembangunan wilayah yang bertujuan menumbuhkan dan mengembangkan manfaat lahan. Perubahan keadaan lahan dapat berkenaan dengan penggantian bentuk atau sistem penggunaan lahan, misalnya pertanian diubah menjadi permukiman ataupun berkenaan dengan reklamasi untuk membuat keadaan lahan sesuai dengan syarat penggunaan lahan yang direncanakan, misalnya mengeringkan rawa untuk dijadikan kawasan industri.

Tataguna lahan menjadi pedoman dalam keputusan:

1. Seberapa banyak dan jauh perubahan keadaan lahan yang dapat dibenarkan;
2. Pada sifat lahan mana perubahan diperlukan;
3. Bagaimana perubahan diadakan untuk membatasi usikan pada lahan, artinya teknik apa yang sebaiknya diterapkan, atau di tempat mana perubahan sebaiknya dikerjakan;
4. Tindakan pengamanan yang diperlukan untuk melengkapi rencana kegiatan, agar manfaat lahan yang meningkat disertai dengan keterlanjutan fungsi lahan.

2.2 Evaluasi Lahan

Evaluasi lahan merupakan suatu proses pendugaan sumberdaya lahan untuk tujuan tertentu dengan menggunakan suatu pendekatan atau cara yang sudah teruji (Rayes, 2007). Berbagai takrif menyebutkan bahwa evaluasi lahan merupakan dasar dalam perencanaan penggunaan lahan (Ritung, 2007; Haridjaja, 2013; Sabiham, 2013). Evaluasi lahan memang akan memberikan informasi dan/atau arahan penggunaan lahan sesuai dengan keperluan.

Evaluasi lahan dalam pengelolaan DAS berperan penting karena hampir tidak ada aktifitas yang dilakukan tanpa dukungan lahan. Lahan secara definisi bermakna lebih luas dari tanah (*soil*), yaitu lingkungan fisik yang terdiri dari tanah, iklim, relief, air, vegetasi, dan benda yang ada di atasnya sepanjang berpengaruh terhadap penggunaan lahan, sedangkan tanah sendiri merupakan

benda alami berdimensi tiga (panjang, lebar, dan tinggi) yang terletak di bagian atas permukaan atas kulit bumi dan memiliki sifat yang berbeda dengan lapisan di bawahnya sebagai hasil kerja interaksi antara iklim, kegiatan organisme, bahan induk, dan relief selama masa tertentu (Arsyad, 2013).

Aplikasi evaluasi lahan untuk berbagai komoditas dikelompokkan atas evaluasi lahan untuk pertanian (evaluasi lahan untuk tanaman lahan kering, evaluasi lahan untuk irigasi dan evaluasi lahan untuk daerah pasang surut) dan evaluasi lahan untuk non pertanian (evaluasi lahan untuk pariwisata, evaluasi lahan untuk pemukiman, dan evaluasi lahan untuk pertambahan air payau). Beberapa model evaluasi lahan yang digunakan dalam penelitian (Raves, 2007):

1. Evaluasi Kemampuan Lahan dari United States Department of Agriculture (USDA);
2. Kerangka Kerja Evaluasi Lahan Food and Agriculture Organization (FAO);
3. Sistem evaluasi lahan untuk irigasi;
4. Soil Survey Interpretation (SSI);
5. Evaluasi lahan parametrik;
6. Pendugaan hasil produksi;
7. Zona agro-ekologi;
8. Klasifikasi kapabilitas kesuburan tanah;
9. Land evaluation and site assessment;
10. Soil potential ratings, dan lain-lain.

Informasi yang digali dalam kegiatan evaluasi lahan dikelompokkan ke dalam tiga aspek utama yaitu: aspek lahan, aspek penggunaan lahan dan aspek ekonomi. Sedangkan sumber informasi yang perlu dievaluasi terdiri atas 5 kelompok yaitu: tanah, iklim, topografi dan geologi, vegetasi, dan sosial ekonomi (Raves, 2007).

2.3 Kesesuaian Lahan dan Iklim

Kebutuhan akan lahan naik sebagai konsekuensi meningkatnya jumlah populasi dan pembangunan fisik selama beberapa dasawarsa terakhir. Jumlah lahan yang tetap dibandingkan dengan tingginya kebutuhan menimbulkan masalah pembangunan yang menyangkut beragam aspek, mulai dari ekologis, ekonomi, sosial, budaya, bahkan stabilitas. Tingginya konversi lahan hutan menjadi non hutan, sawah menjadi kawasan industri dan pemukiman adalah contoh bagaimana posisi sumberdaya lahan selama ini yang rentan untuk dialihfungsikan. Tindakan konversi lahan dan pilihan pengelolaan lahan yang tidak tepat serta tidak memperhatikan aspek kemampuan dan kesesuaian

lahan itu sendiri, sehingga mengancam kelestariannya dan mempercepat terjadinya degradasi lahan. Gejala degradasi lahan merupakan tanda kemunduran lahan untuk mampu memproduksi sesuai dengan yang diharapkan (Ramdan, 2004).

Pada dasarnya lahan yang ada memiliki keterbatasan-keterbatasan yang secara alamiah akan menjadi pembatas untuk menghasilkan komoditas sesuai dengan jumlah dan mutu yang ditentukan. Hampir setiap lahan di berbagai tempat yang berbeda memiliki karakteristik yang berbeda sebagai akibat hasil interaksi antar komponen yang mempengaruhinya berbeda pula. Perbedaan karakteristik lahan di setiap wilayah menuntut adanya perbedaan dalam melakukan manajemennya. Lahan yang tidak cocok untuk pertanian yang sangat intensif tidak akan mampu dipaksakan dikelola untuknya, dan apabila dipaksakan dengan dalih adanya dukungan teknologi tentunya akan memberikan biaya dan resiko kerusakan lingkungan yang besar.

Seringkali pilihan penggunaan lahan tidak memperhatikan potensi lahan, kesesuaian lahan, dan tindakan pengelolaan yang diperlukan untuk setiap areal lahan yang penting sebagai pegangan pengelola lahan. Dampak dari ketidaktepatan pilihan dalam penggunaan lahan menimbulkan degradasi lahan yang menyebabkan adanya lahan kritis (*critical land*), yaitu lahan yang sudah tidak memiliki kemampuan memproduksi sesuai dengan yang diharapkan. Upaya pelestarian sumberdaya lahan dapat dilakukan dengan memanfaatkan lahan sesuai dengan kemampuannya, dan kesesuaiannya untuk komoditas tertentu. Dengan demikian perlu dilakukan kegiatan evaluasi lahan untuk mengkaji potensi lahan dan tingkat kesesuaiannya.

Salah satu metode klasifikasi kesesuaian lahan yang dipergunakan secara luas di Indonesia adalah menurut kerangka FAO (1976). Pembagian ini dapat dibedakan menurut tingkatannya, yaitu tingkat Ordo, Kelas, Subkelas dan Unit:

- Ordo adalah keadaan kesesuaian lahan secara global. Pada tingkat ordo kesesuaian lahan dibedakan antara lahan yang tergolong sesuai (S = Suitable) dan lahan yang tidak sesuai (N = Not Suitable).
- Kelas adalah keadaan tingkat kesesuaian dalam tingkat ordo. Berdasarkan tingkat detail data yang tersedia pada masing-masing skala pemetaan, kelas kesesuaian lahan dibedakan menjadi: (a) Untuk pemetaan tingkat semi detail (skala 1 : 25.000 sampai 1 : 50.000) pada tingkat kelas, lahan yang tergolong ordo sesuai (S) dibedakan ke dalam tiga kelas, yaitu: lahan sangat sesuai (S1), cukup sesuai (S2), dan sesuai marginal (S3). Sedangkan lahan yang tergolong ordo tidak sesuai (N) tidak dibedakan ke dalam kelas-kelas. (b) Untuk pemetaan tingkat tinjau (skala 1 : 100.000 sampai 1 : 250.000) pada tingkat kelas dibedakan atas Kelas sesuai (S), sesuai bersyarat (CS) dan tidak sesuai (N).

- Subkelas adalah keadaan tingkatan dalam kelas kesesuaian lahan. Kelas kesesuaian lahan dibedakan menjadi subkelas berdasarkan kualitas dan karakteristik lahan (sifat-sifat tanah dan lingkungan fisik lainnya) yang menjadi faktor pembatas terberat, misalnya: Subkelas S3RC sesuai *margin* dengan pembatas kondisi perakaran (RC = *rooting condition*).
- Unit adalah keadaan tingkatan dalam subkelas kesesuaian lahan, yang didasarkan pada sifat tambahan yang berpengaruh dalam pengelolaannya. Contoh kelas S3RC1 dan S3RC2, keduanya mempunyai kelas dan subkelas yang sama dengan faktor penghambat sama yaitu kondisi perakaran terutama factor kedalaman efektif tanah, yang dibedakan ke dalam unit 1 dan unit 2. Unit 1 kedalaman efektif sedang (50-75 cm), dan Unit 2 kedalaman efektif dangkal (<50 cm). Dalam praktek evaluasi lahan, kesesuaian lahan pada kategori unit ini jarang digunakan.

Iklim merupakan salah satu faktor utama yang tidak bisa kita tinggalkan saat berbicara mengenai kesesuaian lahan. Iklim yang tidak sesuai menjadi penghambat utama pertumbuhan tanaman dan keberhasilan suatu usaha budidaya. Unsur-unsur iklim yang sangat berpengaruh dalam penggunaan tanah adalah suhu, curah hujan dan kelembaban. Suhu sangat ditentukan oleh perbedaan tinggi tempat sedangkan curah hujan sangat ditentukan oleh intensitas dan distribusinya. Pola iklim yang ada di suatu tempat sangat berpengaruh terhadap kegiatan pertanian yang dilaksanakan, terutama pada musim penghujan.

Faktor iklim merupakan komponen agroekosistem yang paling sulit untuk dimodifikasi. Komponen iklim yang paling berpengaruh terhadap keragaman tanaman adalah suhu dan kelembaban. Berdasarkan ketinggian tempatnya di Indonesia dikenal dua suhu yaitu panas dan dingin. Suhu panas umumnya dijumpai ada ketinggian tempat 700 m di bawah muka laut, sedangkan suhu dingin dijumpai pada ketinggian tempat 700 m di atas muka laut (Rasna, 2000).

Fenomena perubahan iklim global yang terjadi saat ini akan berdampak pada semua sektor, terutama sektor pertanian, perkebunan dan kehutanan. Evaluasi lahan sangat diperlukan untuk mengkaji ulang kesesuaian lahan terutama pada usaha budidaya tanaman. Dengan kegiatan ini maka dapat diketahui tingkat perubahan dan upaya baik mitigasi maupun adaptasi yang harus dilakukan (Handoko, 2008).

2.4 Sumberdaya Lahan di Wilayah DAS

2.4.1 Konsepsi Pengelolaan Sumberdaya Lahan

Tantangan terbesar bagi pengelolaan sumberdaya lahan adalah untuk menciptakan mekanisme keberlanjutan mempertahankan keseimbangan antara pemenuhan kebutuhan hidup dan keberlanjutan pemanfaatan dan keberadaan sumberdaya alam (Asdak, 2010)

Pengelolaan sumberdaya lahan di wilayah DAS dijalankan berdasarkan prinsip kelestarian sumberdaya (*resources sustainability*) yang menyiratkan keterpaduan antara prinsip produktifitas dan konservasi sumberdaya lahan (*sustainability = productivity + conservation of resources*) di dalam mencapai beberapa tujuan pengelolaan DAS, yaitu : (a) terjaminnya penggunaan sumberdaya alam yang lestari, seperti hutan, hidupan liar, dan lahan pertanian; (b) tercapainya keseimbangan ekologis lingkungan sebagai sistem penyangga kehidupan; (c) terjaminnya jumlah dan kualitas air yang baik sepanjang tahun; (d) mengendalikan aliran permukaan dan banjir; (e) mengendalikan erosi tanah, dan proses degradasi lahan lainnya (Ramdan, 2004).

Guna mempertahankan daya dukung lingkungan, pemanfaatan lahan haruslah memperhatikan beberapa hal penting, seperti (Dardak, 2013):

1. Ketersediaan sumberdaya alam dan sumberdaya buatan di dalam lokasi agar dapat dijaga tetap berada dalam tingkat yang memungkinkan untuk dilestarikan.
2. Kesesuaian dari karakteristik geomorfologi dari lokasi harus agar lahan dapat dimanfaatkan sesuai dengan sifat fisiknya.
3. Sumberdaya alam dan sumberdaya buatan yang ada hendaknya diseimbangkan dengan intensitas kegiatan yang dilakukan.
4. Dampak lingkungan maupun dampak sosial yang muncul akibat dari kegiatan yang dilakukan dan antisipasi dari dampak yang muncul.
5. Alternatif penanganan dampak agar permasalahan yang muncul dapat diselesaikan tanpa mengorbankan kepentingan lingkungan, ekonomi dan sosial budaya masyarakat.
6. Konversi pemanfaatan lahan haruslah diupayakan sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan.
7. Menghindari pemanfaatan lahan yang tidak efisien agar terbentuk struktur ruang dan pola pemanfaatan ruang yang efektif.

2.4.2 Konsepsi Sistem Pertanian Berkelanjutan

Sistem pertanian berkelanjutan merupakan mekanisme pengelolaan sumberdaya alam guna membantu kebutuhan manusia sekaligus mempertahankan dan meningkatkan kualitas lingkungan. Sistem ini berorientasi pada perubahan teknologi dan kelembagaan yang dilakukan sedemikian rupa untuk menjamin pemenuhan dan pemuasan kebutuhan manusia generasi sekarang dan yang akan datang. Hakikatnya adalah sistem pertanian yang tidak merusak, serasi, selaras, dan seimbang dengan lingkungan serta patuh pada kaidah-kaidah alamiah.

Walaupun sistem sosial dan ekonomi serta kondisi ekologis masing-masing daerah berbeda-beda, namun sistem pertanian berkelanjutan menganut prinsip-prinsip yang sama sebagai pedoman pelaksanaannya yaitu:

1. Prinsip Lingkungan/Ekologi
 - a. Melindungi sistem penunjang kehidupan
 - b. Melindungi dan meningkatkan keanekaragaman biotik
 - c. Memelihara dan meningkatkan ekosistem, serta mengembangkan dan menerapkan ukuran-ukuran rehabilitasi untuk ekosistem yang rusak
 - d. Mengembangkan dan menerapkan strategi yang preventif dan adaptif untuk menanggapi ancaman perubahan lingkungan global.
2. Prinsip sosio-politik (Mitchell, 2010):
 - a. Sisi lingkungan dan ekologi dengan:
 - Mempertahankan skala fisik dari kegiatan manusia di bawah daya dukung biosfer;
 - Mengenali biaya lingkungan dari kegiatan manusia, mengembangkan metode untuk meminimalkan pemakaian energi dan material perunit kegiatan ekonomi, menurunkan emisi beracun, merehabilitasi ekosistem yang rusak;
 - Meyakinkan adanya kesamaan sosio politik dan ekonomi dalam transisi menuju masyarakat yang lebih berkelanjutan;
 - Menjadikan perhatian-perhatian lingkungan lebih langsung dan menerus pada proses pembuatan keputusan secara politis;
 - Meningkatkan peran serta masyarakat dalam pembangunan dan penerapan konsep pembangunan berkelanjutan;
 - Menjalinkan kegiatan yang langsung menuju pengalaman lingkungan.

b. Sisi sosio-ekonomi dengan:

- Menerapkan proses politik yang terbuka dan terjangkau yang menempatkan pembuatan keputusan oleh pemerintah pada tingkat yang paling dekat dengan situasi dan kehidupan masyarakat yang terkena akibat dari keputusan tersebut;
- Meyakinkan masyarakat bebas dari tekanan ekonomi;
- Meyakinkan masyarakat dapat berpartisipasi secara kreatif dan langsung dalam sistem politik dan ekonomi;
- Mendorong pemerataan untuk merealisasikan potensi manusia, melalui pembentukan sistem legal yang terbuka, bebas dari represi politik, meningkatkan akses pendidikan yang berkualitas, membuka kebebasan mendapat informasi, dan mendorong kebebasan keyakinan, berbicara dan bertindak.

Dalam pelaksanaannya sistem pertanian berkelanjutan mengacu pada pemenuhan 5 kriteria yaitu:

1. Kelayakan ekonomis;
2. Bernuansa dan bersahabat dengan ekosistem dan lingkungan hidup;
3. Diterima secara sosial;
4. Kepantasan secara budaya;
5. Pendekatam sistem holistik.

III. Isu Pemanfaatan Lahan

Pemanfaatan lahan dilakukan untuk mendapatkan nilai tambah tertinggi dari kegiatan yang dilaksanakan di atas lahan. Sebagaimana kita ketahui, di Indonesia dan juga di negara-negara sedang berkembang lainnya, masalah tanah dan tata ruang menjadi hal yang sangat penting, oleh karena tanah pada hakekatnya adalah lokasi di mana penduduk dapat melakukan kegiatan sosial ekonomi sementara tata guna lahan pada hakekatnya wujud struktural dan pola pemanfaatan lahan untuk kegiatan tersebut. Keduanya saling terkait dan baik secara langsung maupun tidak langsung akan memengaruhi pemanfaatan sumberdaya alam termasuk sumberdaya air pada lokasi atau ruang geografis yang disebut wilayah sungai.

Namun pada saat ini pemanfaatan lahan yang dilakukan tersebut banyak memunculkan berbagai dampak negatif akibat pemanfaatan lahan yang kurang mengindahkan rencana tata guna lahan yang ada atau bahkan rencana tata guna lahan yang kurang tepat karena pembuatannya kurang mengindahkan tahapan-tahapan yang harus dilalui dalam proses perencanaan (Dardak, 2013).

Pemanfaatan lahan yang kurang memperhatikan daya dukung lingkungan mengakibatkan munculnya permasalahan-permasalahan baru seperti berkurangnya sumber air baku, rusaknya sistem keseimbangan air, dan kerusakan sumberdaya lahan.

Tak dapat dipungkiri, permasalahan sosial ekonomi dan kelembagaan juga menjadi salah satu kendala dalam melakukan pengendalian pemanfaatan. Ada dua aspek penting dari permasalahan sosial ekonomi ini, yakni: pola pengelolaan sumberdaya oleh masyarakat petani dan kerjasama kelembagaan dari pihak-pihak yang terlibat dalam pengendalian degradasi lahan.

3.1 Pola Pengelolaan Sumberdaya Lahan

Pengendalian degradasi lahan tidak dapat dipisahkan dari pola pengelolaan sumberdaya alam yang dilakukan masyarakat di dalam DAS. Sekitar besar DAS yang memiliki lahan dengan tingkat kesuburan baik akan dimanfaatkan untuk keperluan pertanian, baik secara intensif maupun semi-intensif (perladangan). Dengan demikian, pengelolaan sumberdaya lahan – khususnya oleh para petani – memainkan peranan penting.

Beberapa aspek yang perlu dicermati dalam pola pengelolaan selama ini mencakup antara lain:

1. Strategi dalam mencari mata pencaharian, di mana sebagian besar petani saat ini berupaya untuk melawan involusi dengan menerapkan teknologi modern guna meningkatkan produktifitas dari usaha pertanian mereka.

Dalam penerapan teknologi ini, petani mempergunakan lebih banyak pestisida-herbisida dan pupuk an-organik sebagai upaya untuk mengurangi risiko kegagalan panen dan mendorong pemanfaatan lahan melampaui batasan kemampuannya. Tentu saja, penggunaan berbagai bahan kimia dan an-organik ini memperbesar risiko degradasi lahan dan akhirnya juga mencemari tanah serta air.

2. Kemampuan, teknik dan strategi dalam pengelolaan lahan tidak banyak berkembang di berbagai DAS sehingga menuju kepada pemiskinan tanah. Sebagai contoh: pertanian komoditi *vegeculture* seperti sayur-mayur dan umbi-umbian di kawasan DAS Brantas Hulu sebagian besar tidak menerapkan sistem pematuan air yang benar sehingga memperbesar erosi permukaan akibat air hujan yang dibiarkan melimpas (BPDAS, 2011). Komoditi *vegeculture* memang peka terhadap genangan air hujan – karena dapat menimbulkan pembusukan – namun tanpa teknik dan strategi maka degradasi lahan justru lebih cepat terjadi. Secara teknis, dapat dilihat pula bahwa semakin tinggi kemampuan petani mengelola lahan maka sebenarnya tingkat sosial-ekonomi yang dapat dicapai akan semakin tinggi. Ketidakmauan menerapkan teknik dan strategi mengelola lahan melemahkan intensitas, interaksi dan sifat tanggap petani dalam menyikapi program pemerintah maupun organisasi non-pemerintah yang peduli pada pelestarian lahan.
3. Kepastian dalam identitas lahan berperan menentukan cara pengelolaan lahan dan sekaligus membedakan tipologi masyarakat petani dalam mengelola lahan. Pada umumnya lahan yang dimiliki petani di Jawa beragam dari segi ukuran dan identitas kepemilikan. Sebagian besar petani di Jawa adalah pekerja di lahan yang tidak dimiliki sendiri, baik disewa dari negara atau pribadi, melalui konsesi ataupun kontrak. Pada berbagai DAS di Indonesia, dapat ditelusuri bahwa identitas kepemilikan lahan berkaitan erat dengan produktifitas pertanian dan juga cara pengelolaan lahan. Pola perladangan berpindah dan tebang-bakar (slash and burn) menjadi salah satu bentuk pertanian dengan produktifitas rendah bila dibandingkan terhadap sumberdaya yang dikeluarkan (*depleted resources*).
4. Demikian pula sawah atau kebun yang dimiliki sendiri umumnya telah memiliki strategi pengelolaannya dalam jangka panjang sebab tidak ada keraguan dan kekhawatiran apapun dari petani sebab hasilnya juga nantinya akan menjadi milik pribadi, berbeda dengan lahan yang disewa dari instansi atau pribadi lain. Sebagai penyewa, umumnya petani tidak memiliki komitmen mengelolanya secara lestari.

5. Nilai lokal yang dianut masyarakat juga berpengaruh pada pengelolaan lahan. Sifat solidaritas masyarakat termasuk di dalamnya azas resiprositas, gotong-royong, kode etik dan moral yang dianut petani di masing-masing desa mempengaruhi cara pengelolaan sumberdaya alam di sekitarnya. Keberhasilan dalam pengendalian degradasi lahan dipengaruhi pula oleh nilai-nilai lokal yang dianut masyarakat petani.
6. Kesejahteraan masyarakat petani juga menjadi faktor penting dari keberhasilan mengelola sumberdaya lahan secara lestari. Semakin sejahtera petani maka semakin besar kemungkinan mereka akan menerapkan metode pengolahan lahan yang lestari. BPDAS (2011) melaporkan bahwa berdasarkan *focus group discussion* di DAS Brantas Hulu diperoleh informasi petani yang sudah memenuhi kebutuhan fisik (subsisten) lebih terdorong untuk memanfaatkan lahan secara optimal dan lestari. Dengan demikian, dalam melakukan pengendalian degradasi lahan maka pemberdayaan ekonomi dari masyarakat petani harus menjadi salah satu pertimbangan kegiatan.

Dapat disimpulkan, pengendalian degradasi lahan tidak dapat dipisahkan dari aspek kemasyarakatan di dalam DAS, yang mencakup strategi dalam mencari mata pencaharian, perkembangan pengetahuan dalam mengelola lahan, aspek kepemilikan lahan, nilai-nilai lokal yang dianut, dan kesejahteraan dari masyarakat petani itu sendiri.

3.2 Kerjasama Kelembagaan

Program dan rencana kerja pengelolaan lahan dapat menjadi permasalahan dalam mengelola DAS. Permasalahan ini kerap kali bersumber dari lemahnya koordinasi, tata kelembagaan dan teknis pelaksanaan kegiatan pengelolaan lahan. Kelemahan ini berkaitan dengan antara lain: penegakan hukum, sosialisasi program yang belum mantap dan kemampuan personil.

1. Kemampuan dan kapasitas personil yang terlibat dalam pengelolaan lahan di suatu DAS menentukan keberhasilan dari program dan rencana kerja yang disusun. Secara umum, personil dalam pengelolaan lahan dapat dibagi ke dalam tiga segmen: pemerintah selaku regulator, masyarakat sebagai pelaku dan unsur non-pemerintah atau kuasi-pemerintah sebagai fasilitator. Kemampuan dan kapasitas dari personil pada ketiga segmen tersebut berpengaruh pada keseluruhan hasil dari kegiatan pengendalian degradasi lahan. Berbagai DAS di Indonesia ditangani dengan keragaman sektoral dan melibatkan berbagai personil namun dari sisi kemampuan dan kapasitas maka setiap segmen memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing.

2. Kelembagaan yang mantap merupakan salah satu cara untuk menjamin agar program dan rencana kerja dalam pengelolaan lahan dapat berjalan secara memadai dan berhasil. Sejumlah DAS telah memiliki sejumlah lembaga yang terlibat dalam pengelolaan lahan, seperti BPDAS (di bawah Kementerian Kehutanan), Balai Besar Wilayah Sungai Brantas (Kementerian Pekerjaan Umum), pemerintah provinsi dan kabupaten/kota, atau bahkan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) pengelola sumberdaya air, selain berbagai organisasi non-pemerintah. Perbedaan visi, misi, interpretasi dan persepsi dari masing-masing lembaga tersebut menjadi kendala dalam menjalankan tugas mengelola lahan. Keberagaman visi, misi, interpretasi dan persepsi disebabkan masing-masing lembaga mempunyai muatan sektoral yang dominan sehingga meskipun masing-masing personil di dalam lembaga-lembaga tersebut memiliki kesadaran yang sama dalam evaluasi dan pengelolaan lahan namun masih terdapat suatu sekat sektoral yang menghambat sinkronisasi, harmonisasi dan koordinasi antar pihak.
3. Kebijakan pemerintah dalam pengelolaan sumberdaya lahan dapat menjadi sumber dari ketidakberhasilan mengendalikan degradasi lahan. Permasalahan yang bersumber dari aspek kebijakan, yang diterjemahkan dalam peraturan dan hukum, seringkali tidak bebas kepentingan, bahkan dalam beberapa kejadian sulit ditegakkan oleh karena tidak mendapat dukungan dari ketiga segmen (pemerintah, organisasi non-pemerintah dan masyarakat) yang terlibat dalam pengelolaan lahan. Analisis kebijakan di beberapa DAS – khususnya di Pulau Jawa dan Sumatera – menunjukkan tata ruang berubah dengan cepat tanpa pemerintah dapat mengendalikan perubahan itu secara efisien dan efektif. Salahsatu kasus yang cukup menonjol adalah ekspansi perumahan, industri dan kegiatan pariwisata pada lahan subur dan beriklim baik, yang terjadi di berbagai DAS di Pulau Jawa, seperti DAS Brantas di Jawa Timur, DAS Tuntang di Jawa Tengah, DAS Ciliwung-Cisedane dan DAS Citarum di Jawa Barat. Perubahan fungsi lahan tadi membuat fungsi lahan yang semula dapat dipergunakan untuk keperluan produktif pertanian dan konservasi, akhirnya berubah.
4. Perubahan fungsi lahan dari hutan/kawasan berhutan menjadi lahan terbuka telah menjadi kenyataan di berbagai DAS. Ekspansi dari perumahan, industri dan kegiatan pariwisata ini didorong oleh kepentingan pemerintah setempat yang menghendaki pertumbuhan ekonomi dan peningkatan pendapatan daerah dari pajak serta retribusi yang bertalian dengan aktifitas ekonomi. Ketika ditempatkan dalam konteks pengelolaan lahan akhirnya munculnya dualisme yang dikotomis antara para pengelola hutan dan pemilik modal. Implikasi dari dualisme ini

akhirnya menajam dalam makin tak terkendalinya tata ruang dan makin merosotnya kualitas lahan yang terkena perubahan.



Sumber: dokumentasi PJT-I

Gambar 1 – Kondisi pemanfaatan lahan di DAS Brantas Hulu untuk pertanian sayur-mayur (vegeculture) di elevasi tinggi (2010)

5. Kebijakan tentang tata guna lahan dan alih fungsi lahan banyak bergantung pada campur tangan negara dalam penguasaan dan penggunaan lahan. Kebijakan ini sebenarnya merupakan cerminan dari kepentingan negara untuk menguasai sumberdaya sebagai upaya meningkatkan kemakmuran bersama. Namun pada kenyataannya kebijakan proteksi dan pemberian subsidi oleh pemerintah serta tingginya pertumbuhan sektor industri yang didukung dengan pemberian izin lokasi dan izin pembebasan mendorong terjadinya penurunan kualitas lahan dan memicu laju konversi lahan potensial. Dalam keadaan demikian, maka koordinasi antar segmen (pemerintah, organisasi non-pemerintah dan masyarakat) dengan melibatkan masing-masing lembaga menjadi relatif penting.

Lembaga yang terlibat dalam evaluasi penggunaan lahan dan pengelolaan sumberdaya lahan di berbagai DAS belum dapat melakukan pengendalian terhadap pemanfaatan lahan beserta dampak degradasi lahan yang menyertainya. Diperlukan suatu kebijakan bersama untuk melakukan pencadangan lahan dan pengendalian lahan potensial yang didukung dengan sistem informasi lahan yang komprehensif, akurat dan memadai untuk pemantauan, perencanaan dan pengambilan keputusan (Haridjaja, 2013; Rustiadi & Wafda, 2013).

IV. Analisis dan Pembahasan

4.1 Analisis Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah aliran sungai atau disingkat DAS, merupakan suatu kesatuan hidrologi di mana seluruh air yang berada di dalam wilayah tersebut berasal dari presipitasi (hujan, embun ataupun salju) yang jatuh di dalam batas-batas geografi dari wilayah itu sendiri (Subramanya, 1999; Valiant, 2008; Asdak, 2010). Bentuk (morfologi) dari suatu DAS mengikuti kontur yang membentuk batas-batas wilayah dan DAS merupakan bagian cekungan yang dibatasi kontur dimaksud. Aliran air di dalam suatu DAS adalah hasil limpasan permukaan, yang berasal dari curah hujan yang dikurangi penguapan (evaporasi) dan serapan air ke dalam tanah (infiltrasi).

Alur sungai sendiri terbentuk akibat ulah dari aliran air itu sendiri. Air yang mengalir di bagian hulu menggerus bagian bawahnya dan membentuk alur, di mana kemudian material gerusan tersebut terbawa aliran dan akan mengendap pada sungai di bagian hilir. Alur sungai di bagian hulu mempunyai ciri khas bertebing curam dan dalam, sehingga penampang melintang berbentuk V. Bagian hulu sungai ditandai oleh batuan berukuran besar, kecepatan aliran besar dan kemiringan dasar sungai yang relatif curam.

Alur sungai di bagian tengah sudah mulai melebar, penampangnya cenderung berbentuk seperti huruf U, endapan berupa batuan kecil-kecil atau kerikil, kecepatan aliran sudah lebih berkurang dan kemiringan dasar sungai mulai mengecil. Adapun alur sungai di bagian hilir cenderung melebar, endapannya berupa pasir, lempung dan lanau, kecepatan alirannya kecil dan kemiringan dasar sungainya relatif landai.

Dari segi umur, Sosrodarsono & Tominaga (1985) membagi sungai ke dalam sungai muda, dewasa dan tua berdasarkan pendapat Salisbury (1908):

- Sungai muda atau *torrent river*, berada dalam tahap pembentukan. Air mengalir ke bawah melalui kemiringan gunung yang terjal dan terpusat pada lipatan-lipatan pegunungan. Oleh karena memiliki dasar sungai yang terjal maka kecepatan aliran dan daya erosinya menjadi besar, sehingga perubahan penampang sungai terjadi terus-menerus.
- Sungai dewasa sudah mendekati keadaan yang lebih stabil, baik dari penampang sungai maupun dari alirannya. Oleh karena kemiringan dasar sungai sudah berkurang, aliran menjadi lebih tunak (*steady*) meskipun tidak sepanjang waktu, dan proses erosi dan sedimentasi masih terjadi secara tetap sepanjang alur sungai.
- Sungai tua, keadaan sudah lebih berbeda. Perubahan penampang baik pada palung maupun tebing sungai sudah tidak terjadi secara tiba-tiba

dan aliran cenderung tunak (*steady*) sepanjang waktu. Sungai ini memiliki keseimbangan angkutan sedimen untuk jangka waktu yang lebih panjang. Menurut bentuknya, sungai dapat dibagi pula ke dalam tiga macam, yakni: (1) sungai lurus; (2) sungai berkelabang atau *braided river*; dan (3) sungai berbelok atau *meander*. Sungai berbelok terdapat pada bagian hilir, sedangkan sungai berkelabang terdapat pada bagian tengah sungai.

Tipe sungai dan DAS di Indonesia dicirikan oleh bentuk pulau. Kepulauan yang terbentuk karena proses geo-tektonis dan belum stabil secara geo-fisika, lazim memiliki sungai yang pendek dan cenderung curam. Hal ini dapat diamati pada sungai-sungai di Jawa dan Sumatera. Sebaliknya, sungai pada pulau yang lebih stabil secara geofisika memiliki sungai yang lebih panjang dan landai, dengan DAS yang melebar.

Tabel 1 – Luas DAS dan panjang berbagai sungai penting di Indonesia

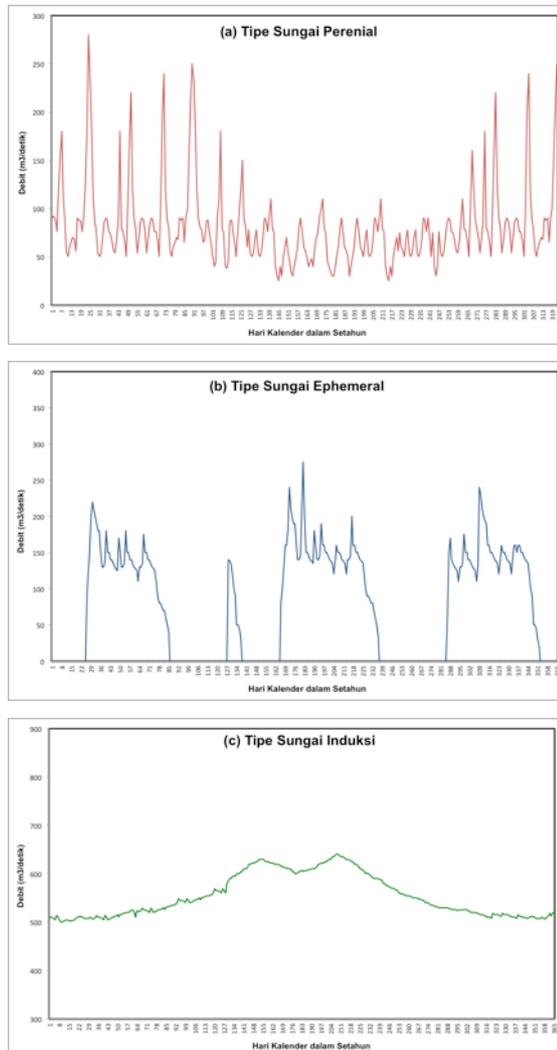
Pulau	Sungai	Luas DAS	Panjang
		km ²	Km
Jawa	Citarum	5.970	250
	Bengawan Solo	16.000	520
	Brantas	12.000	320
	Cimanuk	9.650	182
	Ciliwung	347	117
Sumatera	Asahan	6.000	100
	Kampar	31.000	285
	Batanghari	42.450	635
	Musi	55.580	553
	Seputih	7.290	275
Kalimantan	Barito	23.100	900
	Kapuas Besar	102.920	1.143
	Mahakam	85.860	775
Sulawesi	Rarona	2.300	75
	Walanae	3.170	250
	Sadang	1.080	175
Papua	Memberamo	80.100	660
	Tariku	42.840	7.138
	Taritatu	104.840	1.836
	Einlanden	76.320	2.629
	Digul	65.900	3.086
	Wapoga	10.640	581

Sumber: Anwar (1986); PU (2008); PU (2012)

4.1.1 Ekosistem Daerah Aliran Sungai (DAS)

Komponen utama ekosistem DAS terdiri dari manusia, vegetasi, hewan, tanah, iklim, dan air. Masing-masing komponen tersebut memiliki sifat yang khas dan keberadaannya yang tidak berdiri sendiri, namun berhubungan satu dengan yang lainnya dan membentuk satu kesatuan sistem ekologis. Manusia memegang peranan dan dominan yang penting dalam mempengaruhi kualitas suatu DAS. Gangguan terhadap satu komponen ekosistem akan dirasakan oleh komponen ekosistem lainnya dengan sifat dampak berantai (Ramdan, 2004).

Keseimbangan ekosistem akan terjamin apabila hubungan timbal balik antar komponen ekosistem berjalan dengan baik dan optimal. Kualitas interaksi antar ekosistem dapat terlihat dari kualitas output ekosistem tersebut. Dalam ekosistem DAS kualitas fisiknya terlihat dari besarnya erosi, aliran permukaan, sedimentasi, fluktuasi debit, dan produktifitas lahan.



Gambar 2 – Tipe aliran sungai berdasarkan sumber air permukaannya: (a) perenial dipengaruhi curah hujan di kawasan lembab; (b) ephemeral dipengaruhi curah hujan di kawasan kering; (c) induksi dipengaruhi oleh ketersediaan es atau salju.

Ketersediaan air di suatu DAS mempengaruhi ekosistem dari kawasan tersebut. Ketersediaan ini umumnya dibagi ke dalam tiga jenis berdasarkan tipe aliran sepanjang tahun (Chow *et al*, 1988):

1. Perenial, lazim ditemui pada sungai-sungai di kawasan beriklim lembab dan-atau tropis; aliran air di sepanjang tahun bersifat stabil dan ditandai loncatan-loncatan kecil karena banjir (*direct runoff*) atau *quickflows* yang diakibatkan hujan deras. Contoh dari sungai semacam ini adalah Citarum, Brantas dan Bengawan Solo di Pulau Jawa.

2. Ephemeral, lazim ditemui pada sungai-sungai di kawasan beriklim kering; di mana terdapat periode tertentu sepanjang tahun di mana tidak ada aliran air di sungai. Contoh sungai semacam ini banyak ditemui kawasan Nusa Tenggara Timur dan Maluku.
3. Induksi, merupakan sungai-sungai yang mendapat airnya dari lelehan salju dan es (aliran gletser) sehingga terdapat periode di mana debitnya naik karena musim panas misalnya. Contoh sungai semacam ini adalah Gangga, Jamuna dan Meghna di India dan Banglades yang sumber airnya berasal dari salju abadi di Gunung Everest.

Ketersediaan air yang dihubungkan dengan iklim, jenis tanah dan vegetasi sekitar sungai adalah pembentuk utama ekosistem.

4.1.2 Karakteristik Daerah Aliran Sungai

Zonasi biasanya DAS dibagi menjadi wilayah hulu, wilayah tengah, dan wilayah hilir. DAS bagian hulu sebagai daerah konservasi, berkerapatan drainase tinggi, memiliki kemiringan topografi besar, dan bukan daerah banjir. Adapun DAS bagian hilir memiliki karakteristik sebagai daerah pemanfaatan, kerapatan drainase rendah, kemiringan lahan kecil, dan sebagian diantaranya merupakan daerah banjir. Daerah aliran sungai tengah merupakan transisi diantara DAS hulu dan DAS hilir.

Masing-masing bagian tersebut saling berkaitan. Bagian hulu DAS merupakan kawasan perlindungan, khususnya perlindungan tata air, yang keberadaannya penting bagi bagian DAS lainnya. Contoh keterkaitan antara bagian hulu dengan hilir diantaranya adalah : (a). bagian hulu mengatur aliran air yang dimanfaatkan oleh penduduk di bagian hilir, (b). erosi yang terjadi di bagian hulu menyebabkan sedimentasi dan banjir di hilir, dan (c). bagian hilir umumnya menyediakan pasar bagi hasil pertanian dari bagian hulu (Ramdan, 2004).

Tabel 2 – Perbedaan karakteristik hulu dan hilir dari suatu DAS

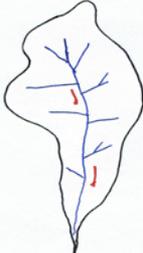
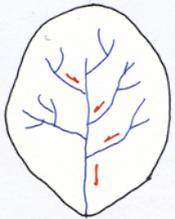
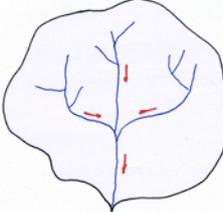
Wilayah Hilir	Wilayah Hulu
<i>Faktor Biofisik</i>	
– Topografi datar	– Bergelombang, berbukit, gunung
– Erosi yang terjadi kecil	– Rawan terhadap terjadinya erosi
– Penutupan lahan bukan hutan	– Didominasi oleh hutan
– Tanah umumnya subur (sedimentasi)	– Tanah umumnya marginal
– Pengolahan tanah intensif dan umumnya telah beririgasi baik	– Pengolahan tanah masih ekstensif dan merupakan lahan kering (tadah hujan)
<i>Faktor Sosial Ekonomi</i>	
– Infrastruktur baik	– Infrastruktur jelek
– Aksesibilitas tinggi	– Aksesibilitas rendah
– Tingkat pendidikan tinggi	– Tingkat pendidikan rendah
– Berorientasi pasar	– Berorientasi subsisten
– Lahan milik pribadi	– Lahan milik pemerintah
– Adanya pencampuran budaya	– Jarang terjadi pencampuran budaya

Wilayah Hilir	Wilayah Hulu
<ul style="list-style-type: none"> - Tenaga kerja upahan - Tingkat kesejahteraan tinggi - Teknologi kompleks - Keterlibatan unsur non-pemerintah relatif rendah 	<ul style="list-style-type: none"> - Tenaga kerja dari kalangan keluarga - Tingkat kesejahteraan rendah - Teknologi masih sederhana - Keterlibatan unsur non-pemerintah lebih tinggi

Sumber: Ramdan (2004)

Umumnya, ketersediaan lahan di dalam suatu DAS juga erat hubungannya dengan karakteristik fisik dari wilayah sungai – baik untuk kawasan hulu, tengah dan hilir. Selain itu, menilik dari bentuk DAS, maka lazimnya perencanaan penggunaan lahan harus juga mempertimbangkan aspek geomorfologi dan pedologi dari kawasan hulu, tengah dan hilir dari sungai tersebut beserta ciri-ciri fisiknya. Untuk itu, diperlukan perluasan evaluasi pada penilaian di tingkat satuan DAS setelah dilakukan pemetaan dan evaluasi pada satuan *polipeton* di lahan.

Tabel 3 – Tipe DAS dan karakteristik persungaiannya

Tipe DAS	Karakteristik	Sketsa
Daun	Sungai utama yang mendapat aliran dari sungai-sungai orde ke 2 yang bergabung dengan pola menyirip menyerupai daun atau tulang ikan (<i>fish-bone</i>).	
Radial	Sungai orde 3 bergabung membentuk sungai orde 2 dan beberapa orde ke 2 membentuk sungai utama. Percabangan anak-anak sungai mengikuti pola dendritik (<i>neural</i>).	
Paralel	Sungai utama merupakan pertemuan dari dua atau lebih sungai orde ke 2 yang mengalir relatif sejajar.	
Kompleks	Gabungan dari pola daun, radial atau paralel.	

Sumber: Sosrodarsono & Tominaga (1985)

4.1.3 Jaringan Sungai dan Pola Aliran Sungai

Sebagian besar air hujan yang turun ke permukaan tanah, mengalir ke tempat-tempat yang lebih rendah dan setelah mengalami bermacam-macam perlawanan akibat gaya berat, akhirnya melimpah ke danau atau laut. Suatu

alur yang panjang di atas permukaan bumi tempat mengalirnya air yang berasal dari hujan inilah yang dinamakan sungai (Sosrodarsono & Tominaga, 1985)

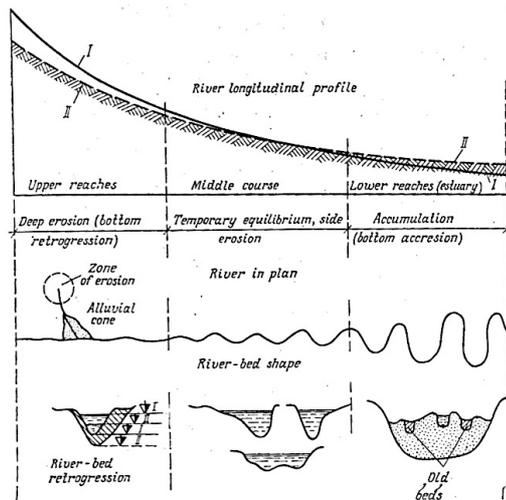
Sungai merupakan salah satu sumberdaya air yang berperan penting bagi kehidupan. Oleh sebab itu peradaban manusia selalu dimulai dari daerah yang berdekatan dengan air, bahkan ditepi sungai. Di samping itu, DAS adalah tempat bertumpu hampir semua kegiatan ekonomi, seperti pertanian, industri, perdagangan, jasa, transportasi, serta kawasan perkotaan dan pemukiman. Dalam pemanfaatan suatu DAS, kegiatan tersebut dapat saling mengisi maupun bersaing dalam penggunaan lahan, serta mempunyai pengaruh timbal balik terhadap ketersediaan air baik dari segi jumlah maupun mutu.

Air hujan yang jatuh dan menjadi sumber air sungai kemudian akan membentuk daerah pengaliran. Mulai dari mata airnya di bagian yang paling hulu dan mengalir menuju ke hilir, aliran sungai berangsur-angsur berpadu dengan banyak sungai lainnya, sehingga lambat laun tubuh sungai menjadi semakin besar. Cabang-cabang sungai yang bermuara di danau maupun di laut dikelompokkan menjadi dua kelompok berdasar panjang dan besar volume airnya yaitu sungai utama (*main river*) dan anak sungai (*tributary*).

Sifat-sifat sungai sangat dipengaruhi oleh luas dan bentuk daerah pengaliran serta kemiringannya. Sebagai gambaran, pada daerah-daerah pegunungan dengan tingkat kemiringan yang curam biasanya memiliki daerah pengaliran sungai yang tidak luas. Sedangkan Indonesia, memiliki keragaman geografis yang menyebabkan sungai-sungainya cenderung pendek dan terjal. Hanya beberapa sungai yang memiliki panjang lebih dari 300 km atau dengan daerah pengaliran sungai melebihi 15.000 km². Ikhtisar dari kondisi sejumlah sungai di Indonesia diberikan pada Tabel 1.

Sedangkan alur sungai terbentuk akibat ulah dari aliran air itu sendiri. Air yang mengalir di bagian hulu menggerus bagian bawahnya dan membentuk alur, di mana kemudian material gerusan tersebut terbawa aliran dan akan mengendap pada sungai di bagian hilir. Alur sungai di bagian hulu mempunyai ciri khas bertebing curam dan dalam, sehingga penampang melintang berbentuk V. Bagian hulu sungai ditandai oleh batuan berukuran besar, kecepatan aliran besar dan kemiringan dasar sungai yang relatif curam.

Alur sungai di bagian tengah sudah mulai melebar, penampangnya cenderung berbentuk seperti huruf U, endapan berupa batuan kecil-kecil atau kerikil, kecepatan aliran sudah lebih berkurang dan kemiringan dasar sungai mulai mengecil. Adapun alur sungai di bagian hilir cenderung melebar, endapannya berupa pasir, lempung dan lanau, kecepatan alirannya kecil dan kemiringan dasar sungainya relatif landai.



Gambar 3 – Tipe sungai berdasarkan pembagian hulu, tengah dan hilir

Dari segi umur, sungai dibagi ke dalam sungai muda, dewasa dan tua:

- Sungai muda atau *torrent river*, berada dalam tahap pembentukan. Air mengalir ke bawah melalui kemiringan gunung yang terjal dan terpusat pada lipatan-lipatan pegunungan. Oleh karena memiliki dasar sungai yang terjal maka kecepatan aliran dan daya erosinya menjadi besar, sehingga perubahan penampang sungai terjadi terus-menerus.
- Sungai dewasa sudah mendekati keadaan yang lebih stabil, baik dari penampang sungai maupun dari alirannya. Oleh karena kemiringan dasar sungai sudah berkurang, aliran menjadi lebih tunak (*steady*) meskipun tidak sepanjang waktu, dan proses erosi dan sedimentasi masih terjadi secara tetap sepanjang alur sungai.
- Sungai tua, keadaan sudah lebih berbeda. Perubahan penampang baik pada palung maupun tebing sungai sudah tidak terjadi secara tiba-tiba dan aliran cenderung tunak (*steady*) sepanjang waktu. Sungai ini memiliki keseimbangan angkutan sedimen untuk jangka waktu yang lebih panjang (Valiant, 2008).

Pola aliran sungai apabila dilihat dari atas tampak menyerupai beberapa bentuk, seperti menyerupai percabangan pohon (*dendritic*), segi empat (*rectangular*), jari-jari lingkaran (*radial*), dan *trellis*. Pola aliran ini dapat merupakan petunjuk awal tentang jenis dan struktur batuan yang ada dan formasi geologi permukaan (litologi) dari DAS. Takrif mengenai pola aliran menurut Sosrodarsono & Tominaga (1985):

1. Pola *dendritic* terdapat pada daerah dengan batuan sejenis dan penyebaran yang luas, misalnya kawasan yang tertutup endapan sedimen yang terluas dan terletak pada bidang horizontal, seperti di dataran rendah bagian timur Sumatera dan Kalimantan.

2. Pola *rectangular* terdapat di daerah berbatuan kapur, seperti di kawasan Gunung Kidul, Yogya.
3. Pola *radial* dijumpai di daerah lereng gunung berapi, seperti Gunung Semeru, Ijen dan Merapi.
4. Pola *trellis* dijumpai di daerah dengan lapisan sedimen di daerah pegunungan lipatan seperti di Sumatera Barat dan Jawa Tengah.

4.2 Analisis Pemanfaatan Lahan

4.2.1 Vegetasi dan Tutupan Lahan

Dalam siklus hidrologi suatu DAS peran vegetasi menjadi sangat penting yaitu berperan dalam proses *intercepting* hujan yang jatuh dan *transpiring* air yang *terabsorpsi* oleh akar tanaman.

Vegetasi dapat memberi petunjuk untuk mengetahui potensi lahan dan kesesuaian lahan bagi penggunaan tertentu melalui kehadiran tanaman-tanaman indikator. Vegetasi dan tutupan lahan ini penting dipergunakan untuk kegiatan penilaian kualitas lingkungan. Indikator kualitas lingkungan yang terkait dengan tutupan vegetasi, antara lain adalah kualitas tutupan lahan hutan di Indonesia memiliki kualitas yang baik pada luasan >30% dari jumlah luasan daratan yang dapat menggambarkan suatu kualitas lingkungan yang baik. Semakin kecil luasan daerah hutan di suatu kawasan DAS terutama di daerah bagian atas (hulu) akan berdampak terhadap semakin meningkatnya potensi terjadinya banjir, terjadinya sedimentasi, fluktuasi debit sungai yang tinggi antara musim kemarau dan musim kering dan lain-lain.

Data tutupan vegetasi dapat diperoleh secara langsung melalui pengukuran di lapang (*ground check*) ataupun tidak langsung dengan menggunakan citra satelit. Bentuk pengukuran dengan satelit saat ini sudah lebih lazim dipakai karena dapat dibuat lebih cepat, konsisten dan menjangkau daerah yang lebih luas, khususnya jika dikaitkan dengan kebutuhan penilaian suatu area yang luas seperti kawasan DAS.

Untuk keperluan analisis suatu area yang luas, sering diperlukan data yang tidak hanya statis tetapi dinamis. Dalam hal ini untuk mengelola yang besar dan dinamis maka diperlukan suatu penyusunan data dan bank data yang sistematis yang sesuai dengan keadaan DAS, administrasi atau keperluan lainnya.

Analisa vegetasi dan tutupan lahan juga dapat dipakai untuk keperluan pemantauan permasalahan yang terkait dengan perencanaan tutupan vegetasi yang mencakup hal seperti penguasaan, penggunaan dan pemanfaatan. Keberadaan informasi seperti yang disinggung dalam perencanaan tutupan

vegetasi tersebut sangat penting berguna dalam pengambilan keputusan (Anonim, 2010)

4.2.2 Pemukiman, Jaringan Transportasi, dan Industri

Kawasan permukiman memiliki karakteristik aglomerasi yang bersifat menetap sehingga pemanfaatan lahan untuk keperluan ini dapat memakai jenis-jenis lahan yang kurang sesuai bagi pemanfaatan produktif semacam pertanian atau konservasi. Lazimnya kawasan permukiman memiliki akses pada jaringan transportasi, sehingga pembentukan suatu kawasan permukiman pada bidang-bidang lahan tertentu, diatur sedemikian rupa agar dapat terhubung melalui jaringan transportasi (jalan, rel kereta, *monorail*, *subway* dan lain-lain).

Pemilihan lahan untuk suatu kawasan permukiman umumnya menganut azas-azas pokok: kekuatan tanah yang memadai untuk dijadikan kawasan hunian (bukan rawa atau payau dengan pedologi yang tidak mendukung proses konstruksi di permukaan tanah), tanah tidak dapat dimanfaatkan secara lebih efisien untuk keperluan produktif (rendah zat hara) dan secara hidrologi serta keikliman tidak memiliki kendala.

Adapun pemanfaatan lahan untuk keperluan industri coraknya tidak berbeda banyak dengan permukiman. Pertimbangan pokok dari pemanfaatan lahan untuk industri adalah faktor kesesuaian dengan kegiatan usaha yang dilakukan. Di dalam pertimbangan termasuk aspek pembuangan limbah (cair, padat maupun gas) yang diharapkan tidak mengganggu sumberdaya alam di sekitar tapak pemanfaatan, seperti tanah, air dan udara. Pembukaan suatu kawasan industri memang wajib dipertimbangkan dampaknya pencemaran lahan dan air, yang bersifat spasial dan dapat mempengaruhi penggunaan tanah dan air di tempat yang lain. Sejauh mungkin, penggunaan lahan untuk keperluan industri didasarkan pada hasil evaluasi kesesuaian dan ketidaksesuaian yang dibandingkan terhadap kriteria pemanfaatan produktif lainnya.

Pembentukan suatu jaringan transportasi lazimnya memiliki pertimbangan yang bersifat teknis sipil, baik dari segi topografi (garis kontur) dari bentang lahan, jarak tempuh paling efisien dan juga perencanaan media jalan yang optimum (rel kereta terpendek, jalan dengan tikungan tersedikit dan lain sebagainya). Pembangunan suatu jaringan transportasi juga dapat memanfaatkan lahan yang kurang produktif. Umumnya, dipilih trase untuk jaringan transportasi yang memanfaatkan koridor antar ruang.

4.2.3 Ketersediaan Lahan

Ketersediaan lahan dapat diartikan sebagai daerah atau lokasi yang terbebas dari areal kategori perlindungan ataupun daerah yang perlu dilindungi karena memiliki keunikan wilayah (Syahrial, 2009)

Pertambahan penduduk mendorong meningkatnya kegiatan kehidupan sosial dan ekonomi yang selanjutnya menyebabkan kenaikan kebutuhan akan lahan. Kebutuhan lahan wilayah terutama di perkotaan berhubungan dengan perluasan ruang kota untuk digunakan bagi prasarana seperti perumahan, jaringan air minum, jaringan sanitasi, taman-taman kota dan lapangan olah raga. Penyediaan lahan yang sangat terbatas untuk mencukupi kebutuhan-kebutuhan tersebut cenderung mengakibatkan kenaikan harga lahan yang selanjutnya mendorong meluasnya spekulasi tanah sehingga menyebabkan pola penggunaan lahan yang kurang efisien, selain itu perkembangan yang pesat akan cenderung menurunkan kualitas lingkungan, seperti menurunnya kapasitas dan kualitas air.

Jumlah penduduk yang selalu mengalami perubahan, mengakibatkan kebutuhan lahan sebagai wadah kegiatan juga berubah terus menerus. Lahan keberadaannya tidak dapat dipisahkan dengan perkembangan kehidupan manusia, karena lahan merupakan wadah tempat berlangsungnya berbagai aktivitas untuk menjamin kelangsungan hidup manusia. Oleh karena itu, dinamika kehidupan sejumlah penduduk di suatu daerah akan tercermin hubungan interaksi aktivitas penduduk dengan lingkungannya.

Berbagai bentuk pembangunan yang telah dan sedang dilaksanakan pada saat ini, terutama pembangunan yang bersifat fisik tidak luput dari kebutuhan akan lahan. Pemenuhan kebutuhan lahan untuk pembangunan dan aktivitas manusia merupakan salah satu sebab terjadinya dinamika penggunaan lahan di atas yang disebabkan oleh faktor-faktor saling berpengaruh antara lain pertumbuhan penduduk, pemekaran atau perkembangan daerah terutama daerah perkotaan ke daerah pedesaan dan kebijaksanaan pembangunan pusat maupun daerah (Harahap, 2010). Sehingga, dalam kerangka berbagai kegiatan pembangunan yang dilakukan mendesak dilakukan evaluasi lahan agar terdapat kesesuaian antara kegiatan yang direncanakan dengan lahan yang akan dipergunakan.

Penyediaan lahan yang sesuai untuk kegiatan pertanian berkelanjutan (Sabiham, 2103) dan ketahanan pangan atau *food resilience* (Rustiadi & Wafda, 2013) semakin mendesak untuk diperhatikan. Oleh karena itu, perlu dilakukan kegiatan evaluasi lahan yang cukup luas bagi sebagian besar kawasan Indonesia yang masih berpotensi untuk dikembangkan, selain evaluasi penggunaan lahan pada kawasan dengan aktifitas perekonomian yang tinggi. Evaluasi untuk kawasan Indonesia yang berpotensi, dapat diarahkan kepada perluasan fungsi-fungsi produktif lahan – baik untuk ketersediaan pangan maupun energi dari biomassa – sedangkan evaluasi lahan untuk kawasan yang telah dipadati kegiatan dapat dilakukan untuk mempertahankan luasan lahan produktif yang dapat dikembangkan untuk keperluan dasar manusia seperti penyediaan pangan dan air.

4.3 Reformasi Tata Guna Lahan Berbasis Evaluasi Lahan

Munculnya permasalahan-permasalahan terkait dengan pemanfaatan lahan memberikan gambaran kepada kita bahwa tata guna lahan yang telah dilakukan selama ini masih belum bisa memberikan wujud suatu wilayah yang nyaman, produktif, dan berkelanjutan. Beberapa hal penting yang mungkin dilaksanakan dalam upaya menekan munculnya permasalahan-permasalahan tersebut antara lain:

1. Penyiapan dari berbagai norma, standar, pedoman dan manual (atau yang kerap kali disingkat NSPM) dalam bidang penataan ruang. Adanya NSPM bidang tata ruang akan mengarahkan perumusan, penahapan, pelaksanaan serta pembiayaan program, termasuk juga aspek koordinasi antar instansi. Melalui penyiapan NSPM yang baik dan berkualitas maka akan diperoleh produk rencana tata ruang yang sesuai dengan daya dukung lingkungan, kebutuhan sarana dan prasarana, perkembangan kebutuhan masyarakat. Oleh karena itu kurangnya NSPM bidang penataan ruang yang berkualitas akan menjadi suatu kelemahan dalam mencapai produk tata ruang yang baik. Maka dibutuhkan suatu komitmen untuk terus-menerus memperkuat dan mempertajam NSPM bidang penataan ruang tersebut.
2. Perlu dilakukan penyempurnaan perundang-undangan tentang penataan ruang. Sebagaimana dipahami, perundang-undangan ini adalah payung hukum bagi penyelenggaraan penataan ruang. Beberapa ketentuan yang ada di UU No 24 Tahun 1992 tentang Penataan Ruang dirasa perlu dilakukan penyempurnaan untuk bisa dijadikan pedoman yang tegas dalam memberikan arahan bagi para pemangku kepentingan dalam proses perencanaan tata ruang, pemanfaatan ruang, dan pengendalian pemanfaatan ruang – termasuk di dalamnya penetapan evaluasi lahan sebagai dasar perencanaan. Beberapa ketentuan yang dirasa perlu untuk disempurnakan antara lain: pengaturan sanksi, peraturan zonasi, mekanisme insentif-disinsentif, ruang terbuka hijau, standar pelayanan minimal bidang penataan ruang, pengawasan penataan ruang, kejelasan hirarki fungsional antar rencana tata ruang, dan kejelasan struktur ruang.
3. Perlu ditingkatkan pengawasan dalam penyelenggaraan dan penataan ruang, yang merupakan pemantauan yang dilakukan agar proses yang dilaksanakan tidak melenceng dari tujuan terwujudnya ruang yang nyaman, produktif dan berkelanjutan. Oleh karena itu pengawasan yang efektif akan memberi pengaruh yang besar terhadap keberhasilan penyelenggaraan penataan ruang.

4. Upaya penegakkan hukum terhadap pelanggaran dalam hal pengadaan dan penataan ruang mendesak untuk dilaksanakan. Penegakkan hukum yang tegas dan konsisten dapat menekan jumlah pelanggaran yang terjadi. Dalam RUU yang menggantikan UU No 22 Tahun 1992, maka tindakan pelanggaran terhadap tata ruang dapat dikenai sanksi pidana, perdata dan administratif (Dardak, 2013).

V. Simpulan dan Rekomendasi

5.1 Simpulan

Ulasan di dalam makalah ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Evaluasi lahan merupakan suatu proses pendugaan sumberdaya lahan untuk tujuan tertentu dengan menggunakan suatu pendekatan atau cara yang sudah teruji dan merupakan dasar dalam perencanaan penggunaan lahan. Evaluasi lahan dapat memberikan informasi dan/atau arahan penggunaan lahan sesuai dengan keperluan. Dalam pengelolaan DAS, evaluasi lahan untuk keperluan perencanaan memiliki peran penting oleh karena hampir tidak ada aktifitas yang dilakukan tanpa dukungan lahan.
2. Suatu DAS memiliki peran penting dalam mendukung perkembangan kehidupan masyarakat. Oleh karena ketersediaan lahan di dalam suatu DAS juga erat hubungannya dengan karakteristik fisik dari wilayah sungai – baik untuk kawasan hulu, tengah dan hilir – selain dari bentuk DAS yang dipengaruhi aspek topografi dan litologi (geologi permukaan) maka lazimnya perencanaan penggunaan lahan harus juga mempertimbangkan aspek geomorfologi dan pedologi dari kawasan hulu, tengah dan hilir dari sungai tersebut beserta ciri-ciri fisiknya.
3. Berbagai bentuk pembangunan yang telah dan sedang dilaksanakan pada saat ini, terutama pembangunan yang bersifat fisik tidak luput dari kebutuhan akan lahan sehingga mendesak untuk dilakukan perluasan upaya-upaya evaluasi lahan agar terdapat kesesuaian antara kegiatan yang direncanakan dengan lahan yang akan dipergunakan. Salah satu kegiatan yang berlandaskan evaluasi perencanaan dan penggunaan lahan adalah kegiatan program pertanian untuk ketahanan pangan atau *food resilience*.
4. Diperlukan kegiatan evaluasi lahan secara luas bagi sebagian besar kawasan Indonesia yang masih berpotensi untuk dikembangkan. Kerangka evaluasi lahan ini hendaknya dihubungkan pengembangan aktifitas perekonomian dan diarahkan kepada dukungan terhadap kegiatan yang memperluas fungsi produktif lahan – baik untuk ketersediaan pangan maupun energi dari biomassa – maupun pemenuhan keperluan dasar manusia seperti pangan dan air, selain konservasi untuk cekapan karbon (*carbon sequestration*).
5. Perencanaan penggunaan lahan berbasis evaluasi lahan seyogianya masuk ke dalam ketentuan perundang-undangan, mengingat UU No 24 Tahun 1992 tentang Penataan Ruang semakin dirasa perlu disempurnakan agar bisa dijadikan pedoman yang tegas dalam

memberikan arahan bagi para pemangku kepentingan dalam proses perencanaan tata ruang, pemanfaatan ruang, dan pengendalian pemanfaatan ruang.

5.2 Rekomendasi

Disarankan agar kegiatan evaluasi lahan diadakan secara luas sebagai kebijakan perencanaan kawasan Indonesia, baik sebagai bagian kebijakan yang dituangkan melalui perbaikan pada UU No 24 Tahun 1992, maupun melalui kegiatan nyata untuk memetakan potensi dan rancangan penggunaan lahan sesuai kebutuhan pembangunan dan pertumbuhan ekonomi Indonesia.

Selain itu, direkomendasikan untuk menggunakan evaluasi lahan sebagai dasar dalam perencanaan pengelolaan kawasan DAS, agar dapat dioptimalkan ketersediaan sumberdaya lahan yang ada, baik untuk keperluan pertanian yang produktif (bahan pangan dan sumber energi biomassa), konservasi air dan pelestarian ekosistem.

VI. Pustaka

- Anwar, N. 1986. *Rekayasa Pengembangan Sumberdaya Air*. Kartika Yudha. Surabaya, Indonesia.
- Arsyad, S., dan E. Rustiadi. 2013. *Penyelamatan Tanah, Air dan Lingkungan*. Yayasan Pustaka Obor, Jakarta, Indonesia: 1-16. ISBN 978-979-461-702-1
- Asdak, C. 2010. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta, Indonesia. ISBN 979-420-737-3
- Bossio, D., A. Noble, D. Molden, dan V. Nangia. 2008. Land Degradation and Water Productivity in Agricultural Landscapes. *Conserving Land, Protecting Water* (penyunting: D. Bossio dan K. Geheb). CAB International, Oxfordshire, Inggris: 20-32.
- Bossio, D., K. Geheb, dan W. Critchley. 2010. Managing water by managing land: addressing land degradation to improve water productivity and rural livelihoods. *Agricultural Water Management* **97**: 536-542.
- Dardak, H. 2013. *Pemanfaatan Lahan Berbasis Tata Ruang Sebagai Perwujudan ruang Hidup yang Nyaman, Produktif, dan Berkelanjutan* dalam Penyelamatan Tanah, Air dan Lingkungan (penyunting: S. Arsyad & E. Rustiadi). Yayasan Pustaka Obor, Jakarta, Indonesia: 33-46. ISBN 978-979-461-702-1
- Departemen Pekerjaan Umum (PU). 2008. *Profil Balai Wilayah Sungai (BWS) Papua*. Direktur Jenderal Sumberdaya Air, BWS Papua, Jayapura, Indonesia.
- Falkenmark, M., dan Lannerstad, M. 2005. Consumptive water use to feed humanity – curing a blind spot. *Hydrology and Earth System Sciences* **9**: 15–28. DOI: 607-7938/hess/2005-9-15
- FAO, 1976. *A Framework for Land Evaluation*. FAO Soil Bulletin 32. Soil Resources Management and Conservation Service Land and Water Development Division. Rome. Italy.
- Handoko I., Sugiarto Y., dan Syaikat Y. 2008. *Keterkaitan Perubahan Iklim dan Produksi Pangan Strategis: Telaah Kebijakan Independen Dalam Bidang Perdagangan dan Pembangunan*. SEAMEO Biotrop. Bogor, Indonesia: 20-43. ISBN 978-979-8275-20-3
- Harahap, A. R. M. 2010. *Analisis (Teoritis dan Empiris) Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Ketersediaan Lahan dan Migrasi Penduduk*. Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara. Sumatera.
- Haridjaja, O. 2013. *Pentingnya Konservasi Sumberdaya Lahan* dalam Penyelamatan Tanah, Air dan Lingkungan (penyunting: S. Arsyad & E. Rustiadi). Yayasan Pustaka Obor, Jakarta, Indonesia: 17-32. ISBN 978-979-461-702-1
- Li, Z., W. Liu, X. Zhang, dan F. Zheng. 2009. *Impacts of land use change and climate variability on hydrology in an agricultural catchment on the Loess Plateau of China*. *Journal of Hydrology* **377**: 35–42.
- Kementerian Pekerjaan Umum (PU). 2012. *Pola Pengelolaan Sumberdaya Air di Wilayah Sungai*.
- Mitchell, B., Setiawan, B. dan Rahmi, D.H. 2010. *Pengelolaan Sumberdaya Lingkungan*. Penerbit Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. Indonesia: 35-37. ISBN 979-420-468-4
- Ramdan, H. 2004. *Prinsip Dasar Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Fakultas Kehutanan. Universitas Winaya Mukti. Sumedang, Indonesia.
- Rasna, W. 2000. *Karakteristik Zone Agroekosistem dan Kesesuaian Lahan di Lereng Selatan Gunung Batukaru Kabupaten Tabanan*. Fakultas Pertanian Universitas Udayana. Bali, Indonesia.
- Ravi, S., D. D. Breshears, T. E. Huxman & P. D'Odorico. 2010. Land degradation in drylands: interaction among hydrologic-aerolian erosion and vegetation dynamics. *Geomorphology* **116**: 236-245.

- Rayes, M. L. 2007. *Metode Inventarisasi Sumberdaya Lahan*. Penerbit Andi, Yogyakarta, Indonesia: 118-140. ISBN 979-763-613-5
- Ritung, S., Wahyunto, Agus, F. & Hidayat, H. 2007. *Evaluasi Kesesuaian Lahan dengan Contoh Peta Arahana Penggunaan Lahan Kabupaten Aceh Barat*. Balai Penelitian Tanah dan World Agroforestry Centre. Bogor.
- Rustiadi, E. & R. Wafda. 2013. *Urgensi Pengembangan Lahan Pertanian Pangan Abadi dalam Perspektif Ketahanan Pangan* dalam Penyelamatan Tanah, Air dan Lingkungan (penyunting: S. Arsyad & E. Rustiadi). Yayasan Pustaka Obor, Jakarta, Indonesia: 61-89. ISBN 978-979-461-702-1
- Sosrodarsono, S. & M. Tominaga. 1985. *Perbaikan dan Pengaturan Sungai*. PT Pradnya Paramitra. Jakarta, Indonesia.
- Valiant, R. 2008. *Pengelolaan Sumberdaya Air (PSA)*. Universitas Tribhuwanatunggadewi. Malang, Indonesia.