

## PEMBANGUNAN PERTANIAN BERBASIS EKOREGION DARI PERSPEKTIF PENGELOLAAN SUMBER DAYA LAHAN DAN AIR

*Nono Sutrisno dan Nani Heryani*

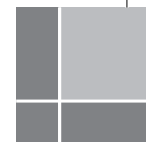
### PENDAHULUAN

Pembangunan pertanian yang dilakukan perlu memperhatikan dinamika lingkungan strategis domestik dan global dalam arti situasi kepentingan nasional dan internasional serta ketentuan-ketentuan global yang sudah disepakati. Tahapan yang dilakukan disesuaikan dengan kondisi pada saat itu, target-target jangka pendek dan jangka panjang dengan perencanaan yang tepat. Menurut Muchjidin (2014), pentingnya peran pemerintah dalam menyusun perencanaan juga berkaitan dengan penyesuaian terhadap dinamika lingkungan strategis domestik dan global. Dinamika lingkungan global berkaitan dengan globalisasi yang menjadikan adanya persaingan antar negara. Dilingkungan domestik, dinamika pembangunan dihadapkan kepada reformasi pembangunan yang mengarah kepada otonomi daerah dan *good governance*: transparansi, akuntabilitas, partisipasi, bebas KKN, pelayanan publik yang lebih baik. Pada kondisi terjadinya dinamika lingkungan strategis global dan domestik tersebut, pembangunan pertanian dihadapkan kepada tantangan pemenuhan kebutuhan pangan dan energi, upaya pengentasan kemiskinan dan menjaga keberlanjutan lingkungan.

Menurut Setyanto *dkk* (2014), pembangunan pertanian periode 2004-2014 dihadapkan kepada masalah-masalah kesejahteraan petani, kemiskinan, pengangguran, ancaman terhadap ketahanan pangan, infrastruktur pertanian yang kurang mendapat perhatian, investasi pertanian relatif rendah, stagnasi terobosan teknologi, akses pasar yang masih lemah dan lainnya. Hal tersebut muncul akibat adanya berbagai perubahan dan perkembangan lingkungan domestik maupun internasional yang sangat dinamis serta persoalan mendasar sektor pertanian serta terbatasnya sumber daya lahan dan air. Selain itu, pembangunan pertanian menghadapi banyak tantangan, antara lain bagaimana memenuhi kebutuhan pangan serta keseimbangan gizi keluarga, memperbaiki dan membangun infrastruktur lahan dan air serta perbenihan dan perbibitan, meningkatkan produktivitas dan nilai tambah produk pertanian, membudayakan penggunaan pupuk kimiawi dan organik secara berimbang untuk memperbaiki dan meningkatkan kesuburan tanah, mengupayakan adaptasi terhadap perubahan iklim dan pelestarian lingkungan hidup (Rencana Strategis Pembangunan Pertanian Tahun 2005-2009 dan 2010-2014).

Berbeda dengan proses penyusunan kebijakan pembangunan pertanian dan manajemennya di masa lalu, paradigma yang harus dianut masa ini adalah paradigma *grass-root approach* dengan mengacu pada kebijakan makro yang berfungsi sebagai kebijakan payung yang dalam implementasinya memiliki fleksibilitas sesuai dengan kondisi lingstra yang bersifat spesifik lokasi. Upaya pelibatan kelompok pemangku kepentingan pembangunan sektor hendaknya dilakukan secara proporsional, namun mampu memberikan masukan yang bersifat aspiratif. Dalam era otonomi sekarang ini, pembangunan kewilayahan menjadi penting sehingga diperlukan pendekatan pembangunan terpadu dan terintegrasi. Kondisi seperti ini menuntut sikap akomodatif sektor dalam mengejar tujuan yang sama: pembangunan wilayah otonom secara berimbang antar sektor dan kelembagaan (Kedi 2014).

Sistem pertanian yang merupakan implementasi dari pembangunan pertanian secara teknis terbagi menjadi pertanian berwawasan lingkungan dan pertanian eksploitatif. Pembangunan pertanian yang menerapkan sistem pertanian berbasis ekoregion dengan dasar kesesuaian lahan dan daya dukung lingkungan diharapkan dapat memproduksi secara berkelanjutan. Sebaliknya, bila tidak memperhatikan daya dukung lingkungan dan bersifat



eksploitatif seperti perladangan berpindah yang siklusnya dipercepat, pertanaman sayuran searah lereng pada lahan berlereng curam, konversi lahan dari hutan menjadi lahan pertanian tanpa konservasi, produksinya tidak berkelanjutan, hanya akan menguntungkan sesaat. Demikian pula perladangan berpindah dengan siklus yang dipercepat, menyebabkan degradasi lahan yang dipercepat, dan selanjutnya produksi cenderung tidak berkelanjutan. Sistem pertanaman sayuran pada lereng curam tanpa menerapkan konservasi lahan yang tepat, akan menyebabkan terjadinya erosi dan *run off* yang dalam waktu tidak akan lama menyebabkan degradasi lahan yang dipercepat. Konversi lahan dari lahan hutan menjadi lahan pertanian dengan tidak menerapkan praktek pertanian yang berwawasan lingkungan dapat menyebabkan degradasi lahan.

Berbeda dengan itu, pembangunan pertanian berbasis ekoregion yang dalam implementasinya berdasarkan daya dukung dan kesesuaian lahan dapat memelihara kemampuan lahan untuk memproduksi secara berkelanjutan. Usaha pertanian yang diterapkan memperhatikan kondisi wilayah seperti topografi, sumber daya air dan lainnya untuk dasar penerapan tindakan konservasi lahan yang tepat dan irigasi hemat air yang efisien. Sistem pertanian yang tepat akan dapat menghasilkan produksi berkelanjutan. Produktivitas lahan diharapkan meningkat dan terpelihara secara baik demikian juga kesehatan lahan akan terpelihara tetap baik sehingga produksi pertanian akan dapat dihasilkan secara berkelanjutan. Dalam kaitan dengan pembangunan pertanian, tulisan ini bertujuan mengkaji sistem pertanian bagaimana yang harus diterapkan untuk pembangunan pertanian berbasis ekoregion berdasarkan pengelolaan lahan agar dapat memproduksi secara berkelanjutan.

## **PEMBANGUNAN PERTANIAN YANG TELAH DILAKUKAN**

Pembangunan pertanian yang dilakukan pada saat ini secara umum mengalami 2 kondisi yang berbeda yaitu yang berwawasan lingkungan dan yang bersifat eksploitatif atau dapat dikatakan tidak berdasarkan kesesuaian lahan. Usaha pertanian yang tidak memperhatikan kesesuaian lahan dan bersifat memperoleh keuntungan semata, akan mengalami degradasi lahan yang dipercepat. Akibatnya, produksi pertanian tidak berkelanjutan, dan terjadi penurunan terus sampai akhirnya tidak menghasilkan. Dalam hubungan dengan ketersediaan lahan, di beberapa pulau besar telah terjadi terlampainya ketersediaan lahan oleh kebutuhan lahan (Retnowati, 2015. Berdasarkan kajian KLH (2008), daya dukung lingkungan di beberapa provinsi di Sumatera, mengindikasikan bahwa empat provinsi telah berstatus terlampaui. Hal ini juga terjadi di Pulau Jawa. Ini adalah pemanfaatan ruang yang tidak sesuai dengan kemampuan lahan (*land capability*). Lahan yang berada pada area rawan longsor, seharusnya tidak dibuka untuk pertanian tanaman pangan tanpa intervensi teknologi secara tepat atau pemanfaatan lain yang tidak sesuai. Sebaliknya, beberapa daerah lereng curam di Jawa dan Sumatera diubah fungsinya sebagai lahan pertanian. Akibatnya, terjadi kerusakan lahan yang sangat sulit untuk direhabilitasi, apalagi dengan hilangnya lapisan tanah subur akibat longsor.

### **Pembangunan Pertanian Eksploitatif**

Usaha pertanian tanaman pangan atau hortikultura yang terdapat dibagian hulu DAS yang berlereng curam akan mempunyai konsekuensi terjadi degradasi lahan yang dipercepat akibat erosi. Pada umumnya, tanaman sayuran banyak ditanam di hulu DAS karena iklimnya cocok dan tanahnya subur, dan biasanya tidak menerapkan konservasi tanah yang memadai. Pertanaman yang banyak dilakukan adalah penanaman pada bedengan searah lereng yang menyebabkan aliran permukaan dan erosi sangat besar. Di sisi lain, usahatani sayuran merupakan salah satu alternative untuk meningkatkan pendapatan petani DAS hulu dengan syarat menerapkan tindakan konservasi tanah yang baik (Anwarudin *et al*, 1993)



Budidaya sayuran dataran tinggi umumnya dilakukan secara intensif, ditandai dengan keberadaan pertanaman sayuran yang senantiasa ditanam sepanjang tahun, karena ditunjang oleh curah hujan yang cukup dengan penyebaran merata. Tetapi pengelolaan lahan sebagian besar dilakukan secara sederhana dan bersifat tradisional, mengakibatkan produksi yang dihasilkan tidak berkelanjutan. Hasil yang tinggi hanya terjadi pada awal panen selanjutnya terjadi penurunan hasil dan berlanjut dari tahun ke tahun.

Salah satu penyebab menurunnya produktivitas sayuran adalah akibat para petani tidak melakukan pengelolaan lahan yang tepat dengan menerapkan teknik konservasi tanah dalam usaha taninya, sehingga tanah yang hilang dari lahan budidaya cukup besar (Sutapraja dan Asandhi, 1998; Erfandi *et al.*, 2002). Petani umumnya tidak menerapkan tindakan konservasi tanah untuk mengendalikan erosi pada lahan sayuran yang sebagian besar terletak pada topografi dengan bentuk wilayah bergelombang, berbukit sampai bergunung, sehingga tanahnya akan sangat mudah tererosi. Indikasi terjadinya erosi pada lahan sayuran dataran tinggi adalah besarnya kandungan sedimen tanah dalam air sungai yang senantiasa keruh sepanjang tahun, seperti Sungai Serayu, Citanduy, Citarum, dan lain-lain (Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan, 1995).

Sebagai gambaran pertanaman sayuran yang umum dilakukan petani di Cipanas, Kabupaten Cianjur, Jawa Barat adalah menerapkan pertanaman sayuran pada bedengan searah lereng. Tanaman Caisin ditanam pada bedengan searah lereng. Cara penanaman demikian menyebabkan terjadinya erosi sebesar 12,3 ton/ha, aliran permukaan (*runoff*) terjadi sebesar 21,0 mm atau sebesar 6,97% dari curah hujan, dan hasil Caisin hanya 2,2 ton/ha. Bila dibandingkan dengan pertanaman sayuran yang menerapkan tindakan konservasi, terlihat erosi dan aliran permukaan yang terjadi menurun secara signifikan. Tindakan konservasi tanah sederhana, dengan menerapkan perlakuan yang mudah dipahami petani pada pertanaman petani yakni, bedengan searah lereng kemudian dibuat guludan setiap panjang bedengan 5 m searah kontur dan tanaman rapat searah kontur, hanya menyebabkan erosi sebesar 4,0 ton/ha, aliran permukaan hanya sebanyak 11,4 mm atau sebesar 3,76% dari curah hujan dan hasil Caisin sebesar 4,2 ton/ha, lebih besar dari hasil pertanaman petani (Sutrisno, 2002).

Berladang merupakan kegiatan bercocok tanam oleh sekelompok masyarakat untuk memenuhi kebutuhan hidupnya, hal ini sangat erat kaitannya dengan tradisi budaya. Perladangan bergilir atau biasa dikenal dengan perladangan berpindah, adalah istilah lain yang menggambarkan masa tanam dan masa bera yang berlangsung secara bergiliran. Sistem tebas dan bakar, mengacu pada konsep ladang bergilir, yang dalam proses penyiapan lahan diawali dengan cara tebas dan bakar. Namun demikian, cara ini seringkali dihubungkan dengan pengrusakan atau perambahan hutan karena dilakukan dalam skala luas oleh perkebunan besar atau petani pendatang. Perladangan berpindah yang dipercepat merupakan pengelolaan lahan tradisional yang salah karena bersifat mengeksploitasi sumber daya alam tanah sehingga terjadi degradasi lahan yang berakibat produktivitas tanah menurun (Hauck, G.F, 1987).

Pada tahun 1920, sebuah pandangan mengenai perladangan berkelanjutan muncul. Disebutkan bahwa dengan masa bera panjang, ladang tidak akan menyebabkan degradasi. Namun ancaman akan timbul bilamana panjangnya masa bera tersebut tidak dapat dipertahankan. Pandangan ini banyak ditemukan dari hasil beberapa studi di Afrika.

Teknologi yang digunakan membuka lahan untuk usahatani umumnya pada setiap daerah sama yaitu masih bersifat tradisional. Praktek tebang-tebas-bakar dan tugal untuk tanaman pangan tanpa pemeliharaan adalah ciri khas perladangan berpindah. Umumnya tanaman pangan yang ditanam adalah padi huma dan ditanam 2 kali pada lahan yang sama. Kemudian lahan ditinggalkan setelah terlebih dahulu ditanami karet. Sedangkan lahan yang ditinggalkan akan ditubuhi alang-alang atau belukar, sehingga menciptakan lahan kurang produktif (Erfandi *dkk*, 1994).



Daerah perladangan di Jambi yang ditanam tanaman pangan menyebabkan erosi sebesar 17,35 ton/ha melebihi batas ambang, akan menyebabkan degradasi lahan yang dipercepat. Pada areal pertanian yang menerapkan tindakan konservasi, erosi yang terjadi hanya 7,42 ton/ha. Hasil tanaman padi gogo pada daerah perladangan hanya sebesar 0,7 ton/ha, dan pada daerah yang direhabilitasi dengan tanaman *Mucuna sp.*, hasil padi gogo mencapai 1,8 ton/ha (Erfandi, 1994).

Pada saat ini kondisi sumber daya lahan dan lingkungan pertanian di Indonesia telah mengalami kerusakan yang signifikan, dan dari tahun ke tahun luasnya semakin bertambah. Pada awal tahun 2000, data luas lahan kritis di Indonesia tercatat 23,25 juta ha, dan pada tahun 2007 meningkat menjadi 77,8 juta ha (Anwar, 2007). Peningkatan data luas lahan kritis yang sangat besar tersebut menunjukkan bahwa laju kerusakan sumber daya lahan semakin mengkhawatirkan akibat pengelolaan yang kurang tepat seperti alih fungsi hutan menjadi areal pertanian.

Areal hutan yang dialih fungsikan menjadi lahan pertanian sering kali dituding sebagai penyebab degradasi lahan. Pembangunan pertanian yang tidak berwawasan lingkungan dapat memicu degradasi lahan lebih cepat. Menurut Widiyanto *et al.*, hutan secara umum dapat melindungi permukaan tanah dari bahaya erosi. Alih-guna lahan hutan dan penggunaan lahan untuk pertanian seringkali mendorong peningkatan limpasan permukaan dan erosi. Hasil penelitian di DI kawasan DAS Way Besai menunjukkan bahwa proses penebangan hutan dan penanaman kopi monokultur dianggap sebagai penyebab utama terjadinya perubahan hidrologi dan peningkatan erosi. Sebelum menemukan pemecahan terhadap masalah degradasi lahan dan sumber daya air, lebih dulu harus dipahami permasalahan, penyebab, dampak serta hubungannya dengan berbagai faktor lain. Selanjutnya dikemukakan bahwa dalam beberapa tahun terakhir, penebangan pepohonan besar-besaran dan serentak di hutan maupun di perkebunan baik secara legal maupun ilegal telah meningkatkan lahan terbuka. Pada musim kemarau sinar matahari mengenai permukaan tanah secara langsung, sehingga terjadi percepatan proses-proses reaksi kimia dan biologi, seperti penguraian bahan organik tanah (dekomposisi). Sebaliknya, pada musim penghujan percikan air memukul tanah secara langsung yang mengakibatkan pecahnya agregat tanah, meningkatnya aliran permukaan, serta mengangkut partikel tanah dan bahan organik.

Dalam kurun waktu hingga tahun 2007, telah terjadi perubahan peruntukan kawasan hutan untuk perkebunan seluas 4.741.194 ha (Tabel 1). Berdasarkan data pada Tabel 1, tampak bahwa perubahan kawasan hutan untuk perkebunan di lima provinsi terbesar adalah Provinsi Riau seluas 1.564.061 ha, Provinsi Kalimantan Tengah seluas 619.868 ha, Provinsi Kalimantan Timur seluas 510.580 ha, Provinsi Jambi seluas 345.776 ha, dan Provinsi Papua seluas 286.982 ha. Meskipun tidak disertai keterangan jenis perkebunan apa saja konversi dari kawasan hutan menjadi perkebunan, dapat diperkirakan bahwa sebagian besar alokasi lahan tersebut adalah untuk perkebunan kelapa sawit.

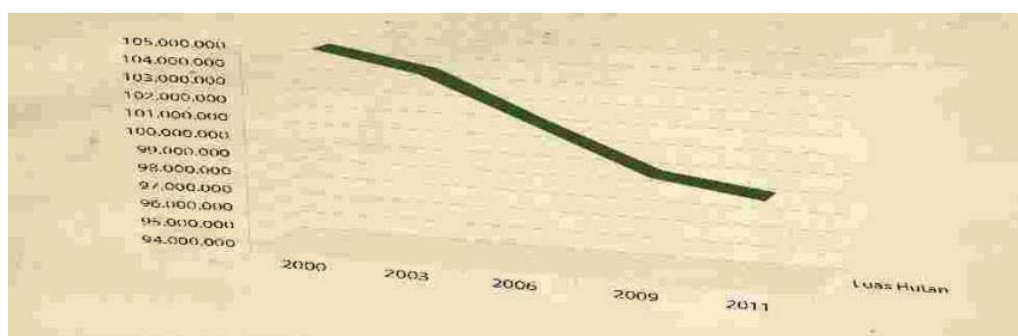
Tutupan lahan dan hutan masih memiliki kecenderungan menurun (Gambar 1), walaupun laju deforestasinya melambat, yaitu 2003 – 2006: 808.754 hektar (0,78 persen); 2006 – 2009: 747.754 hektar (0,74 persen); dan 2009 – 2011: 401.253 hektar (0,41 persen).



Tabel 1. Perubahan Peruntukan Kawasan Hutan Untuk Pertanian/Perkebunan Hingga Tahun 2007 (Sumber KLH-RI, 2011)

No	Provinsi	Tahun 2007 (ha)	Jumlah hingga tahun 2007 (ha)	No	Provinsi	Tahun 2007 (ha)	Jumlah hingga tahun 2007 (ha)
1	NAD	-	265.743,70	21	Kalimantan Tengah	19.678,54	619.868,37
2	Sumatera Utara	-	139.997,93	22	Kalimantan Timur	-	510.580,39
3	Sumatera Barat	9.038,00	157.956,37	23	Kalimantan Selatan	-	199.654,53
4	Riau	6.869,80	1.564.060,87	24	Gorontalo	-	-
5	Kepulauan Riau	-	47.798,81	25	Sulawesi Utara	-	8.887,83
6	Jambi	-	345.775,98	26	Sulawesi Tengah	-	79.473,00
7	Bengkulu	-	57.581,25	27	Sulawesi Selatan	-	84.936,50
8	Bangka Belitung	-	-	28	Sulawesi Tenggara	-	7.862,00
9	Sumatera Selatan	22.010,50	125.394,75	29	Sulawesi Barat	-	6.722,45
10	Lampung	7.864,84	83.964,19	30	Maluku	-	13.767,17
11	DKI. Jakarta	-	-	31	Maluku Utara	-	29.772,25
12	Jawa Barat	-	-	32	Papua	-	286.982,34
13	Banten	-	-	33	Papua Barat	-	-
14	Jawa Tengah	-	-	Jumlah s/d Tahun 2007			4.741.194,00
15	D.I. Yogyakarta	-	-	Jumlah Tahun 2007		65.461,68	
16	Jawa Timur	-	-	Jumlah Tahun 2006		146.635,13	
17	Bali	-	-	Jumlah Tahun 2005		66.181,26	
18	Nusa Tenggara Barat	-	846,86	Jumlah Tahun 2004		-	
19	Nusa Tenggara Timur	-	-	Jumlah Tahun 2003		-	
20	Kalimantan Barat	-	110.234,50	Jumlah s/d Tahun 2002		4.608.062,13	

Sumber : Departemen Kehutanan, 2007

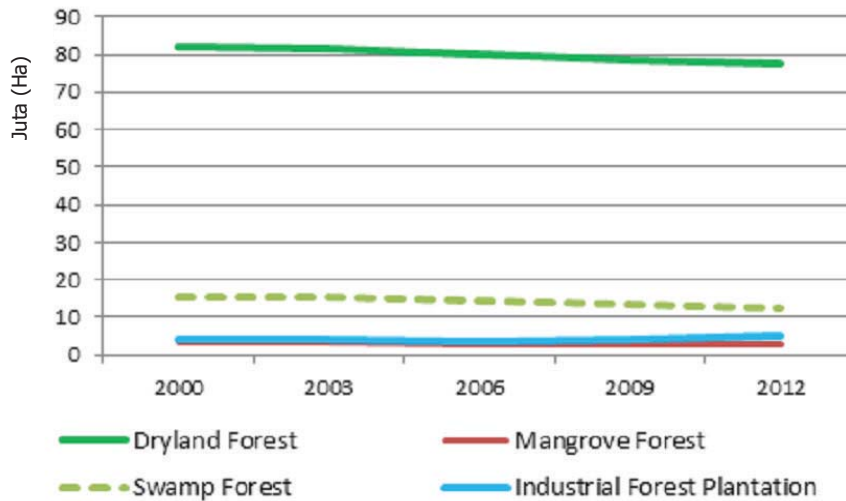


Gambar 1. Perubahan tutupan hutan periode 2000-2011 di Indonesia (Sumber KLH-RI, 2011).

Permasalahan lingkungan yang dihadapi oleh hutan dan lahan mencakup deforestasi, kebakaran, dan lahan kritis. Pada Gambar 1 juga dapat dilihat bahwa luas tutupan hutan di Indonesia sebesar 104 juta hektar pada 2000 menjadi 98 juta hektar di 2011. Dengan demikian, total areal mengalami deforestasi sekitar 6,5 juta hektar selama rentang 11 tahun. Laju penurunan luasan hutan mencapai lebih dari satu persen per tahun, terutama Riau, Jambi, Kalimantan Tengah, Sumatera Utara, dan Bengkulu. Sementara Jawa Timur, Jawa Barat, dan Sumatera Selatan berhasil melakukan reforestasi dalam rentang waktu 2009 hingga 2011 (KLH-RI, 2014).

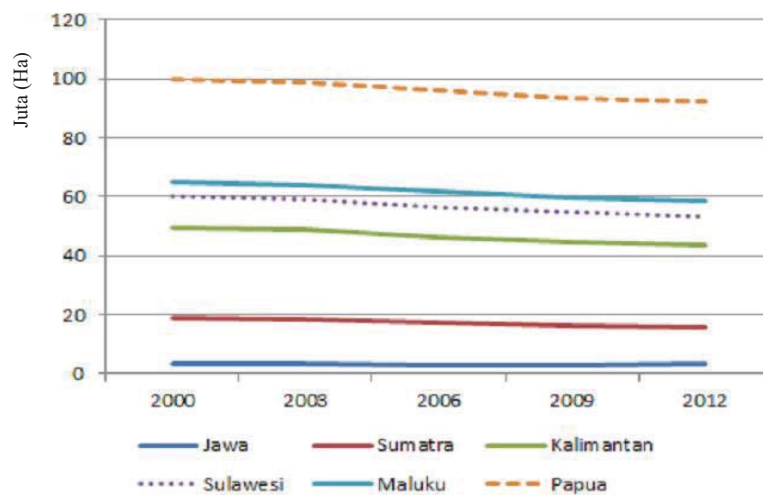


Pada 2012, secara nasional (Kawasan Hutan dan non kawasan hutan) terdapat 97,5 juta hektar, lebih rendah 7,2 juta hektar dibandingkan periode 2000. Gambar 2 menunjukkan tren perubahan luasan berbagai tipe hutan sepanjang 2000-2012.



Gambar 2. Perubahan tutupan hutan pada periode 2000-2012 (Sumber: KLH-RI, 2014)

Ekoregion Papua memiliki hutan yang paling luas, disusul ekoregion Maluku, ekoregion Sulawesi, ekoregion Sumatera dan ekoregion Jawa. Selain ekoregion Pulau Jawa, tren deforestasi ekoregion lain masih cukup besar, walaupun laju perubahan untuk Papua dan Maluku relatif lebih rendah. Deforestasi kedua ekoregion ini terjadi sejak 2009 hingga 2012 (Gambar 3). Hal ini mungkin disebabkan karena aktivitas konversi hutan di kedua ekoregion.



Gambar 3. Perubahan tutupan hutan 2000-2012 di berbagai ekoregion (Sumber: KLH-RI, 2014)

Menurut UU Tata Ruang Wilayah Nasional dan UU Kementerian Kehutanan, seyogyanya tutupan hutan di sebuah DAS harus lebih besar dari 30 persen, dari total areal DAS. Total DAS dan Sub-DAS Indonesia sebanyak 16.958 DAS. Dari jumlah tersebut sebanyak 30,62 persen



(5.193 DAS) tidak mempunyai hutan dan 15,75 persen (2.672 DAS) hanya mempunyai luas hutan di bawah 30 persen.

### **Pembangunan Pertanian Berdasarkan Pengelolaan Sumber Daya Lahan**

Pelaksanaan pembangunan pertanian pada masa yang akan datang akan menghadapi masalah tuntutan pembangunan yang menganut kaidah keberlanjutan atau membangun pertanian kedepan dengan tidak merusak. Pertanian berkelanjutan adalah usaha pertanian yang menggabungkan secara integral antara usaha produksi dengan tindakan pelestarian lingkungan, sumber daya alam pertanian secara berkelanjutan. Dalam pola ini kegiatan pemanfaatan sumber daya lahan untuk kegiatan produksi secara produktif dibarengi oleh tindakan-tindakan pelestarian sumber daya lahan pertanian dengan menerapkan tindakan konservasi tanah yang tepat serta penyehatan tanah dan sumber daya air.

Upaya peningkatan produksi dalam rangka pencapaian kedaulatan pangan dihadapkan kepada permasalahan kemerosotan dukungan sumber daya bagi produksi pertanian seperti lahan, air, SDM berkualitas, teknologi, kelembagaan dan lainnya. Sehubungan dengan itu, diperlukan dukungan ketersediaan sumber daya tersebut agar pelaksanaan pembangunan pertanian selanjutnya dapat berjalan sebagaimana mestinya. Peningkatan produksi pertanian dilakukan melalui perluasan lahan usaha dan atau peningkatan produktivitas. Untuk itu upaya untuk mengembalikan dan memperkuat lahan ketersediaan air bagi usaha pertanian dan memperkuat peningkatan produktivitas harus menjadi langkah awal. Diperlukan kebijakan terpadu pada banyak aspek dan dilaksanakan secara konsisten yang mencakup: (a) perlindungan lahan sawah produktif, (b) penataan pemilikan lahan, (c) perluasan lahan pertanian/sawah, (d) penyediaan infrastruktur, (e) rehabilitasi lahan dan irigasi, (f) peningkatan nilai ekonomi usahatani, (g) Pengendalian laju penduduk dan distribusinya, (h) Sistem Insentif dan (i) penegakan hukum (Muchjidin, 2014).

Pembangunan pertanian yang dilakukan berbasis pengelolaan lahan dapat berfungsi secara berkelanjutan. Sistem pertanaman yang sesuai dengan kesesuaian lahan yang ada, akan dapat berproduksi secara terus-menerus. Tanaman yang ditanam dan tindakan konservasi yang diterapkan disesuaikan dengan kondisi bio fisik setempat. Pada daerah-daerah yang lerengnya landai/berombak (*undulating*) sistem pertanaman tanaman pangan mengikuti arah kontur dengan guludan pendek atau tanpa guludan. Demikian juga proporsi tanaman pangan lebih banyak dibandingkan dengan tanaman tahunan yang ditanam. Berbeda dengan itu, pada daerah yang mempunyai topografi bergelombang (*rolling*) akan menerapkan tindakan konservasi yang lebih berat yaitu guludan setiap 4-5 m dan tanaman pangan ditanam searah kontur. Proporsi tanaman pangan yang ditanam hampir sama dengan tanaman tahunan yang ditanam. Lain lagi untuk pertanaman pada daerah berbukit yang mempunyai lereng lebih curam, tindakan konservasi harus diterapkan secara tepat, pertanaman pangan sangat berkurang proposinya, dan tanaman tahun lebih banyak ditanam. Pembangunan pertanian pada lahan kering berbasis pengelolaan lahan akan dapat berproduksi secara terus menerus karena tidak terjadi degradasi lahan yang dipercepat. Erosi dan aliran permukaan yang menyebabkan degradasi lahan, dibawah batas ambang yang dapat dibiarkan.

Sebagai gambaran pembangunan pertanian yang dilakukan berdasarkan pengelolaan lahan yang tepat dengan menerapkan tindakan konservasi tanah dan proporsi tanaman pangan dengan tahunan yang tepat, dapat berproduksi secara terus menerus, erosi dan aliran permukaan yang terjadi, sangat rendah, dibawah batas ambang yang diperbolehkan. Sembiring *et al.* (1990) membandingkan antara sistem pengelolaan tanaman yang tepat pada lahan kering berlereng dengan yang biasa dilakukan petani di DAS Brantas, Desa Srimulyo, Kabupaten Malang yang dilakukan dari bulan Oktober 1986 sampai Maret 1987 yaitu mengenai usahatani konservasi yang dilakukan berdasarkan kemiringan lereng melalui penerapan proporsi tanaman pangan dan tahunan. Usahatani konservasi yang dilakukan pada lahan

dengan lereng 15 – 30% menerapkan teras bangku dengan proporsi tanaman pangan (50%) dan tahunan (50%) pada bidang oleh, rumput pakan pada bibir tampingan teras dan ternak. Hanya menyebabkan erosi sebesar 8,0 tonha<sup>-1</sup> lebih rendah dari sistem pertanaman petani setempat. Pada lahan dengan lereng 30 – 45%, usahatani konservasi yang diterapkan berdasarkan proporsi tanaman pangan 25% dan tanaman tahunan 75%, hanya menyebabkan erosi sebesar 3,4 tonha<sup>-1</sup>, lebih rendah dari sistem pertanaman petani setempat. Pada lereng lebih besar dari 45%, usahatani konservasi yang diterapkan adalah hanya tanaman tahunan dan legum penutup tanah serta dibuat teras individu, erosi yang terjadi sangat rendah hanya 1,2 tonha<sup>-1</sup> lebih rendah dari sistem pertanaman petani setempat yang menyebabkan erosi mencapai 34,4 ton/ha.

## **PENGELOLAAN SUMBER DAYA LAHAN DAN AIR BERBASIS EKOREGION**

### **Interkoneksi Hulu Hilir**

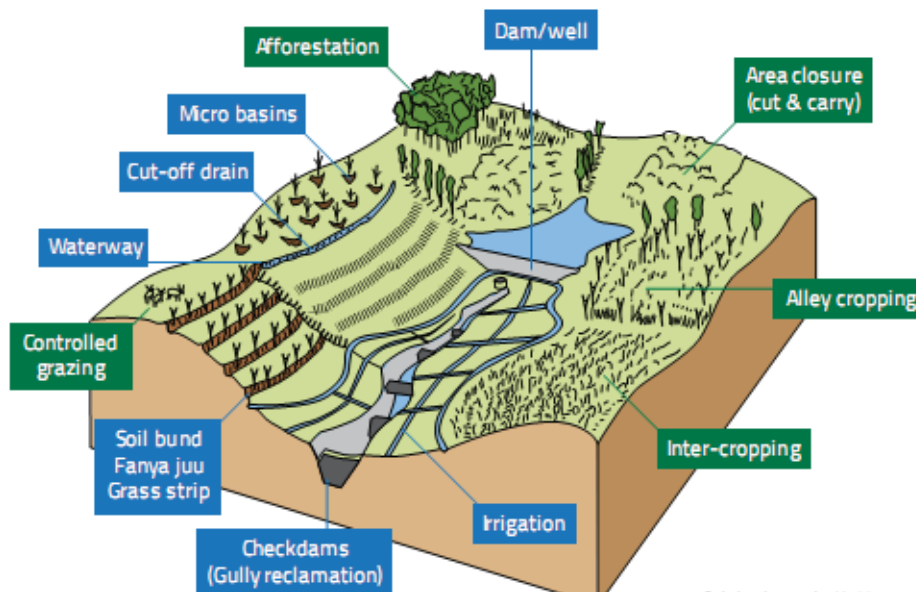
Batas suatu DAS atau Wilayah Sungai tidak selalu bertepatan (*coincided*) dengan batas-batas wilayah administrasi. Seperti yang disampaikan Sekneg (2003 dalam Tresnadi 2008), DAS diklasifikasikan menurut hamparan wilayah dan fungsi strategisnya, yaitu: 1) *DAS Kabupaten/Kota*, terletak secara utuh di satu Daerah Kabupaten/Kota, dan/atau DAS yang secara potensial hanya dimanfaatkan oleh satu Daerah Kabupaten/Kota, 2) *DAS Lintas Kabupaten/Kota*, letaknya secara geografis melewati lebih dari satu daerah Kabupaten/Kota, dan/atau DAS yang secara potensial dimanfaatkan oleh lebih dari satu Daerah Kabupaten/Kota; dan/atau DAS lokal yang atas usulan Pemerintah Kabupaten/Kota yang bersangkutan, kemudian hasil penilaian ditetapkan untuk didayagunakan (dikembangkan dan dikelola oleh Pemerintah Provinsi), dan/atau DAS yang secara potensial bersifat strategis bagi pembangunan regional, 3) *DAS Lintas Provinsi*, letaknya secara geografis melewati lebih dari satu Daerah Provinsi, dan/atau DAS yang secara potensial dimanfaatkan oleh lebih dari satu Daerah Provinsi, dan/atau; DAS Regional yang atas usulan Pemerintah Provinsi yang bersangkutan, dan hasil penilaian ditetapkan untuk didayagunakan (dikembangkan dan dikelola) oleh Pemerintah Pusat, dan/atau DAS yang secara potensial bersifat strategis bagi pembangunan nasional, 4) *DAS Lintas Negara*: letaknya secara geografis melewati lebih dari satu negara, dan/atau DAS yang secara potensial dimanfaatkan oleh lebih dari satu negara, dan/atau DAS yang secara potensial bersifat startegis bagi pembangunan lintas negara.

Selanjutnya, pendekatan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup di Indonesia berdasarkan Undang-undang Nomor 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup menekankan pada prinsip pengelolaan wilayah berdasarkan ekoregion. Pendekatan ini membutuhkan koordinasi yang kuat antar wilayah administrasi karena setiap ekoregion bisa terhampar pada dua atau lebih kabupaten/provinsi. Dalam pengelolaan DAS, DAS dibagi sesuai fungsinya yaitu: 1) DAS bagian hulu, yang memiliki fungsi sebagai wilayah konservasi yang dikelola untuk mempertahankan kondisi lingkungan DAS agar tidak terdegradasi, 2) DAS bagian tengah, yang memiliki fungsi dalam pemanfaatan air sungai bagi kepentingan sosial dan ekonomi, 3) DAS bagian hilir, yang memiliki fungsi dalam pemanfaatan air sungai untuk kepentingan sosial dan ekonomi yang diindikasikan melalui: kuantitas dan kualitas air, kemampuan menyalurkan air, dan ketinggian curah hujan; kebutuhan pertanian, air bersih, dan pengelolaan air limbah; serta terkait pada prasarana pengairan seperti pengelolaan sungai, waduk, dan danau.

Proses hidrologi di bagian hulu dibagi menjadi dua yaitu: karena perubahan iklim (Nepal, 2012), dan karena pengaruh aktivitas manusia berkaitan dengan penggunaan lahan. Beberapa penelitian telah mempelajari tentang dampak perubahan iklim terhadap karakteristik hidrologi (Chang 2004; Thanapakpawin *et al.*, 2007; Chang and Franczyk 2008; Wasson *et al.*, 2008; Eriksson *et al.*, 2009; Sangjun *et al.*, 2009) dan pengaruhnya terhadap ketersediaan air di hilir (Singh and Kumar 1997; Akhtar *et al.*, 2008; Barnett *et al.*,



2005; Eriksson *et al.*, 2009; Immerzeel *et al.*, 2010). FAO (2014) mengemukakan bahwa variabilitas kerusakan DAS terutama DAS besar secara spasial cukup besar. Dalam banyak kasus, lahan yang kesuburannya rendah terdapat di lokasi dengan lereng yang lebih tinggi di dalam DAS, lahan tersebut kurang produktif karena erosi tinggi. Kapasitas memegang air yang rendah pada tanah yang dangkal di lereng atas menghasilkan pertumbuhan tanaman yang kurang baik dan diperlukan tanaman yang toleran terhadap ketidakpastian curah hujan sepanjang pertumbuhannya. Hal ini mendorong diperlukannya pengelolaan DAS berbasis ekoregion yang melibatkan partisipasi masyarakat dari hulu sampai hilir dengan menangani berbagai aktivitas di dalam DAS. Ilustrasi praktek pengelolaan DAS yang mempertimbangkan hubungan (*interrelations*) beberapa kegiatan di dalam DAS, dapat dilakukan secara partisipatif oleh masyarakat hulu sampai hilir disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Beberapa praktek pengelolaan DAS yang mempertimbangkan hubungan (*interrelations*) beberapa kegiatan di dalam DAS (Sumber: FAO, 2014)

Pada suatu DAS, kejadian hidrologi yang terjadi di bagian hulu akan berpengaruh langsung terhadap kondisi hilirnya, dari beberapa meter sampai ratusan kilometer jauhnya. Pemahaman tentang hubungan hulu-hilir sangat penting sebagai dasar dalam pengelolaan sumber daya air dan pengelolaan DAS. Kajian dalam hubungan hulu-hilir tidak hanya menyangkut masalah hidrologi, namun juga termasuk lingkungan, sosial ekonomi, kelembagaan, dan faktor budaya.

ESP mengambil pendekatan hulu-hilir dalam pengelolaan sumber daya air, dalam hal ini kegiatan di wilayah hulu daerah aliran sungai mencakup pelestarian hutan, rehabilitasi lahan kritis, dan perlindungan sumber daya air. Sedangkan kegiatan di wilayah hilir memprioritaskan peningkatan akses terhadap air bersih dan jasa sanitasi di kawasan perkotaan dan pinggiran perkotaan. Menurut Flügel dan Bartosch (2011), Nepal dan Adiga (2007), praktek pengelolaan di daerah hulu dapat menimbulkan keuntungan maupun kerugian pada masyarakat di hilir. Praktek pengelolaan DAS yang baik di hulu seperti penggunaan air irigasi yang baik berdampak baik terhadap kondisi di hilir, sebaliknya praktek pengelolaan yang kurang baik mengakibatkan kondisi lingkungan yang mengalami degradasi.

Hubungan antara masyarakat hulu dan hilir dikembangkan melalui Imbal Jasa Lingkungan (*Payment for Environmental Services- PES*), yaitu imbalan atau bayaran dari pemakai sumber daya air di wilayah hilir kepada penyedia sumber daya air di wilayah hulu

yang telah melindungi pasokan air bersih secara berkelanjutan. Ilustrasi imbal jasa lingkungan di Indonesia, antara lain telah dilakukan di DAS Ciliwung, terkait pembangunan lingkungan pada pengelolaan DAS hulu dalam hal *recharge* air untuk suplai air di daerah hilir, yang diciptakan melalui sistem insentif dan diinisiasi oleh kabupaten/kota atau provinsi dalam hal ini kabupaten/kota Bogor dan Depok Jawa Barat serta provinsi DKI. Contoh sukses kerjasama lain seperti ini adalah di kabupaten Kuningan dan Cirebon dalam pengembangan DAS bagian hulu, dimana pemerintah kabupaten Cirebon membayar sejumlah dana tertentu kepada pemerintah kabupaten Kuningan karena pembangunan DAS di wilayah hulu untuk mensuplai air untuk kabupaten Cirebon (Hendrayanto, 2008).

Dalam kaitannya dengan bencana banjir, hal ini tidak dapat dilepaskan dari upaya pengelolaan DAS secara keseluruhan. Kecenderungan tidak adanya koordinasi dan sinergi pengelolaan DAS di bagian hulu dan hilir merupakan salah satu faktor yang menyebabkan besarnya debit banjir yang terjadi di bagian hilir. Untuk itulah perlu direalisasikannya konsep penanganan DAS terpadu (*one river, one plan, and one integrated management*). Seperti telah dikemukakan di atas, mengingat DAS seringkali melintas antar kabupaten, bahkan lintas provinsi, maka upaya penanganan tersebut akan dapat berjalan dengan baik apabila sistem pengelolaan DAS terpadu tersebut dapat dituangkan dalam bentuk peraturan pemerintah yang mendayagunakan peran Sistem Informasi Geografis Daerah (SIGDa) yang terintegrasi dengan Sistem Informasi Geografis Nasional (SIGNas), maupun Sistem Informasi Nasional (Munaf, 2007).

Namun demikian konsep *one river, one plan, and one integrated management* dalam pelaksanaan di lapang masih menghadapi banyak kendala. Dalam konteks otonomi daerah, pengaturan hak terhadap air sungai tidak terintegrasi dengan daerah lain, sehingga kebijakan pemerintah daerah lebih ditujukan untuk peningkatan pendapatan daerah masing-masing. Hal ini dapat mendorong terjadinya perusakan sumber daya air sungai di bagian hulu dan hilir dan tidak optimalnya pemanfaatan air sungai. Dengan demikian diperlukan sistem hukum pengelolaan sumber daya air dengan pendekatan ekoregion, dimana batas darat dan perairan tidak ditentukan oleh batas secara politik, akan tetapi oleh batas geografis dari komunitas manusia dan sistem lingkungan (Triana, 2014).

### **Transboundary Daerah Aliran Sungai**

Relevansi masalah *transboundary* daerah aliran sungai (DAS) dalam suatu ekoregion akan muncul bila DAS tersebut merupakan DAS besar yang melewati lebih dari 1 kabupaten/kota atau Provinsi seperti DAS Bengawan Solo, Batanghari, Kapuas, Musi, Brantas, Citarum, Cimanuk, yang memerlukan kesepakatan bersama antara pemerintah Kabupaten/kota atau Provinsi yang dilalui. Keterkaitan geografis antar wilayah dalam suatu DAS juga mendorong terjadinya hubungan interaktif antar pelaku-pelaku. Khususnya untuk sumber daya yang bersifat mengalir seperti air tidak dapat diklaim suatu kepemilikan yang bersifat eksklusif.

Menurut (Suradisastra dan Pasandaran, 2010), air dikategorikan sebagai suatu sumber daya komunal (*common pool resource*), sebuah sumber dengan kepemilikan umum. Akan tetapi pada kenyataannya konsumsi atau penggunaan air merupakan suatu kegiatan persaingan. Air memiliki konteks budaya dan sosial yang rumit. Air juga memiliki konteks kekuasaan. Air berbeda dari sumber daya lain: air memiliki pergerakan dalam bentuk aliran; air juga memiliki keragaman dan kemampuan penggandaan (*multiplicity*). Sifat air yang mengalir menyebabkannya sulit untuk diklaim sebagai milik individu atau kelompok. Aliran air tidak dapat dibatasi oleh topografi atau batas-batas administratif. Air memiliki sifat *transboundary* yang kuat. Bila alirannya terhalang bukit atau gunung, aliran air akan berbelok ke topografi yang lebih rendah. Aliran air juga tidak dapat dibatasi oleh batas administratif sehingga sulit untuk mengembangkan konsep dan tata pengelolaan berdasar tata pengelolaan

kepemerintahan. Dalam upaya memiliki kontrol dan akses terhadap air dan upaya melestarikan serta mengalokasikan hak pemanfaatannya, khususnya air sungai, berbagai pendekatan telah dilakukan, termasuk perdebatan atas siapa dan bagaimana mengelola air dan sumber daya air yang mengalir dalam sebuah sungai.

Pengelolaan sumber daya air terpadu DAS lintas batas (negara, Provinsi, dan kabupaten/kota) telah dilakukan hampir di seluruh dunia, sejak sekitar 40% penduduk dunia tinggal di wilayah sungai dan danau yang terletak di dua atau lebih Negara atau wilayah (UN-Water, 2008; Schmeier, 2011).

Hampir 50% permukaan tanah di dalam bumi terletak di dalam DAS lintas batas, dan menyediakan 60% aliran air tawar (*freshwater*) secara global. Beberapa DAS tersebut merepresentasikan lahan yang luas dengan keanekaragaman hayati yang tinggi dan penutupan hutan yang luas. Namun demikian, diperkirakan sepertiga DAS di dunia telah kehilangan lebih dari 75% tutupan hutannya, dan di 17 DAS telah kehilangan lebih dari 95% (Brels, *et al.*, 2008; Revenga, *et al.* 1998 dalam Roy *et al.*, 2008).

Isu tentang DAS lintas batas yang mencakup erosi tanah, sedimentasi, polusi, dan isu degradasi disebabkan oleh pengelolaan lahan yang tidak tepat, dan aktivitas lain seperti pertambangan serta pengeboran dan pengambilan air tanah berlebihan. Semua aktivitas ini memiliki dampak buruk terhadap fungsi ekosistem (Bach *et al.*, 2011). Transfer air dari satu DAS ke DAS lain dapat mengganggu ekologi perairan (Brels, 2008). Selain itu makin menurunnya ketersediaan air akibat perubahan iklim mengakibatkan persaingan penggunaan air antar negara/wilayah makin meningkat. Pembangunan dalam skala besar di daerah hulu dapat berdampak terhadap ketersediaan air di wilayah hilir, hal ini dapat menyebabkan konflik bilateral atau multilateral dan dapat berdampak terhadap hubungan ekonomi. Salah satu upaya untuk mengatasi masalah ini adalah adanya perjanjian tentang pengelolaan air lintas batas yang menyepakati kerangka kerja untuk mencegah penggunaan air yang berlebihan secara sepihak. Kerja sama antar Negara atau wilayah dapat dilakukan dalam hal penyediaan energi tenaga air, penyediaan atau suplai air, dan irigasi; kerja sama ekonomi; dan harmonisasi kebijakan pengelolaan sumber daya air secara lokal dan regional. Untuk lebih jelasnya, sistem pengelolaan hulu hilir dengan kesepakatan-kesepakatan yang saling menguntungkan hulu dan hilir, telah berhasil dilakukan di DAS Cidaun, Provinsi Banten. Sejak tahun 2005 di DAS Cidanau, Provinsi Banten, telah terbangun kemitraan hulu hilir sebagai suatu bentuk aksi bersama berbasis insentif dalam bentuk pembayaran jasa lingkungan (*payment for environmental services – PES*). Mekanisme sederhananya yaitu kelompok tani di desa model kegiatan yang terikat kontrak memperoleh pembayaran dari pemeliharaan tegakan pohon yang dilakukan sesuai perjanjian dengan masa kontrak selama 5 tahun. Dengan kemitraan yang ada, diharapkan masyarakat termotivasi melakukan perbaikan pemanfaatan lahan dan pengelolaan sumber daya hutan yang optimal dalam rangka terwujudnya kelestarian DAS dan peningkatan pendapatan masyarakat. Kemitraan ini berdasarkan atas konsep keberlanjutan pasokan air. Bila DAS Cidanau rusak akan mempengaruhi terhadap pasokan air dan akan berdampak pada produksi PT. Krakatau Tirta Industri yang membutuhkan debit sebesar 33 juta m<sup>3</sup> per tahun untuk disuplaikan ke 91 atau 85% industri yang berada di Kota Cilegon dengan nilai investasi sebesar U\$ 11 miliar serta produksi industri-industri di wilayah hilir lainnya. (Nurlaila, 2014)

Paimin *et al.* (2012) mengemukakan bahwa pengelolaan DAS melibatkan berbagai ragam penggunaan lahan dengan berbagai pemangku dan pihak terkait serta pengambil keputusan dalam pemanfaatan sumber daya alam. Oleh karena itu pengelolaan DAS harus menggunakan pendekatan multi-disiplin. Kegiatan harus melibatkan institusi pemerintah dari berbagai disiplin atau sektor dan melibatkan berbagai kelompok masyarakat serta pelaku pasar. Mengingat wilayah DAS tidak selalu sama dengan wilayah administrasi, sering ditemukan kendala dalam pelaksanaan pengelolaan DAS baik bentuk kegiatannya maupun



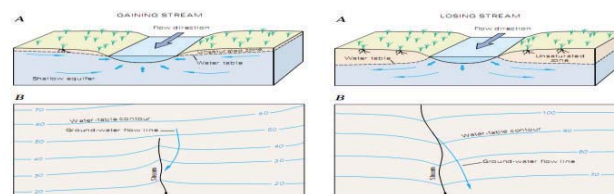
penentuan lokasinya. Hal ini terjadi karena di dalam wilayah DAS terdapat berbagai sumber daya alam (vegetasi, tanah, dan air), sehingga ada beberapa sektor dan kepentingan yang masuk. Di samping itu, ada perbedaan prioritas pengelolaan dari masing-masing daerah administrasi. Oleh karena itu perencanaan pengelolaan DAS yang dibangun harus kompatibel dengan perencanaan nasional/daerah dan selaras dengan kelembagaan terkait.

### Interaksi Air Tanah (*Groundwater*) dan Air Permukaan (*Surface Water*)

Air tanah dan air permukaan merupakan sumber utama air dalam pertanian, industri, dan domestik. Sebagai bagian dari siklus hidrologi terdapat interaksi antara air tanah dan air permukaan. Pemahaman tentang interaksi antara air tanah dengan air permukaan merupakan hal penting bagi ilmuwan dan para pengambil kebijakan dalam bidang pengelolaan sumber daya air. Dalam hal ini terdapat hubungan antara pemasukan (*gain*) atau kehilangan (*loss*) antara air tanah dengan air permukaan yang sangat penting terutama pada daerah tangkapan air atau daerah aliran sungai (DAS) yang sensitif yaitu pada saat terdapat pemompaan air tanah yang mengakibatkan penurunan muka air tanah, gangguan ekosistem dan neraca air.

Adanya interaksi air tanah dan air permukaan dapat terlihat pada saat terjadi kontaminasi pada akuifer, dimana dalam jangka panjang dapat mengakibatkan kontaminasi pada air permukaan, sebaliknya air permukaan juga dapat menjadi sumber utama kontaminasi pada akuifer. Menurut Thomas *et al.* (1998) dan CTIC ([www.ctic.purdue.edu/](http://www.ctic.purdue.edu/)), aliran air di sungai (*stream*) berinteraksi dengan air tanah melalui tiga cara yaitu: 1) sungai mendapat aliran masuk (*inflow*) dari air tanah (akuifer bebas) sebagai aliran dasar (*Gaining stream*, Gambar1A), 2) sungai mengalirkan air (*outflow*) untuk mengisi kembali (*recharge*) akuifer melalui infiltrasi (*Losing stream*, Gambar2A), 3) pada saat yang bersamaan ada air yang masuk dan ada air yang keluar (*Gaining and Losing stream*). Pada saat air tanah keluar sebagai debit di sungai, kontur dari *water table* di sekitar sungai harus lebih tinggi daripada altitude di permukaan sungai. Sebaliknya pada saat air sungai mengalir kedalam air tanah, kontur dari *water table* di daerah sungai dan sekitarnya harus lebih rendah dari altitude permukaan sungai. Ketinggian kontur *water table* menunjukkan adanya aliran masuk dari arah hulu, seperti diilustrasikan pada Gambar 1B, dan menunjukkan ada aliran keluar di daerah hilir seperti diilustrasikan pada Gambar 2B.

Pada awalnya, interaksi air permukaan dan air tanah sulit untuk diamati dan diukur karena keterbatasan ilmu pengetahuan dan kemampuan untuk mengkaraktisasinya (Thomas *et al.*, 1998). Namun sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan, aplikasi teknik isotop dapat digunakan dalam penyelidikan sumber daya air baik air permukaan, air tanah, maupun interaksi antara air permukaan dan air tanah. Pendekatan lain adalah dengan ion kimia, pada pendekatan ini ion-ion utama dalam air tanah dan air permukaan jangka panjang digunakan untuk memahami hubungan air tanah dan air permukaan (Kumar *et al.*, 2009), dan mengetahui sumber air/sumber aliran di dalam DAS (Heryani, *et al.*, 2012; Subagyo, *et al.*, 2005). Analisis pemisahan hidrograf untuk mengetahui sumber aliran dalam DAS berdasarkan perunut kimia dan analisis hidrometrik telah dilaporkan oleh Inamdar dan Mitchell (2007), Bernal *et al.* (2005), Subagyo *et al.* (2005), Wenninger *et al.* (2004), McGlynn dan McDonnell (2003), Burns *et al.* (2001), dan Hangen *et al.* (2001).



Gambar 1. Sungai mendapat air dari air tanah

Gambar2. Sungai mengeluarkan air kedalam air tanah (A) Hal ini dapat ditetankan



Isotop pada umumnya dipergunakan untuk mempelajari interkoneksi antara akuifer serta interaksi air permukaan dan air tanah. Dinamika dan kontaminasi akuifer dipengaruhi oleh interkoneksi hidraulik antar akuifer. Isotop lingkungan terutama isotop stabil dapat dipergunakan untuk investigasi interkoneksi dan komposisi isotop air tanah dalam akuifer. Selain itu data isotop stabil juga dapat digunakan untuk menduga pergerakan air tanah. Di Indonesia, teknologi isotop ini telah banyak diaplikasikan diantaranya untuk: penelitian daerah imbuh cekungan air tanah, umur air tanah, penyelidikan pola dinamika dan neraca air waduk atau danau, interaksi antara air tanah dan air permukaan, debit air permukaan, penelitian interkoneksi antara sistem sungai bawah tanah di daerah karst, dan keselamatan bendungan (Sidauruk, 2012a). Pengembangan metode perunut telah dilakukan dalam mempelajari interkoneksi sistem sungai bawah tanah daerah karst Gunung Kidul dalam rangka meningkatkan efektifitas dan efisiensi eksploitasi sumber air sungai bawah tanah dan untuk menjamin pengelolaan yang berkesinambungan (*sustainable development*). Teknik perunut juga dipergunakan untuk mempelajari interkoneksi antar gua bawah tanah dalam jaringan sistim sungai bawah tanah menggunakan perunut konservatif (rhodamine WT atau fluorescence) atau perunut radioaktif (Tritium,  $^{125}\text{I}$ , atau  $^{131}\text{I}$ ) (Sidauruk, 2012b).

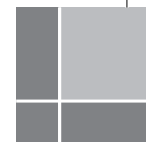
Penelitian lain yang telah dilakukan untuk memahami interaksi air sungai dan air tanah yaitu mengkombinasikan analisis isotop dan kimia air (Ne'grel *et al.*, 2003; Gooddy *et al.*, 2006; Ayenew *et al.*, 2008) serta penggunaan model numerik (Parkin *et al.*, 2007; Rassam *et al.*, 2008). Hasil analisis model numerik menunjukkan bahwa hubungan sungai dan akuifer bervariasi secara spasial dari satu lokasi ke lokasi lain. Secara kuantitatif air yang diperoleh dari air tanah (akuifer) lebih banyak daripada air yang keluar dari sungai (Baalousha, 2012).

Metode lain yang telah banyak digunakan adalah pencatatan perubahan panas di dasar sungai, panas dipakai sebagai perunut aliran ke samping (*seepage*) (Lapham 1989; Anderson 2005; Lowry *et al.*, 2007; Hatch *et al.*, 2006; Barlow and Coupe, 2009). Metode ini dipergunakan untuk memahami hubungan *gain/loss* antara air sungai dengan air tanah dengan memonitor fluktuasi suhu di dasar sungai (Constantz, 2008). Kendala yang dihadapi pada metode ini adalah dalam hal memasang dan mengoperasikan peralatan pengamat suhu di lingkungan sungai. Aplikasi pada skala DAS juga mengalami kesulitan, karena dengan pendekatan ini hubungan *gain/loss* dapat berubah dari satu lokasi ke lokasi lain pada DAS yang sama maupun berbeda.

## PEMBANGUNAN PERTANIAN BERBASIS EKOREGION

Pembangunan pertanian kedepan yang dilakukan, harus seiring dengan perwujudan pengendalian pemanfaatan sumber daya alam, pengendalian kerusakan dan pencemaran serta pelestarian fungsi lingkungan hidup. Semuanya itu disampaikan dalam UU Nomor 32/2009 yang memandatkan perlu diperkuatnya perencanaan perlindungan dan pengelolaan LH (RPPLH) serta harus berbasis ekoregion yang mempertimbangkan karakteristik wilayah. Rencana perlindungan dan pengelolaan LH terdiri dari empat muatan, yaitu: (1) pemanfaatan dan/atau pencadangan sumber daya alam; (2) pemeliharaan dan perlindungan kualitas dan/atau fungsi lingkungan hidup; (3) pengendalian, pemantauan, serta pendayagunaan dan pelestarian sumber daya alam; dan (4) adaptasi dan mitigasi terhadap perubahan iklim (Kemen LH, 2015, diunduh 14 Oktober 2015).

Menurut Mustamarif (2011) ekoregion adalah sebuah konsep pembangunan berbasis pengelolaan secara lestari sumber daya alam dan keanekaragaman hayati. Konsep ini mengedepankan aspek konservasi dalam mengelola sumber daya alam dan keanekaragaman hayati (bio diversity). Ekoregion tidak melarang pemanfaatan sumber daya alam, tetapi bagaimana memanfaatkannya secara proporsional, sesuai potensi yang tersedia, daya dukung dan daya tampung ekologis. Konsep ekoregion sebenarnya hampir sama dengan pengelolaan kawasan yang telah diterapkan pada beberapa wilayah di Indonesia. Bedanya, ekoregion lebih



terintegasi secara luas, tidak dibatasi aspek geografis, administrasi pemerintahan, wilayah otorita, wilayah adat, maupun batas negara. Konsep ekoregion berbasis ketersediaan sumber alam dan keanekaragaman hayati, yang secara geografis berdasarkan bentangan alam, daerah aliran sungai dan iklim. Wilayah ekoregion juga tidak hanya mencakup sumber daya fisik, tetapi kehidupan masyarakat secara konprehensif.

Implementasi dari pembangunan pertanian berbasis ekoregion ditunjukkan oleh sistem pertanian yang dapat memproduksi secara terus menerus. Azas berkelanjutan adalah salah satu azas pengelolaan sumber daya alam yang diatur dalam Undang-undang Nomor 32 Tahun 2009, dimana kemampuan sumber daya alam dan lingkungan harus dilestarikan untuk kepentingan generasi sekarang dan generasi mendatang. Azas tersebut sejalan dengan konsep pertanian berwawasan lingkungan, yang sejak beberapa tahun ini mulai dilaksanakan di Indonesia. Pertanian berwawasan lingkungan didefinisikan sebagai aktivitas pertanian yang secara ekologis sesuai, secara ekonomis menguntungkan, secara sosial diterima dan mampu menjaga kelestarian sumber daya alam lingkungan (Susanto, 2002 dalam Rahim, 2013). Sesuai definisi tersebut dalam kaitannya dengan pengelolaan sumber daya alam maka sistem pertanian ramah lingkungan merupakan konsep pembangunan pertanian yang harus diterapkan, karena kerusakan sumber daya alam dan lingkungan sudah sangat parah.

Memperhatikan permasalahan yang muncul di sektor pertanian ke depan yang selanjutnya akan semakin kompleks, baik dari aspek globalisasi ekonomi, kerusakan lingkungan maupun dampak perubahan iklim, maka nampaknya tidak ada pilihan lain untuk mengubah paradigma lama. Paradigma *profitabilitas* harus segera digantikan oleh paradigma *Keberlanjutan*. Demikian juga dengan paradigma *pertumbuhan* yang harus segera dialihkan ke paradigma *keseimbangan*. Sementara itu, paradigma *efisiensi lingkungan* harus lebih dikedepankan dari pada paradigma *efisiensi teknis*. Dan terakhir, paradigma *mendominasi alam* harus segera digeser ke paradigma *harmonisasi dengan alam*.

Dalam rangka mendukung pergeseran paradigma tersebut, maka perlu adanya perubahan pola pikir dalam pengembangan sektor pertanian dari yang bersifat parsial menjadi terintegrasi. Pertanian dalam arti luas merupakan suatu sistem dengan komponen-komponen yang saling mendukung dan tidak terpisahkan satu dengan lainnya. Karena itu, diperlukan reorientasi konsep pembangunan pertanian yang menuju pada pembangunan pertanian yang berwawasan lingkungan.

Menurut Parman (1993) dalam Mawardi (2004) pertanian berwawasan lingkungan memiliki 3 (tiga) sasaran pokok, yaitu :

1. Menjamin kelangsungan produktivitas lahan dan keuntungan yang layak bagi petani,
2. Mengurangi risiko lingkungan seminimal mungkin, baik terhadap konservasi tanah dan air maupun sumber daya alam lainnya,
3. Menjamin tersedianya hasil-hasil pertanian dalam jumlah yang berkecukupan, kualitas yang tinggi dan dengan harga yang layak bagi konsumen.

Pertanian berwawasan lingkungan didefinisikan sebagai aktivitas pertanian yang secara ekologis sesuai, secara ekonomis menguntungkan, secara sosial diterima dan mampu menjaga kelestarian sumber daya alam lingkungan (Susanto, 2002 dalam Rahim, 2013). Sesuai definisi tersebut dalam kaitannya dengan pengelolaan sumber daya alam maka sistem pertanian ramah lingkungan merupakan konsep pembangunan pertanian yang harus diterapkan yang kerusakan sumber daya alam dan lingkungan sudah sangat parah, Rahim, (2013).

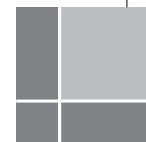
Pertanian berwawasan lingkungan ini pada prinsipnya adalah lebih mengutamakan penggunaan masukan alami (internal input) dan menekan seminimal mungkin penggunaan pupuk buatan maupun racun hama dan penyakit (eksternal input), namun mampu memberikan hasil yang memuaskan. Disamping itu pola ini juga sangat menekankan



keanekaragaman tanaman dan diversifikasi usaha. Hal ini disebabkan pola pertanian yang beraneka ragam baik dalam ruang (tumpang-sari, multiple cropping) maupun waktu (pergiliran tanaman, rotasi tanaman) dapat menciptakan ekosistem yang lebih stabil sehingga lonjakan dinamika populasi hama penyakit dapat diredam. Dari segi ekonomipun pola usaha yang beragam lebih mampu menghadapi resiko perubahan situasi pasar seperti fluktuasi harga, merosotnya permintaan, kemacetan tataniaga dan sebagainya.

Prinsip dasar sistem pertanian berwawasan lingkungan adalah (a) produksi dikontrol oleh keragaman sistem, (b) memadukan tanaman pohon – tanaman pangan – tanaman pakan – ternak – tanaman penutup tanah, (c) mempertahankan kesuburan tanah dengan menggunakan bahan organik, (d) hama dan penyakit dikontrol secara terpadu, dan (e) melaksanakan konservasi tanah dan air dengan menggunakan tanaman (King.1994 *dalam* Rahim, 2013).

Pertanian organik, usaha tani organik, pertanian alami, atau pertanian berkelanjutan masukan rendah, memiliki prinsip dan tujuan yang sama yaitu untuk melukiskan sistem pertanian yang bergantung pada produk-produk organik dan alami, serta secara total tidak termasuk penggunaan bahan-bahan sintetik. Menurut Sopandie *et al.*, (2012), Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT) dapat dipandang sebagai upaya pengelolaan tanaman yang terintegrasi dalam proses produksi pangan, yang dilakukan dengan metode gabungan di antara cara-cara pertanian konvensional dan pertanian organik. Oleh karena itu konsep PTT merupakan bentuk kompromi terhadap dua tuntutan konsumen yang berbeda, yaitu (a) tuntutan terhadap sistem pertanian yang lebih ramah lingkungan, terutama mengurangi penggunaan bahan kimia untuk perlindungan tanaman (pertanian organik), dan (b) permintaan konsumen untuk pangan yang aman, terjangkau oleh semua, tersedia secara luas, segar, bebas serangga, bebas noda dan sempurna dalam bentuk dan ukuran (produk pertanian konvensional). Oleh karena itu, PTT terletak di antara pertanian konvensional dan organik, namun tidaklah mudah untuk mendefinisikannya secara tepat. Pertanian organik merupakan sistem yang berbeda dengan pertanian konvensional, sementara PTT jelas ditempatkan lebih dekat dengan pertanian konvensional. Secara filosofis, PTT lebih bersifat memodifikasi cara-cara yang dilakukan pada sistem konvensional yang sudah ada, sementara pertanian organik sama sekali meninggalkan cara-cara pendekatan pada pertanian konvensional. Perbedaan dan persamaan antara ketiga sistem pertanian tersebut digambarkan pada Tabel 1.



Tabel 1. Karakteristik Pertanian Organik, PTT dan Pertanian Konvensional (IOBC 2001)

<b>Karakteristik Sistem Pertanian</b>	<b>Pertanian Organik (<i>Organic Farming</i>)</b>	<b>Pengelolaan Tanaman Terpadu (<i>Integrated Crop Management</i>)</b>	<b>Pertanian Konvensional (<i>Conventional agriculture</i>)</b>
Teknik produksi	Tanpa penggunaan inputan organik. Fokus pada penggunaan bahan-bahan alami dari pertanaman dan ternak	Teknologi intensif dengan pendekatan seimbang antara lingkungan, pendapatan dan produksi pangan yang berkualitas	Difokuskan kepada penggunaan input tinggi dan teknologi untuk hasil, produktivitas dan keuntungan maksimal
Iptek yang diperlukan (Knowledge Requirement)	Perubahan radikal dari pertanian konvensional. Diperlukan pengembangan R&D baru dan sistem pengawasan. Berbasis pengetahuan lokal (tacit)	Diperlukan Iptek baru dalam <i>advisory system</i> . Target R&D lebih maju. Diperlukan pelatihan ulang jika akan merubah sistem agribisnis. Berbasis pada penggabungan pengetahuan lokal dan eksternal yang serasi	R&D yang tradisional/konvensional dan dalam sistem advisory (perusahaan publik dan swasta) . Berbasis pengetahuan yang sudah baku (konvensional)
Struktur pasar (Market structures)	Pasar yang sesuai/khusus ( <i>Niche markets</i> )	Struktur pasar bersifat massal ( pasar pertanian melalui skim jaminan berdasarkan IFS); berpotensi untuk niche markets (mis. Melalui <i>Regional labelling schemes</i> )	Pasar yang bersifat masal untuk pangan konvensional
Ide konseptual yang mendasari terbangunnya sistem pertanian	Awalnya sebagai kritik radikal terhadap cara-cara produksi pangan konvensional	Pertimbangan terhadap lingkungan lebih banyak diberikan dalam proses produksi. Secara relatif lebih berkelanjutan dalam penggunaan sumber daya alam dibandingkan pertanian konvensional	Sistem produksi melalui intensifikasi, spesialisasi dan konsentrasi.
Hubungan dalam rantai pangan	Bertujuan untuk menarik konsumen lebih dekat dengan produsen. Produsen memiliki peluang untuk melakukan kontrol terhadap prantai suplai pangan ( <i>food supply chain</i> ) melalui metode alternatif pemasaran, dan harga premium	Merupakan bagian dari IFS, sebagai respon terhadap konsumen yang peduli terhadap proses produksi. Konsumen dimungkinkan untuk diajak lebih dekat dalam skim labelling berdasarkan IFS. Posisi produsen dalam rantai pasokan pangan membaik, melalui skim penjaminan mutu (QA)	Terdapat jarak antara Konsumen dan produsen. Produsen menempati posisi lebih marginal dalam rantai pasokan pangan

Sumber: Sopandiet *et al.*, (2012)





## Implikasi Terhadap Pembangunan Pertanian

Pembangunan pertanian berbasis ekoregion dalam implementasinya harus memperhatikan daya dukung lingkungan berdasarkan kesesuaian lahan dan daya dukung lahan. Prioritas kebijakan yang dilakukan adalah sistem pertanian yang diterapkan harus disertai penerapan konservasi tanah dan air secara tepat agar tercapai target dari pembangunan pertanian berbasis ekoregion dari persepektif pengelolaan sumber daya lahan dan air yaitu pembangunan berbasis pengelolaan sumber daya alam dan keanekaragaman hayati yang dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan, yang mengutamakan aspek konservasi dalam mengelola sumber daya alam dan keanekaragaman hayati (bio diversity). Dimana dalam pemanfaatan sumber daya alam, dilakukan sesuai potensi yang tersedia, daya dukung dan daya tampung ekologis.

Sistem pertanian berbasis ekoregion yang diterapkan, akan berpengaruh positif terhadap pembangunan pertanian baik untuk lahan kering maupun untuk areal sawah, pada berbagai zona agroekologi (*agroecological zone/AEZ*). Pembangunan pertanian akan berkembang menuju sistem pertanian ramah lingkungan yang akan dapat berproduksi secara berkelanjutan karena degradasi lahan dapat diminimalisir menjadi degradasi lahan yang diperbolehkan. Pengembangan pertanian dilakukan secara terarah, disesuaikan dengan kemampuan lahannya, daya dukungnya dan daya dukung lingkungannya. Oleh karena itu dalam implementasinya disesuaikan dengan zona agroekologinya. Praktek pertanian untuk lahan sawah akan berbeda dengan lahan kering. Pendekatan dan teknologi yang diterapkan akan berbeda, disesuaikan dengan kebutuhan zona agroekologinya. Untuk keberhasilan pembangunan pertanian dilihat dari sisi keberlanjutan sistem produksi dan kelestarian lingkungan serta tinjauan ekonomis, diperlukan prioritas kebijakan yang mendukung keberhasilan target tersebut:

- Diperlukan kebijakan yang konsisten dari Pemerintah dengan dukungan politik, keuangan yang memadai untuk perencanaan, pengembangan dan pengelolaan sumber daya lahan dan air untuk pengembangan pertanian berwawasan lingkungan.
- Tahapan pengembangan pertanian agar dilakukan secara sistematis melalui survey, investigasi dan desain agar pengembangan pertanian sesuai dengan daya dukung lahan dan daya dukung lingkungan.
- Dalam perencanaan pengembangan pertanian, agar memperhatikan kearifan lokal dan tidak bertentangan, agar dapat diterima dan dikembangkan oleh petani.
- Pemilahan sumber daya lahan dari suatu ekoregion agar dilakukan berdasarkan zona agroekologi, supaya teknologi konservasi lahan, pengelolaan air dan budidaya tanaman dilakukan secara tepat.
- Dalam implementasinya, agar diterapkan teknologi yang tepat sesuai dengan kebutuhan zona agroekologi setempat yang bertujuan supaya tidak terjadi degradasi lahan. Untuk pengembangan sawah, harus disesuaikan dengan ketersediaan airnya dan menerapkan efisiensi air. Untuk pengembangan pertanian lahan kering dataran (datar sampai berombak atau *undulating*) diterapkan tindakan konservasi tanah dan air sederhana serta pengelolaan air yang tepat. Untuk lahan kering yang bergelombang sampai berbukit, pengembangan pertanian harus disertai tindakan konservasi yang memadai dengan proporsi antara tanaman pangan dan tanaman tahunan/pohon yang tepat. Demikian juga untuk daerah berbukit, diperlukan tindakan konservasi yang tepat serta proporsi tanaman tahunan/pohon dan tanaman pangan yang tepat.
- Untuk keberhasilan pengembangan pertanian berwawasan lingkungan dalam arti diterima petani dan dikembangkan, agar dilakukan survey sosial ekonomi dan budaya untuk menggali informasi tentang persepsi dan keinginan petani serta tata cara budidaya petani dalam sistem pertanian yang biasa dilakukan.

- Dalam pelaksanaannya, agar melibatkan petani sebagai pelaksana pengembangan pertanian berwawasan lingkungan agar diterima dan dikembangkan oleh petani

## KESIMPULAN

Pembangunan pertanian yang dilakukan secara umum terbagi 2 yaitu sistem pertanian yang berwawasan lingkungan atau berbasis ekoregion dan sistem pertanian eksploitatif. Pembangunan pertanian yang menerapkan sistem pertanian berbasis ekoregion dengan dasar kesesuaian lahan akan dapat berproduksi secara berkelanjutan. Sebaliknya, bila tidak memperhatikan kesesuaian lahan dan bersifat eksploitatif seperti perladangan berpindah yang siklusnya dipercepat, pertanaman sayuran searah lereng pada lahan berlereng curam, konversi lahan dari hutan menjadi lahan pertanian tanpa konservasi, produksinya tidak akan berkelanjutan dan menyebabkan degradasi lahan.

Pengelolaan sumber daya lahan dan air yang dilakukan berdasarkan ekoregion, harus memperhatikan interkoneksi antara hulu dan hilir, *transboundary* daerah aliran sungai serta interaksi air tanah (*groundwater*) dan air permukaan (*surface water*). Semua tindakan pengelolaan lahan yang dilakukan tersebut ditujukan untuk mewujudkan pembangunan pertanian yang dapat berproduksi secara berkelanjutan. Pembangunan pertanian kedepan harus seiring dengan perwujudan pengendalian pemanfaatan sumber daya alam, pengendalian kerusakan dan pencemaran serta pelestarian fungsi lingkungan hidup sesuai dengan UU Nomor 32/2009 yang memandatkan perlu diperkuatnya perencanaan perlindungan dan pengelolaan LH (RPPLH) serta harus berbasis ekoregion yang mempertimbangkan karakteristik wilayah.

Dalam pelaksanaannya, pembangunan pertanian berbasis ekoregion ditunjukkan oleh sistem pertanian yang dapat berproduksi secara terus menerus. Azas berkelanjutan adalah salah satu azas pengelolaan sumber daya alam yang diatur dalam Undang-undang Nomor 32 Tahun 2009, di mana kemampuan sumber daya alam dan lingkungan harus dilestarikan untuk kepentingan generasi sekarang dan generasi mendatang. Azas tersebut sejalan dengan konsep pertanian berwawasan lingkungan yang mulai diterapkan di Indonesia sejak beberapa tahun yang lalu. Untuk mencapai target tersebut diperlukan beberapa prioritas kebijakan yang mendukung keberhasilan pembangunan pertanian berwawasan lingkungan tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akhtar, M., Ahmad, N., Booij, M.J. 2008. The impact of climate change on the waterresources of Hindukush-Karakorum-Himalaya region under different glaciercoverage scenarios. J Hydrol 355(1–4):148–163.
- Anderson, M. 2005. Heat as a ground water tracer. Ground Water 43:951–96.
- Asdak, C. 2010. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gadjah Mada University Press, Jogjakarta.
- Aynew, T., Kebede, S., Alemyahu, T.2008. Environmental isotopes and hydrochemical study applied to surface water and groundwater interaction in the Awash River basin. Hydrol Process 22:1548–1563.
- Baalousha, H. M. 2012. Characterisation of groundwater–surface water interaction using field measurements and numerical modelling: a case study from the Ruataniwha Basin, Hawke’s Bay, New Zealand.Appl. Water Sci.(2):109–118.

- Bach H, T.J. Clausen, T.T. Dang, L. Emerton, T. Facon, T. Hofer, K. Lazarus, C. Muziol, A. Noble, P. Schill, A. Sisouvanh, C. Wensleydan L. Whiting. 2011. From local watershed management to integrated river basin management at national and transboundary levels. Mekong River Commission: Lao PDR.
- Barlow, J. R. B., and R. H. Coupe. 2009. Use of heat to estimate streambed fluxes during extreme hydrologic events. *Water Resour. Res.* 45. W01403, doi:10.1029/2007WR006121.
- Brels, S., D. Coates, dan F. Loures. 2008. Transboundary water resources management: the role of international watercourse agreements in implementation of the CBD. CBD Technical Series no. 40, 48 pages. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, Canada.
- Constantz, J. 2008. Heat as a tracer to determine streambed water exchanges. *Water Resour Res.* 44, W00D10. doi:10.1029/2008WR006996
- CTIC. Groundwater & surface water: understanding the interaction. A guide for watershed partnerships Second edition. The Conservation Technology Information Center (CTIC). [www.ctic.purdue.edu/...](http://www.ctic.purdue.edu/...) Diakses 2 Mei 2015.
- Erfandi.D; Neneg.L.N; Suwardjo. 1994. Masalah Penanganan Perladangan Berpindah Melalui Pendekatan Sistem Usahatani Agroforestri. Prosiding Lokakarya Nasional Agroforestry. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam (P3HKA), Asia-Pacific Agroforestry Network (APAN).
- Erfandi, D., Undang Kurnia, dan O. Sopandi. 2002. Pengendalian erosi dan perubahan sifat fisik tanah pada lahan sayuran berlereng. hlm. 277-286 *dalam* Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumber Daya Lahan dan Pupuk, Cisarua-Bogor, 30-31 Oktober 2001. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Buku II.
- Eriksson, M., Jianchu, X., Shrestha, A.B., Vaidya, R.A., Nepal, S., Sandström, K. 2009. Thechanging Himalayas: impact of climate change on water resources and livelihoods in the greater Himalaya. International Centre for Integrated Mountain Development (ICIMOD), Kathmandu.
- FAO (Food and Agriculture Organization) of The United Nations. 2014. Adapting to climate change through land and water management in Eastern Africa. Rome.
- Goody, D., Darling, W., Abesser, C., Lapworth, D. 2006. Using chlorofluorocarbons (CFCs) and sulphur hexafluoride (SF6) to characterise groundwater movement and residence time in a lowland Chalk catchment. *J. Hydro.* 330:44-52.
- Hatch, C. E., A. T. Fisher, J. S. Revenaugh, J. Constantz, and C. Ruehl (2006), Quantifying surface water-groundwater interactions using time series analysis of streambed thermal records: Method development, *Water Resour. Res.*, 42, W10410, doi:10.1029/2005WR004787
- Hauke, G. Sehlberg. 1987. Shifting Cultivation Some Soil Management Aspects for It's Improvement. Food and Agriculture of the United Nation (FAO), Rome.



- Hendrayanto. 2008. Transboundary watershed management: A case study of upstream-downstream relationships in Ciliwung watershed. Proceedings of International Workshop on Integrated Watershed Management for Sustainable Water Use in a Humid Tropical Region, JSPS-DGHE Joint Research Project, Tsukuba, October 2007. Bull. TERC, Univ. Tsukuba, No.8 Supplement, No. 2.
- Hermanto. 2009. Reorientasi Kebijakan Pertanian dalam Perspektif Pembangunan Berwawasan Lingkungan dan Otonomi Daerah. Analisis Kebijakan Pertanian. Volume 7 No. 4, Desember 2009 : 369-383)
- Krause S, Bronstert A, Zehe E (2007) Groundwater-surface water interactions in a North German lowland floodplain—implications for the river discharge dynamics and riparian water balance. *J Hydrol* 347:404–417
- Lapham, W. 1989. Use of temperature profiles beneath streams to determine rates of groundwater flow and hydraulic conductivity. US Geological Survey water supply paper 2337.
- Lowry, C., Walker, J., Hunt, R., Anderson, M. 2007. Identifying spatial variability of groundwater discharge in a wetland stream using a distributed temperature sensor. *Water Resour. Res.* doi:10.1029/ 2007WR006145.
- Maryadi. 2004. Mewujudkan Pertanian Berwawasan Lingkungan. *Jurnal. Teknologi. Lingkungan. P3TL-BPPT.* 5. (3): 232-235.
- Munaf, D.R. 2007. Prinsip interkoneksi informasi dalam penanganan bencana banjir. *Jurnal Sosioteknologi Edisi 10. Tahun 6.* 156-160.
- Mustamarif. 2011. <https://untukbumiku.wordpress.com/2011/11/10/ekoregion-dalam-angan-angan/>. Diunduh 14 Oktober 2015
- Ne ´grel, Ph., Petelet-Girauda, E., Barbiera, J., Gautier, E. 2003. Surface water-groundwater interactions in an alluvial plain: chemical and isotopic systematic. *J. Hydrol.* 277:248–267.
- Noordwijk, Meine van, F. Agus, D. Suprayoga, K. Hairiah, G. Pasya, B. Verbist, Farida. 2004. Peranan Agroforestri dalam Mempertahankan Fungsi Hidrologis Daerah Aliran Sungai (DAS). Prosiding Lokakarya Dampak Hidrologis Hutan, Agroforestri, dan Pertanian Lahan Kering sebagai Dasar Pemberian kepada Penghasil Jasa Lingkungan di Indonesia. ICRAF. Padang, Sumatra Barat.
- Nurlaila. 2014. Kemitraan Hulu Hilir Kunci Keberhasilan Pengelolaan DAS. Workshop AWP, 2014. Proyek SCBFWM. Direktorat PEPDAS Kementerian Kehutanan.
- Parkin, G., Birkinshaw, S., Younger, P., Rao, Z., Kirk, S. 2007. A numerical modelling and neural network approach to estimate the impact of groundwater abstractions on river flows. *J. Hydrol.* 339:15–28.
- Parman, M. 1993. Program penelitian terpadu untuk mendukung pengembangan dan penerapan pengendalian hama terpadu di NTB. Lokakarya Pemasyarakatan Pengelolaan Hama Terpadu. Universitas Mataram.



Rahim. 2013. <http://agronomisuplirahim.blogspot.co.id/2013/05/pertanian-berwawasan-lingkungan.html>

Rassam, D., Pagendam, D., Hunter, H. 2008. Conceptualisation and application of models for groundwater surface water interactions and nitrate attenuation potential in riparian zones. *Environ. Model Softw.* 23:859–875.

Retnowati. I. 2015. Kajian Telapak Ekologis Pertimbangan untuk Strategi Pembangunan Berkelanjutan. [penataanruang.pu.go.id](http://penataanruang.pu.go.id), data\_artikel. Diunduh 15 Mei 2015.

Sangjun, I., Hyeonjun, K., Chulgyum, K., Cheolhee, J. 2009. Assessing the impacts of land use changes on watershed hydrology using MIKE SHE. *Environ. Geol.* 57:231–239.

Sembiring H., M. Thamrin, A. Syam, A. Abdurahman, S. Sukmana. 1990. Risalah Pembahasan Hasil Penelitian Pertanian Lahan Kering dan Konservasi Tanah. Proyek Penelitian Penyelamatan Hutan, Tanah dan Air. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian

Sidauruk, P. 2102a. Tinjauan teknik isotop dan radiasi dalam penyelidikan potensi sumber daya air. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi.* 8(2): 127-134.

Sidauruk, P. 2012b. Studi interkoneksi antar gua/luweng daerah karst Gunung Kidul dengan teknik perunut. Presentasi evaluasi PKPP (Peningkatan Kemampuan Peneliti dan Perakayasa). Jakarta.

Sopandie. D., R. Poerwanto, dan Sobir. 2012. Sistem pertanian berkelanjutan. Dalam: *Merevolusi Revolusi Hijau (Pemikiran Guru Besar IPB)*. IPB Press. Bogor. 225-249.

Sudirja, R. 2008. Pembangunan pertanian berkelanjutan berbasis sistem pertanian organik. Disampaikan pada acara Penyuluhan Pertanian, KKNM UNPAD Desa Sawit Kec. Darangdan Kab. Purwakarta.

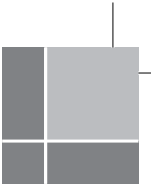
Suradisastra. K; E. Pasandaran. 2010. Tata Pengelolaan Yang Baik Dalam DAS. Pusat Analisis Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian <http://www.litbang.pertanian.go.id/buku/membalik-kecenderungan-degrad/BAB-V-7.pdf>

Sutapraja, H., dan Asandhi. 1998. Pengaruh arah guludan, mulsa, dan tumpangsari terhadap pertumbuhan dan hasil kentang serta erosi di Dataran Tinggi Batur. *Jurnal Hortikultura* 8 (1): 1.006-1.013.

Sutrisno.N; Sudirman; Suwardjo. 1994. Penerapan Usahatani Konservasi dengan Sistem Agroforestry terhadap Perbaikan Produktivitas Tanah daerah Perladangan. Prosiding Lokakarya Nasional Agroforestry. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam (P3HKA), Asia-Pacific Agroforestry Network (APAN).

Thanapakpawin, P., Richey, P.J., Thomas, D., Rodda, S., Campbell, B., Logsdon, M. 2007. Effects of land use change on the hydrologic regime of the Mae Chaem riverbasin, NW Thailand. *J Hydrol* 334:215–230

Thomas C. W., J. W. Harvey, O. L. Franke, W. M. Alley. 1998. Ground Water and Surface Water A Single Resource. U.S. Geological Survey Circular 1139 G.



Triana, N. 2014. Pendekatan Ekoregion Dalam Sistem Hukum Pengelolaan Sumber Daya Air Sungai di Era Otonomi Daerah. *Pandecta*. Vol. 9. No. 2. <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/pandecta>

Wulandari, C. 2007, 'Penguatan Forum DAS sebagai Sarana Pengelolaan DAS secara Terpadu dan Multipihak'. Prosiding Lokakarya Sistem Informasi Pengelolaan DAS: Inisiatif Pengembangan Infrastruktur Data, IPB dan CIFOR, Bogor.

