

Pengendalian Degradasi Lahan di DAS Citarum Hulu dan Tengah di Provinsi Jawa Barat

Land Degradation Control in Upstream of Citarum Catchment Area West Java Province

Ishak Juarsah¹, Fitri Widastuti², Wahyunto²

¹ Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar No. 12, Cimanggu. Bogor 16114. Email: juarsah@yahoo.com

² Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Jl. Tentara Pelajar No. 12, Cimanggu. Bogor 16114

Diterima 20 September 2016; Direview 15 Oktober 2016; Disetujui dimuat 28 November 2016

Abstrak. DAS Citarum hulu berawal dari hulu sungai pada lereng G. Wayang (Danau Cisanti), di wilayah Desa Cibeureum, Kertasari, Kabupaten Bandung sampai ujung waduk Saguling; dan DAS Citarum tengah meliputi wilayah tangkapan air waduk Saguling-Waduk Cirata dan Waduk Jatiluhur. Di kawasan DAS ini, area seluas 14.907 ha (2,6%) telah terdegradasi berat, 49.827 ha (8,6%) terdegradasi sedang, 307.743 ha (52,9%) terdegradasi ringan. Erosi tanah, pencemaran kimia dan residu limbah industri sebagai faktor pemicu terjadinya lahan terdegradasi di DAS Citarum yang akhirnya sebagian lahan berlereng menjadi kritis. Lahan terdegradasi dan lahan kritis bukan saja merupakan lahan yang tidak produktif, tetapi juga dapat menjadi sumber bencana, mulai dari banjir, kekeringan, dan tanah longsor. Meluasnya lahan terdegradasi akan berakibat terhadap semakin parahnyakerusakan lingkungan, yang mendorong terjadinya bencana alam semakin tinggi dan lahan pertanian menjadi tidak produktif. Upaya perlindungan lahan yang mendesak untuk segera ditangani dalam usaha pemulihan lahan terdegradasi antara lain: pengendalian degradasi lahan di daerah tangkapan hujan (*water catchment area*); dan pengendalian konversi lahan terutama di kawasan lahan berhutan/tanaman tahunan menjadi lahan pertanian/non pertanian. Lahan pertanian juga perlu dilindungi terhadap pencemaran kimia dan limbah industri. Perlu mendorong dan membantu petani untuk pengendalian erosi tanah seperti pembuatan teras bangku, gulud, strip rumput, mulsa, dan pertanaman lorong. Selain itu perlu mengupayakan implementasi teknik panen hujan dan aliran permukaan secara optimal untuk konservasi tanah air dan meningkatkan kapasitas/daya tampung DAS, sehingga selama musim kemarau tampungan air tersebut dapat digunakan sebagai sumber irigasi ataupun berfungsi untuk mempertahankan kelembaban tanah. Pemulihan tanah yang telah terkena pencemaran bahan kimia dan limbah industri dapat dilakukan dengan aplikasi bahan organik yang bermanfaat untuk mengimobilisasi logam berat di tanah. Seiring dengan mengemukakan isu lingkungan dan kesehatan, maka pembangunan pertanian berkelanjutan di kawasan DAS hulu dan tengah adalah pembangunan pertanian yang mengkombinasikan teknologi tradisional dengan teknologi modern, yaitu memacu kenaikan produksi dengan tetap menjaga kelestarian lingkungan.

Kata kunci: DAS Citarum / Degradasi Lahan / Pengendalian / Pertanian Berkelanjutan

Abstract. Upstream of Citarum watershed developed from headwaters on the slopes of Mount Wayang (Cisanti Lake), in the Cibeureum village area, Kertasari, Bandung regency down to the end of the Saguling dam; and the Citarum middle of Citarum watershed covers an area of Saguling-Cirata and Jatiluhur dams. In this watershed, an area of 14,907 ha (2.6%) have been severely degraded, 49,827 ha (8.6%) are being degraded, 307,743 ha (52.9%) lightly degraded. Soil erosion, chemical pollution and industrial waste residue as triggering factors of land degradation in the Citarum watershed that eventually most sloping areas becomes critical. Degraded land and critical land are not only a land become unproductive, but it can also be a source of disasters such as floods, droughts, and landslides. Widespread land degradation will lead to increasingly severe environmental damage, which encourages higher occurrence of natural disasters and agricultural land becomes unproductive. Land protection efforts is urgent to be addressed in the recovery of degraded lands, among others: control of land degradation in the water catchment area; and control of land conversion, especially in the area of forested land and or annual crops to agriculture and non agricultural land. Agricultural land also needs to be protected against chemical pollution and industrial waste. Need to encourage and assist farmers to control soil erosion as terracing benches, gulud, a strip of grass, mulch and alley cropping. Besides that, it is necessary to seek the implementation of rain harvesting techniques and surface water flow optimally for ground water conservation and increase capacity water absorption of the watershed, so that during the dry season the water reservoir can be used as a source of irrigation or serves to maintain soil moisture. Recovery of land that has been polluted by chemicals and industrial waste can be done with the application of organic materials that are useful to re-immobilisation heavy metals in the soil. Along with the environmental issues and health and sustainable agricultural development in the region of upper and middle Citarum watershed, farming development that combines traditional technologies with modern technology, which are spurring the increase in production while maintaining environmental sustainability.

Keywords: DAS Citarum / Land Degradation / Control / Sustainable Agriculture

PENDAHULUAN

Di Indonesia degradasi lahan terjadi pada lahan pertanian yang mengakibatkan produktivitas lahan menurun baik sifat fisik, kimia dan biologi. Pada lahan pertanian dengan pengelolaan yang intensif, erosi akan mengikis permukaan tanah, dan aliran permukaan akan mengangkut sedimen yang mengandung cukup banyak dari daerah perakaran tanaman (Kurnia 1996). Degradasi merupakan suatu proses penurunan produktivitas tanah menjadi lebih rendah, baik sementara maupun tetap, sehingga pada suatu saat lahan akan menuju pada tingkat kekritisannya tertentu (Dent 1995)

Pengelolaan lahan yang bersifat eksploitatif yang didorong oleh pertumbuhan penduduk dan upaya meningkatkan pertumbuhan ekonomi merupakan faktor-faktor pemicu terjadinya degradasi sumberdaya lahan. Degradasi lahan terjadi di hampir di semua bentang lahan mulai dari hulu DAS sampai dengan daerah pesisir termasuk di daerah aliran sungai (DAS) Citarum provinsi Jawa barat. Hutan mangrove bagian hilir DAS juga mengalami kerusakan berat. Masalah degradasi sumberdaya lahan yang mengakibatkan kemiskinan masih terus berlanjut, sehingga pemenuhan kebutuhan dasar seperti pangan tetap menjadi masalah dalam setiap kurun waktu (Pasandaran *et al.* 2011).

Lahan pertanian yang merupakan faktor utama sistem produksi pertanian, umumnya belum terawat dan terjamin kelestariannya dengan baik. Apabila produksi pertanian diharapkan mampu mengimbangi kebutuhan penduduk yang terus meningkat dan juga bisa digunakan sebagai penghasil devisa negara, maka seharusnya luas dan produktivitas lahan pertanian juga terus ditingkatkan. Namun kenyataannya menunjukkan hal lain. Lahan pertanian baik lahan sawah dan lahan kering sebagai penghasil pangan dan komoditas pertanian cenderung menurun luas bakunya akibat konversi ke non pertanian. Pertanian lahan kering walaupun konversinya tidak secepat lahan sawah, dalam beberapa dasawarsa terakhir terus mengalami degradasi oleh proses erosi, longsor, pencemaran, kebakaran, dan sebagainya (Kasryno *et al.* 2010 dan Saat Pasaribu 2011).

Dengan semakin meluasnya lahan terdegradasi baik di kawasan budidaya maupun di kawasan non budidaya dan hutan, di lahan tanaman semusim maupun tanaman tahunan akan berakibat terhadap semakin parahnyanya kerusakan lingkungan, yang mendorong terjadinya bencana alam semakin tinggi

dan lahan pertanian menjadi tidak produktif. Tantangan yang dihadapi adalah bagaimana melakukan upaya-upaya pemulihan ekosistem yang mengalami degradasi dan selanjutnya mampu memelihara integritas ekosistem untuk usaha pemulihan lahan terdegradasi dan laju penurunan produktivitas lahan dapat diminimalkan. Kajian ini mengemukakan usaha pemulihan lahan terdegradasi DAS Citarum hulu dan Citarum tengah

KONDISI DAS CITARUM

Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum merupakan DAS terbesar dan terpanjang di Provinsi Jawa Barat, secara geografis berada 106°51'36"-107°05'1' BT dan 7°19'-6°24' LS. Citarum disusun oleh dua kata yaitu Ci yang artinya sungai atau air dan Tarum yang merupakan nama tumbuhan penghasil warna nila. Dari asal usul kata ini bisa disimpulkan bahwa pada jaman dahulu banyak tumbuhan tarum di sepanjang Citarum (sumber: www.citarum.org/ Pemerintah Provinsi Jawa Barat 2016).

Panjang aliran sungai ini sekitar 300 km. Secara tradisional, hulu Citarum berawal dari lereng G. Wayang, di Tenggara Kota Bandung, di wilayah Desa Cibeureum, Kertasari, Bandung. Ada tujuh mata air yang menyatu di suatu danau buatan bernama Situ Cisanti di wilayah Kabupaten Bandung. Namun, berbagai anak sungai dari kabupaten bertetangga juga menyatukan alirannya ke Citarum, seperti Cikapundung dan Cibeet. Aliran kemudian mengarah ke arah Barat, melewati Majalaya dan Dayeuhkolot, lalu berbelok ke arah barat laut dan utara, menjadi perbatasan Kabupaten Cianjur dengan Kabupaten Bandung Barat, melewati Kabupaten Purwakarta, dan terakhir Kabupaten Karawang (batas dengan Kabupaten Bekasi). Sungai ini bermuara di Ujung Karawang. Berikut ini adalah sebagian dari anak sungai yang mengalir ke Citarum: Cibeet, Cikao, Cisomang, Cikundul, Cibalagung, Cisokan, Cimeta, Ciminyak, Cilanang, Cijere, Cihaur, Cimahi, Cibeureum, Ciwidey, Cisangkuy, Cikapundung, Cidurian, Cipamokolan, Citarik, Cikeruh, dan Cirasea. Karena banyaknya debit air yang dialirkan oleh sungai ini, maka dibangun tiga waduk (danau buatan) sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dan juga untuk irigasi persawahan di sungai ini, tiga waduk tersebut adalah: 1) PLTA Saguling (982 juta m³) di wilayah hulu DAS Citarum; 2) PLTA Cirata (2.165 juta m³) di wilayah tengah, dan 3) PLTA Djuanda (3.000 juta m³)

atau lebih dikenal sebagai PLTA Jatiluhur, di wilayah hilir (Jasatirta II, 2015). Sungai Citarum mengairi ratusan ribu hektar sawah khususnya di wilayah Pantai Utara (Pantura) Jawa Barat melalui jaringan irigasi Jatiluhur, juga merupakan sumber air bagi penduduk kota besar seperti Bandung dan Jakarta. Air dari Citarum juga dimanfaatkan sebagai pasokan air minum untuk sebagian penduduk Jakarta.

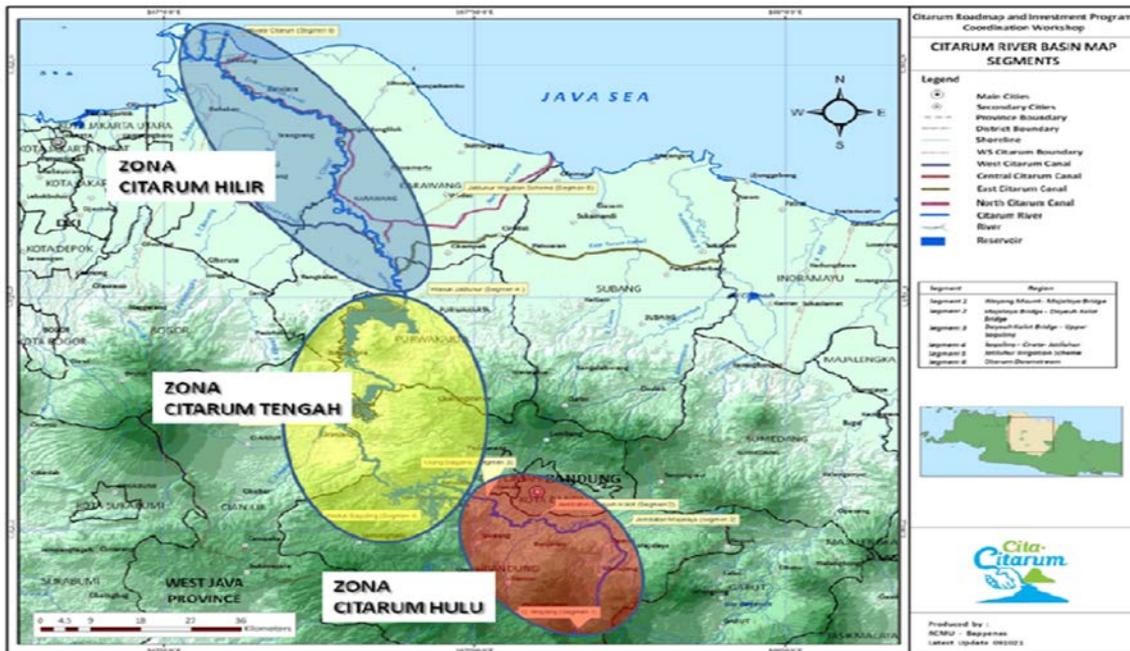
Aktivitas budidaya sayuran dataran tinggi yang intensif di DAS Citarum bagian bagian hulu dan tengah pada lereng-lereng curam dan lahan-lahan berbukit berpengaruh terhadap kondisi tanahnya, yaitu berdampak terhadap penurunan tingkat kesuburan tanah akibat lapisan atasnya tererosi. Salah satu akibat terkikisnya lapisan tanah bagian atas (*top soil*) oleh pukulan butir-butir hujan adalah memadatnya permukaan tanah, sehingga mengurangi laju infiltrasi tanah. Hal ini memperbesar aliran permukaan dan jumlah tanah yang tererosi (Kurnia *et al.* 2001). Hasil kajian Sinukaban *et al.* 1994 besarnya erosi pada tanah Andosol (Dystrandeps) pada lahan berlereng 30% yang ditanami Kentang dan Kobis di daerah Pengalengan kabupaten Bandung sebesar 218 t ha⁻¹, jauh diatas ambang batas toleransi erosi yang masih dapat diabaikan (5 t ha⁻¹). Kondisi seperti ini memperbesar konsentrasi sedimen dalam aliran permukaan, selanjutnya dapat masuk ke badan-badan air seperti sungai, waduk, sehingga terjadi sedimentasi yang dapat

mengurangi umur waduk. Di dalam aliran permukaan terbawa sejumlah carbon (C) organik dan unsur hara yang sangat diperlukan tanaman hilang dari lahan pertanaman. Tanpa upaya penanggulangan erosi, proses degradasi lahan akan terus berlanjut dan semakin parah, selain itu jumlah C organik yang hilang cukup besar. Demikian juga hara nitrogen, fosfor dan kalium yang hilang melalui aliran permukaan sangat besar. Erosi yang berlanjut menyebabkan lahan mengalami degradasi dan produktivitas lahan menurun secara drastis.

Dalam Pengelolaan DAS Citarum dibagi dalam tiga zona pengelolaan yaitu: Zona Citarum hulu dengan hulu sungai di G. Wayang sampai ujung Waduk Saguling, zona Citarum tengah meliputi wilayah tangkapan air waduk Saguling-Waduk Cirata dan Waduk Jatiluhur, zona Citarum hilir mencakup wilayah Citarum hilir sampai muara Citarum (Gambar 1). Dalam kajian ini akan dibahas tentang pengendalian degradasi lahan DAS Citarum hulu dan tengah.

KERUSAKAN DAS DAN DEGRADASI LAHAN

Daerah aliran sungai (DAS) merupakan kesatuan wilayah (lahan) yang menerima masukan hujan, menyimpan dan mengalirkan air melalui jaringan



Sumber: Dinas Pertanian Tanaman Pangan Kabupaten Bandung (2015)

Gambar 1. Zona pengelolaan DAS Citarum

Figure 1. Zone Citarum River basin management

sungai, sehingga menghasilkan luaran berupa debit sungai. Hubungan hujan-limpasan/debit sungai menyatakan kondisi hidrologi DAS, dan diharapkan bahwa DAS memiliki fungsi yang menjamin keberlanjutan hubungan hujan-limpasan yang seimbang. Apabila keberlanjutan fungsi-fungsi DAS ini terganggu karena telah terjadi perubahan bio-geo-fisik lahan DAS, maka dikatakan telah terjadi kerusakan DAS atau dikenal dengan DAS kritis. Dalam Rencana Pembangunan Menengah Nasional tahun 2004-2009 (PP No. 7 tahun 2005), disebutkan DAS yang berada pada kondisi kritis semakin meningkat dari 22 DAS tahun 1984) menjadi 39 DAS (tahun 1994) dan meningkat menjadi 62 DAS (tahun 1999). DAS Citarum Jawa Barat termasuk dalam daftar salah satu DAS Kritis tersebut (Ditjen Penataan Ruang Kimpraswil 2002, Nugroho 2009). Salah satu indikasi bahwa DAS Citarum sudah termasuk salah satu DAS kritis antara lain dari data rasio debit aliran sungai (Q) yang ditunjukkan oleh Q_{max}/Q_{min} pada sungai Citarum tercatat $57-1667 \text{ m}^3 \text{ detik}^{-1}$ (Kartiwa dan Pawitan 2010). Hasil kajian BP DAS Citarum-Ciliwung tahun 2015 menunjukkan bahwa lahan di DAS Citarum, 36,6% telah menjadi kritis dengan berbagai tingkat kekritisannya lahan dan perlu mendapatkan prioritas rehabilitasi sesuai dengan tingkat kekritisannya. Luas dan sebaran lahan kritis di DAS Citarum disajikan Tabel 1 dan Gambar 2.

Tabel 1. Lahan kritis di DAS Citarum, Jawa Barat

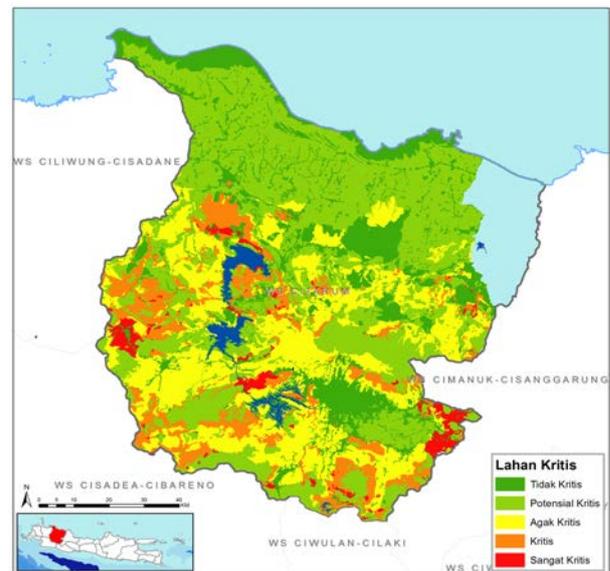
Table 1. Critical land Citarum watershed, West Java

Tingkat kekritisannya lahan	Luas lahan	
	ha	%
Sangat kritis	96.555	6,36
Kritis	115.988	7,64
Agak kritis	329.291	21,69
Potensial Kritis	607.419	40,01
Tidak Kritis	368.915	24,30
Jumlah	1.518.168	100,0

Sumber: BP DAS Citarum-Ciliwung, Provinsi Jawa Barat

Hasil kajian Kementerian Lingkungan Hidup tahun 2003 di DAS Citarum hulu dan tengah menunjukkan bahwa: Nilai TSS (*total suspended solid*) dan TDS (*total dissolved solid*) telah melampaui $100 \text{ mg liter}^{-1}$. Kehilangan lapisan tanah atas akibat erosi sebesar $1,6 \text{ mm tahun}^{-1}$. Hal ini menunjukkan adanya tingkat erosi yang tinggi di daerah hulu DAS akibat berkurangnya areal hutan (Kementerian Lingkungan Hidup 2003). Laju erosi di DAS Citarum hulu relatif

tinggi, secara kumulatif laju erosi yang terjadi adalah $19,3 \text{ t ha}^{-1} \text{ tahun}^{-1}$, dengan indeks erosi sebesar 1,29. Indeks Erosi yang nilainya lebih besar dari 1, yang berarti bahwa ditinjau dari segi erosi DAS Citarum tergolong dalam kondisi jelek (Kemen Lingkungan Hidup 2003). Hal ini sejalan dengan hasil kajian Erfandi *et al.* (2002) dan Arsanti dan Boehme (2006) bahwa tingkat erosi di DAS Citarum hulu Cianjur yang digunakan untuk pertanaman sayuran tergolong tinggi. Tingkat erosi pada tanah Andic Eutrudepts yang diberakan (terbuka) erosinya lebih dari 100 t ha^{-1} dengan aliran permukaan lebih dari $500 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.



Sumber: BP DAS Citarum-Ciliwung (2015)

Gambar 2. Lahan kritis di DAS Citarum, Jawa Barat

Figure 2. Critical land in DAS Citarum, West Java

Degradasi lahan adalah proses penurunan produktivitas lahan, baik yang sifatnya sementara maupun tetap, dicirikan dengan penurunan sifat fisik, kimia dan biologi (FAO 1994, Kurnia 2001, Dariah 2004). Lahan yang terdegradasi dalam definisi lain sering disebut lahan tidak produktif, lahan kritis atau lahan tidur yang merupakan lahan tidak berfungsi sesuai dengan peruntukannya sebagai media produksi maupun media tata air (Kepmenhut 52/Kpts-II/2001). Degradasi lahan ditandai oleh penurunan satu kehilangan produktivitas lahan, baik secara fisik, kimia, dan biologi maupun ekonomi. Degradasi lahan diakibatkan oleh kesalahan dalam pengelolaan dan penggunaan lahan. Pengelolaan dan penggunaan lahan meliputi pembukaan lahan pada saat persiapan tanam,

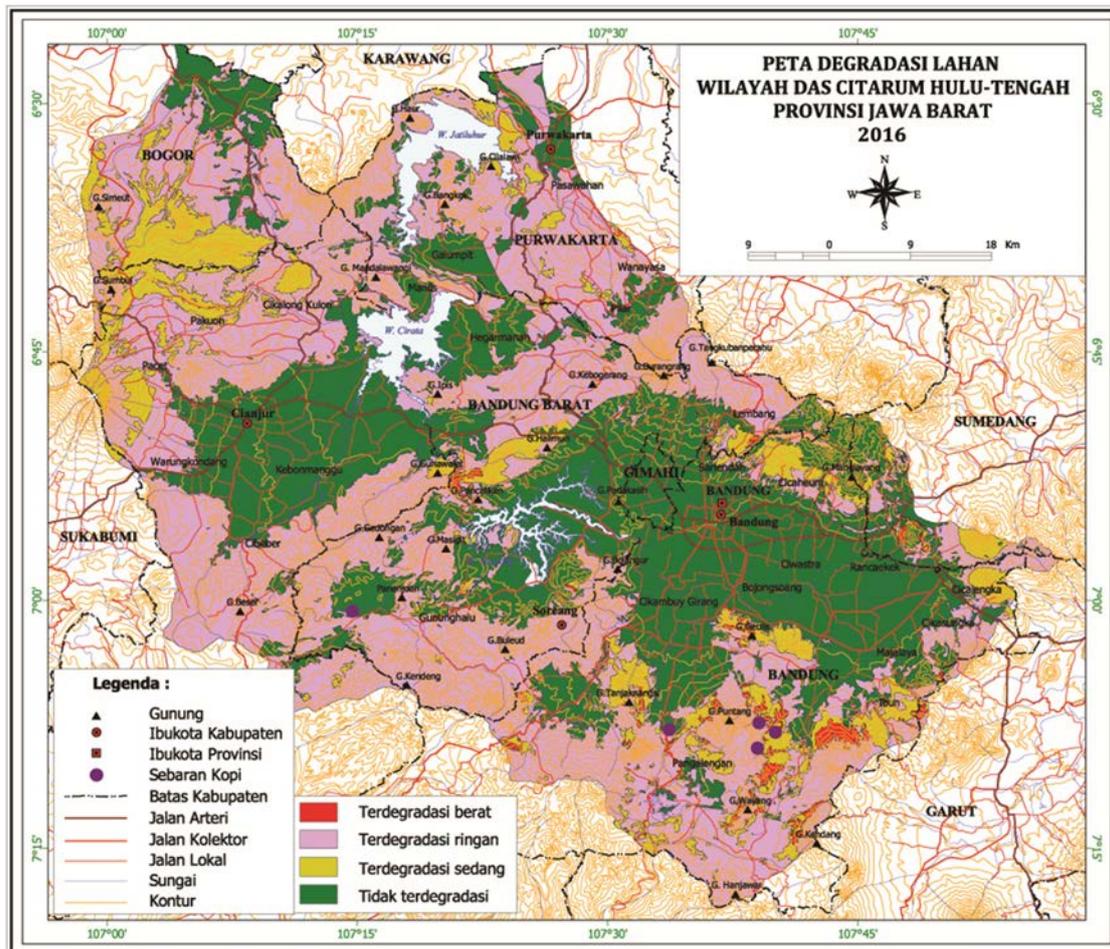
penebangan hutan (*deforestation*), dan konversi untuk non pertanian, dan irigasi (Agus 2002). Lahan ini umumnya dibiarkan terlantar tidak digarap dan ditumbuhi semak belukar.

Balai Penelitian Tanah dari tahun 2015 sampai 2016 melakukan kajian tentang lahan terdegradasi di sebagian DAS Citarum hulu dan tengah. Dalam kajiannya di daerah seluas 582.222 ha, di DAS tersebut area seluas 14.907 ha (2,6%) telah terdegradasi berat, 49.827 ha (8,6%) terdegradasi sedang, 307.743 ha (52,9%) terdegradasi ringan, dan 209.745 ha (36,0%) belum terdegradasi yang sebagian besar merupakan daerah persawahan. Sebaran lahan terdegradasi lahan di sebagian DAS Citarum hulu dan tengah disajikan pada Gambar 3.

Lahan terdegradasi bukan saja merupakan lahan yang tidak produktif, tetapi juga dapat menjadi sumber bencana, mulai dari banjir, kekeringan, tanah longsor sampai kebakaran yang bisa berdampak terjadinya

pemanasan global. Akibat negatif adanya lahan terdegradasi tidak hanya dirasakan di lokasi dimana tindakan pencegahan (konservasi) dilakukan, namun proses degradasi lahan tetap berlangsung dan menyebar semakin luas dan intensif. Dampak degradasi lahan di kawasan Pengalengan dan Puncak-Cianjur/Bogor, banjirnya sampai Jakarta dan efek pemanasan global sampai dirasakan sampai di Eropa. Dengan semakin meluasnya lahan terdegradasi (baik di kawasan budidaya, kawasan non budidaya, kawasan hutan, maupun di lahan tanaman semusim dan tanaman tahunan) akan berakibat terhadap semakin parahnyanya kerusakan lingkungan, yang mendorong terjadinya bencana alam semakin tinggi dan lahan pertanian menjadi tidak produktif.

Sedimentasi merupakan dampak lanjutan dari terjadinya erosi di daerah hulu sungai, yang diakibatkan oleh limpasan. Hilangnya vegetasi (hutan) pada suatu DAS selain menyebabkan limpasan juga



Sumber: Balai Penelitian Tanah (2015 dan 2016)

Gambar 3. Lahan terdegradasi di sebagian DAS Citarum hulu dan Citarum tengah
Figure 3. Degraded lands in the majority DAS Citarum upstream and middle Citarum

sekaligus meningkatkan laju erosi. Erosi yang berlangsung secara terus menerus pada musim hujan dapat menyebabkan hilangnya lapisan tanah atas (*top soil*), yang kemudian terbawa aliran sungai dan seterusnya menyebabkan sedimentasi di sungai (pendangkalan). Selain itu, erosi juga menyebabkan menurunnya tingkat kesuburan tanah. Banjir dan longsor membawa tanah dari puncak atau lereng bukit di tempat di bawahnya, dan menimbulkan kerusakan lahan pertanian baik di lokasi longsor maupun pada lahan pertanian yang tertimbun longsor tanah, serta alur di antara kedua tempat tersebut. Lahan pertanian yang terkena banjir dan longsor tersebut jelas mengalami penurunan kualitas dan produktivitasnya. Memburuknya kondisi lahan menyebabkan masyarakat yang tinggal di kawasan yang mengalami degradasi menghadapi berbagai ancaman seperti kekurangan sumber air, gagal panen, sering terjadi bencana banjir, longsor di musim hujan dan kekeringan di musim kemarau, dan munculnya berbagai penyakit.

FAKTOR PEMICU DEGRADASI LAHAN

Erosi Tanah

Sebagian besar (77%) lahan di DAS Citarum hulu dan tengah berlereng >3% dengan topografi bervariasi dari datar agak berombak, bergelombang, berbukit sampai bergunung (Balai Penelitian Tanah 2015 dan 2016). Lahan ini umumnya digunakan untuk usaha pertanian (tanaman pangan semusim dan sayuran), perkebunan teh dan karet serta perkebunan rakyat seperti kopi, cengkeh, yang didominasi oleh lahan yang berkembang dari bahan vulkanik (bahan vulkanik dari G. Malabar (2.343 m), G. Tilu (2.040 m), G. Wayang (2.182 m), G. Patuha, G. Guntur (2.040 m), G. Manglayang (1.800 m), dan G. Bukit Tunggul (2.209 m). Dengan curah hujan yang tinggi dapat memicu laju erosi dan longsor. Tanah yang berkembang dari bahan vulkanik (tanah Andisol) mempunyai porositas baik, sehingga peresapan air ke dalam tanah dapat berjalan dengan baik. Akan tetapi, karena tekstur tanahnya didominasi oleh fraksi ringan (debu) yang sangat mudah untuk diangkut oleh aliran permukaan, maka begitu tanah jenuh dan terjadi aliran permukaan, tanah menjadi sangat mudah tererosi. Salah satu atau gabungan beberapa faktor lereng, intensitas hujan yang tinggi, tanah peka erosi akan menyebabkan tingginya laju erosi. Faktor lereng

merupakan penyebab erosi alami yang paling dominan selain curah hujan yang tinggi.

Curah hujan yang tinggi dalam waktu yang cukup lama akan berdampak terjadinya banjir dan longsor membawa tanah dari puncak atau lereng bukit yang peka erosi pada tempat dibawahnya, dan menimbulkan kerusakan lahan pertanian baik di lokasi longsor maupun pada lahan pertanian yang tertimbun longsor tanah, serta alur di antara kedua tempat tersebut. Lahan pertanian yang terkena banjir dan longsor tersebut jelas mengalami penurunan kualitas dan produktivitasnya.

Pencemaran Kimiawi dan Residu Limbah Industri

Lahan pertanian di DAS ini juga mengalami penurunan kualitas akibat penggunaan bahan-bahan agrokimia, seperti insektisida, pestisida, dan herbisida. Penggunaan bahan kimia tersebut meninggalkan residu dalam tanah serta dalam bagian tanaman seperti buah, daun dan umbi (Ardiwinata *et al.* 1999). Kandungan residu pestisida pada beberapa produk pertanian disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan residu pestisida pada beberapa produk pertanian

Table 2. Content of pesticide residue on some agricultural products

No.	Sampel	Residu pestisida	Referensi
1.	Sayur-sayuran	DDT, Endosulfan, lindane, aldrin, Dieldrin, Diazon, Fenitrothion, Malathion, Fenthion, Chlorpyrifos,	Karindah (1995) Laksanawati <i>et al.</i> (1994)
2.	Buah-buahan	Cyhalotrin, Delta metrin, Propineb, Diazon, Chlorpyrifos, Benomyl, Carbedazim	Arvina (1998) Syahbirin <i>et al.</i> (2001)
3.	Kedelai	Lindane, Dieldrin, BPMC, MIPC, Chlorpyrifos, Fenthion, Carbofuran, Heptachlor, DDT, Carbaryl, Diazon	Samodra <i>et al.</i> (1992) Ardiwinata <i>et al.</i> (1997) Kartospetra <i>et al.</i> (1988)
4.	Padi/beras	Lindane, Aldrin, Endosulfan, Chlorpyrifos, Carbofuran, Diazinon, Heptachlor, DDT, Carbaryl	Ardiwinata <i>et al.</i> (1996, 1997, 1990) Jatmiko <i>et al.</i> (1999) Harsanti <i>et al.</i> (1999)

No.	Sampel	Residu pestisida	Referensi
5.	Tanah	Lindane, Aldrin, Endosulfan, Carbofuran, MIPC, BPMC, Chlorpyrifos	Guntazuardi <i>et al.</i> 1992 Sulaksana 2001 Ardiwinata 1996 Jatmiko <i>et al.</i> 1999
6.	Air sungai	Chlororganic	Ardiwinata dan Djazuli 1992
7.	Air sumur	Lindane, Endosulfan	Ardiwinata 1996 Harsanti <i>et al.</i> 1999 Jatmiko <i>et al.</i> 1999
8.	Lahan sawah	Lindane, Aldrin, Endosulfan	Sulaksana 2001 Ardiwinata 1996 Ohsawa <i>et al.</i> 1985
9.	Ikan	Carbofuran, Diazinon, Quinalfos, Phonofos	Samudra <i>et al.</i> , 1989

Sumber: Ardiwinata (1999 dan 2004)

Beberapa senyawa beracun (B3) yang berdampak buruk terhadap keberlanjutan sistem produksi pertanian antara lain: adalah logam berat, seperti Hg, Fe, Cd, Cu, Zn, Mn, dan bahan kimia seperti detergen. Walaupun belum terlalu serius, terdapat indikasi bahwa di banyak lokasi pertanian terutama di lahan pertanian (sawah dan pertanian lahan kering), perairan, kolam ikan, senyawa kimia limbah tersebut telah mulai, mencemari lahan dan air irigasi, bahkan produk pertanian seperti tanaman padi dan sayuran. Sebagai contoh, hasil penelitian Kurnia *et al.* (2004) menunjukkan bahwa kandungan berbagai jenis logam berat dalam tanah pada lahan yang terpolusi limbah pabrik di beberapa lokasi di DAS Citarum Jawa Barat meningkat sekitar 18-98% dibanding dengan lahan yang belum terkena polusi. Polusi logam berat tersebut selain menyebabkan kontaminasi pada produk (terutama pada gabah/beras, dan sayuran) juga menurunkan produktivitas tanaman (Suganda *et al.* 2002 dan Munarso dan Setyarini 2004).

PENGENDALIAN DEGRADASI LAHAN

Kegiatan rehabilitasi lahan dan konservasi tanah (RLKT) telah dilaksanakan oleh Kementerian Kehutanan sejak awal program penghijauan nasional, jauh sebelum sektor kehutanan menjadi departemen/kementerian sendiri. Sejak dekade terakhir ini telah dikembangkan berbagai program untuk tujuan serupa, seperti Gerhan, GNKPA, dan sebagainya. Undang-undang No. 41/1999 tentang kehutanan, yang kemudian direvisi, dan juga dalam Undang-undang No. 26/2007 tentang Tata Ruang, mengamanatkan bahwa minimal 30% luasan lahan harus tertutup oleh vegetasi tanaman tahunan/hutan (*tree crops*).

Secara teknis, proses erosi tanah dapat dikendalikan karena sudah banyak teknologi pengendalian erosi yang cukup efektif, seperti teras bangku, gulud, strip rumput, mulsa, dan pertanaman lorong (Adimihardja 2006). Namun adopsi teknologi konservasi tersebut terkendala oleh berbagai permasalahan sosial ekonomi, terutama lemahnya permodalan petani. Petani mendahulukan kegiatan yang langsung memberikan keuntungan seperti pemupukan dan pemberantasan hama atau penyakit, sedangkan penerapan teknologi pengendalian erosi merupakan prioritas terakhir, karena dianggap mahal dan tidak terasa keuntungannya dalam jangka pendek. Selain itu perlu mengupayakan implementasi teknik panen hujan dan aliran permukaan secara optimal untuk meningkatkan kapasitas/daya tampung DAS. Teknik panen hujan adalah upaya menampung hujan dan aliran permukaan selama musim hujan melalui pembuatan bangunan konservasi tanah dan air, sehingga selama musim kemarau tampungan air tersebut dapat digunakan sebagai sumber irigasi ataupun berfungsi untuk mempertahankan kelembaban tanah.

Teknik panen hujan dan aliran permukaan dapat berupa bendungan, dam parit (channel reservoir), embung, sumur resapan, pembuatan teras, rorak, biopori dan lain sebagainya. Pembangunan waduk/dam dalam jumlah besar tidak hanya ditujukan untuk keperluan penampungan air saja, namun bersifat multifungsi misalnya untuk pengendalian banjir, tempat pemeliharaan ikan, rekreasi, pembangkit tenaga listrik, dan lain sebagainya.

Pengendalian Konversi Lahan di Daerah Tangkapan Hujan

Upaya perlindungan lahan yang mendesak untuk segera ditangani adalah: pengendalian degradasi lahan di daerah tangkapan hujan (*water catchment area*); dan pengendalian konversi lahan terutama di kawasan lahan berhutan menjadi lahan pertanian/non pertanian dan konversi lahan pertanian menjadi lahan non pertanian (Kartodihardjo 2006). Kedua hal tersebut yang mendorong terjadinya degradasi lahan masih terus berlangsung dan menimbulkan hambatan besar bagi pembangunan sektor pertanian, berupa penurunan produksi pertanian nasional, selain kerugian besar bagi keluarga tani dan masyarakat serta pemerintah daerah.

Pengendalian Pencemaran Kimiawi

Dalam rangka mengatasi pencemaran tanah oleh agrokimia, pemerintah telah memberlakukan berbagai peraturan, antara lain: Permentan No. 7/1973 tentang peredaran, penyimpanan dan penggunaan pestisida; Kepmentan No. 280/1973 tentang pendaftaran, aplikasi dan lisensi pestisida, Kepmentan No. 429/1973 tentang pembatasan pestisida; Kepmentan No. 536/1985 tentang pengawasan pestisida, dan UU No. 12/1992 tentang budidaya tanaman. Namun demikian kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa penggunaan bahan agrokimia terus meningkat dari tahun ke tahun (Soeyitna dan Ardiwinata 1999). Peraturan-peraturan yang berlaku tidak mampu mengendalikan impor dan penggunaan bahan-bahan agrokimia, antara lain karena penegakan hukumnya belum dilaksanakan dengan baik, dan perdagangan agrokimia menyangkut nilai ekonomi yang besar.

Lahan pertanian juga perlu dilindungi terhadap pencemaran oleh limbah industri, seperti industri tekstil, kertas, baterai, dan cat dengan cara pengaturan pembuangan limbah. Teknologi pengelolaan limbah telah tersedia, antara lain berupa pembuatan instalasi pengolahan limbah untuk berbagai jenis limbah industri. Lebih lanjut, sudah ditetapkan juga baku mutu limbah untuk berbagai unsur pencemar (Ramadi 2002), dan beberapa peraturan daerah tentang pengendalian pencemaran tanah dan air. Namun demikian upaya-upaya tersebut belum mampu mengendalikan proses pencemaran tanah pertanian.

Remediasi tanah terpolusi logam berat di lahan pertanian dapat dilakukan dengan meningkatkan pH melalui aplikasi kapur dan bahan organik. Peningkatan pH tanah akan mengurangi kelarutan logam berat, sedangkan penambahan bahan organik bermanfaat untuk mengimobilisasi logam berat di tanah. Asam humik dan fulvik (rasio 1:1) dapat menyerap logam berat seperti Pb, Fe, Mn, Cu, Ni, Zn, dan Cd (Kurnia *et al.* 2004).

Jaga Lingkungan dan Fungsi Hidrologi

Daya dukung dan daya tampung lingkungan yang terlampaui jadi faktor meningkatnya degradasi lahan dan kejadian banjir pada masa mendatang. Jumlah penduduk yang makin banyak juga meningkatkan kerentanan. Oleh karena perubahan iklim dan pembangunan sosial ekonomi menjadi pemicu utama terjadinya degradasi lahan dan banjir,

maka perlu segera diambil tindakan strategis secara menyeluruh untuk mencegah kerusakan lahan dan bencana banjir tidak semakin meluas.

Kesulitan air dapat dicegah dengan kepedulian pada lingkungan. Bila kawasan peresapan air defisit air, penyebabnya pepohonan yang menjadi pengikat air dan mencegah erosi banyak ditebang untuk perkebunan bahkan untuk perumahan.

Di sekitar Situ Cisanti, Kaki G. Wayang, Kabupaten Bandung, danau itu merupakan mata air di hulu sungai Citarum yang bermuara di pantai utara Karawang. Debit air sungai Citarum dimanfaatkan untuk kepentingan pertanian, menggerakkan turbin penghasil listrik, sampai suplai kebutuhan air minum ke DKI Jakarta. Perbukitan sekitar Situ Cisanti yang dulunya rindang pepohonan besar berubah menjadi lahan sayuran. Akibatnya tanah mudah tergerus yang menyebabkan longsor. Material longsor yang jatuh ke sungai menimbulkan sedimentasi. Untuk itu, peran penting sebagai kawasan peresapan air di bagian hulu sungai Citarum perlu dilindungi dengan upaya pelestarian lingkungan sekitarnya.

Lahan pertanian (sawah, tegalan, perkebunan) banyak yang berubah menjadi permukiman dan kawasan industri/pabrik. Alih fungsi lahan pertanian berlangsung cepat di sejumlah wilayah hulu sungai Citarum. Tanah yang tertutup semen tidak akan bisa menyerap air. Akibatnya air akan langsung mengalir ke saluran pembuangan. Air bisa ditabung ketika musim hujan datang, di wilayah perkotaan, warga bisa membuat sumur resapan yang dapat mencegah banjir

Deforestasi menyebabkan air hujan tidak lagi tersimpan, dan langsung mengalir ke sungai-sungai dan langsung menjadi aliran permukaan mendorong cepat terjadinya banjir. Sebaliknya saat musim kemarau sungai-sungai menjadi kering. Itu terjadi karena hutan dan/atau tanaman tahunan (*tree crops*) yang berfungsi menyimpan dan melepaskan kembali pada musim kemarau, air sudah semakin berkurang setiap tahunnya.

Berbagai upaya sudah dilakukan untuk menangani masalah non infrastruktur, antara lain pemerintah provinsi telah meluncurkan program Citarum Bestari (bersih dan lestari) yang kini sudah sampai pada 20 km dari hulu, tetapi hasilnya tidak sesuai harapan. Cukup sulit untuk memenuhi harapan (target) pada tahun 2018 Sungai Citarum bersih dan bisa diminum. Pemerintah Pusat dan DKI Jakarta yang mendapat pasokan air bersih dari Sungai Citarum mestinya mengalokasikan anggaran non infrastruktur untuk DAS Citarum seperti halnya untuk infrastruktur

fisik. Hal ini diperlukan guna mempercepat penyelesaian persoalan sungai Citarum. Dana itu diperlukan antara ini untuk mendukung program Citarum bersih termasuk untuk penanganan biogas kotoran sapi, pembuangan limbah rumah tangga komunal dan penghijauan.

PENGEMBANGAN SISTEM PERTANIAN BERKELANJUTAN

Brown dan Hock (1991) mengemukakan bahwa selain produktivitas, setidaknya ada enam komponen yang menjadi tolok ukur dari pembangunan pertanian berkelanjutan, yaitu: 1) kepunahan spesies, 2) kerusakan hutan, 3) erosi tanah, 4) emisi karbon, 5) jumlah ikan yang ditangkap, dan 6) laju kelahiran manusia dibanding dengan laju kematian. Oleh karena itu keenam tolok ukur tersebut juga dijadikan acuan pengelolaan lingkungan terutama dalam konteks pengelolaan pembangunan yang bersih (*clean development management*), seperti isu keragaman hayati (*biodiversity*), *ecolabelling* dan *deforestation*, mitigasi gas rumah kaca dan polusi.

Mengacu kepada pengalaman penerapan revolusi hijau I, pembangunan pertanian ke depan memerlukan re-orientasi pendekatan, terutama dalam pengembangan sistem produksi padi dan tanaman pangan pada umumnya. Beberapa komponen dan revolusi hijau I masih cukup relevan, namun ada beberapa aspek yang perlu diperbaiki dan disempurnakan, seperti: 1) penggunaan teknologi tinggi berbasis sumberdaya (*knowledge and resources approach*), 2) penggunaan *input* yang rasional melalui pengembangan system pertanian modern (*Good Agricultural Practices*–GAP); 3) pemanfaatan sumberdaya, teknologi dan kearifan lokal (*indigineous technology and local wisdom*); dan 4) perhatian yang lebih serius terhadap aspek kesehatan, lingkungan, serta potensi dan kelestarian sumberdaya pedesaan. Keempat pendekatan tersebut dapat dikemas dalam konsep revolusi hijau lestari (RHL) atau *evergreen revolution*.

Selaras dengan RHL, seiring dengan mengemukanya isu lingkungan dan kesehatan, maka pembangunan pertanian berkelanjutan adalah pembangunan pertanian yang mengkombinasikan teknologi tradisional dengan teknologi modern, yaitu memacu kenaikan produksi dengan tetap menjaga kelestarian lingkungan.

PENUTUP

Lahan terdegradasi di sebagian DAS Citarum, hulu dan tengah seluas 372.477 ha, 2,6% termasuk terdegradasi berat, 8,6% termasuk terdegradasi sedang, dan sisanya terdegradasi ringan. Degradasi lahan yang berlanjut berdampak lahan menjadi kritis. Sekitar 6,36% menjadi lahan sangat kritis dan 7,64% menjadi lahan kritis. Ketersediaan data dan informasi spasial atau peta yang akurat, yang mudah diakses dan *up to date* tentang sebaran dan karakteristik degradasi lahan dan lahan kritis, sangat berguna sebagai masukan bagi para perencana atau pengelola lahan dalam usaha pengendalian dan mencegah terjadinya kerusakan lahan yang lebih parah dan penerapan program/ teknik konservasi tanah yang lebih dini dan akurat.

Lahan terdegradasi dan lahan kritis bukan saja merupakan lahan yang tidak produktif, tetapi juga dapat menjadi sumber bencana, mulai dari banjir, kekeringan, tanah longsor sampai kebakaran yang bisa berdampak terjadinya pemanasan global. Akibat negatif adanya lahan terdegradasi tidak hanya dirasakan di lokasi dimana tindakan pencegahan (konservasi) dilakukan, namun proses degradasi lahan tetap berlangsung dan menyebar semakin luas dan intensif. Dampak degradasi lahan di kawasan Pengalengan dan Puncak-Cianjur/Bogor, banjirnya sampai Jakarta dan efek pemanasan global sampai dirasakan di Eropa.

Penerapan teknologi konservasi tanah menggunakan guludan yang mengarah mendekati kontur dan arah barisan tanaman searah kontur dan bedengan searah kontur merupakan teknologi konservasi yang yang sesuai dan dianjurkan pada lahan dataran tinggi untuk pengendalian degradasi lahan di DAS Citarum.

Identifikasi dan pemantauan, serta inovasi teknologi mitigasi dan penanggulangan masalah degradasi lahan dan lingkungan pertanian sangat diperlukan untuk mendukung pembangunan pertanian berkelanjutan. Hal ini dilakukan dengan cara mengkombinasikan teknologi tradisional dan teknologi modern, dengan tujuan memacu kenaikan produksi namun tetap menjaga kelestarian lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Balai Penelitian Tanah Bogor, yang telah membiayai kegiatan penelitian di DAS Citarum, Jawa Barat sampai tulisan ini dapat disajikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adimihardja, A. 2006. Strategi Mempertahankan Multifungsi Pertanian di Indonesia. Hlm 231-245. *Dalam* Prosiding Seminar Multifungsi dan Revitalisasi Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Jakarta.
- Agus, F. 2002. Multifunctionality and Sustainability of Paddy Fields in Citarum River Basin, West Java. Paper dipresentasikan pada Seminar Nasional Multifungsi dan Konversi Lahan Sawah. Jakarta 25 Oktober 2002.
- Ardiwinata, A.N. 2004. Effect of Activated Carbon from Coconut Shell and Rice Hull Application to the Rate of Carbofuran and Residue Content in Soil, Water and Paddy. Phd Thesis, Indonesia University. Jakarta
- Ardiwinata, A.N., S.Y. Jatmiko, and E.S. Harsanti. 1999. Monitoring residue at West Java. *In* Proceedings of Green House Gases Emission Research and Increasing Rice Productivity in Low Land Rice. Research Station for Agricultural Environment Preservation. Jakenan. Central Java.
- Arsanti, I.W. dan M. Boehme. 2006. Sistem Usaha Tani Tanaman Sayuran di Indonesia. Hlm 195-230. *Dalam* Prosiding Seminar Multifungsi dan Revitalisasi Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta.
- Balai Penelitian Tanah. 2015. Laporan Penelitian Degradasi lahan di DAS Citarum Hulu, Kabupaten Bandung Jawa Barat. Balai Penelitian Tanah. Bogor (*unpublished*).
- Balai Penelitian Tanah. 2016. Laporan Penelitian Degradasi Lahan di DAS Citarum Tengah (Kabupaten Bandung, Barat-Kabupaten Purwakarta-Kabupaten Cianjur). Balai Penelitian Tanah. Bogor (*unpublished*).
- Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BP DAS). 2015. Lahan Kritis di DAS Citarum. BP DAS Citarum-Ciliwung, Jawa Barat. BP DAS Citarum-Ciliwung. Kantor Wilayah Bogor.
- Brown, C.L. dan W.K. Hock. 1999. Pesticides and the Environment. University Extension, University of Missouri, Columbia, 19 pp (<http://muextension.missouri.edu/explore/agguides/pest/g07520.htm>).
- Dariah A, dan Edi Husen. 2006. Optimalisasi multifungsi pertanian pada usaha tani berbasis tanaman sayuran. Halaman 263-278. *Dalam* Prosiding Seminar Multifungsi dan Revitalisasi Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta.
- Dariah, A. dan I. Las. 2010. Ekosistem Lahan Kering Sebagai Pendukung Pembangunan Pertanian. Hlm 46-66. *Dalam* Membalik Kecenderungan Degradasi Sumberdaya Lahan dan Air. Badan Litbang Pertanian. IPB Press Bogor.
- Dent, F.J. 1995. Towards a Standar Methodology for the Collection and Analysis of Land Degradation Data. Proposal for Discussion Expert Consultation.
- Dinas Pertanian Kabupaten Bandung. 2015. Profil DAS Citarum Hulu Jawa Barat. Dinas Pertanian, Kabupaten Bandung, Soreang, Jawa Barat.
- Ditjen Penataan Ruang Departemen Kimpraswil. 2002. Kaji Ulang Penataan Ruang Kawasan Bopunjur dalam Rangka Mitigasi Banjir DKI Jakarta. Executive Summary. Jakarta.
- Erfandi, D., U. Kurnia, dan O. Sopadi. 2002. Pengendalian erosi dan perubahan sifat fisik tanah pada lahan sayuran berlereng. Hlm 277-286. *Dalam* Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Lahan dan Pupuk. Buku II. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat Bogor. Cisarua, Bogor, 30-31 Oktober 2001.
- Fagi, A.M dan I. Las. 2006. Membekali petani dengan teknologi maju berbasis kearifan lokal pada era revolusi hijau lestari. *Dalam* Prosiding Seminar pada Membalik Arus Menuai Revitalisasi Pedesaan. 24 Mei 2006. Yayasan Padi Indonesia. Jakarta.
- FAO. 1994. Water Quality for Agriculture, Irrigation and Drainage. Paper No. 29 Rev.1 Rome. 10 p.
- Kartiwa, B. dan H. Pawitan. 2010. Degradasi sumber-sumber air: faktor penyebab dan langkah-langkah yang diperlukan. Hlm 163-193. *Dalam* Membalik Kecenderungan Degradasi Sumberdaya Lahan dan Air. Badan Litbang Pertanian. IPB Press. Bogor.
- Kartodihardjo, H. 2006. Masalah dan Kebijakan Rehabilitasi Hutan dan Lahan. Makalah Disampaikan pada Diskusi Terbuka Rehabilitasi Hutan dan Lahan: Kebijakan, Operasionalisasi dan Gagasan Baru. IPB Bogor.
- Kasryno, F. 2006. Pemberdayaan petani dan kearifan lokal pada sistim budidaya pertanian ekologis berbasis padi. *Dalam* Prosiding Seminar Padi: Membalik Arus Menuai Revitalisasi Pedesaan. 24 Mei 2006. Yayasan Padi Indonesia. Jakarta.
- Kasryno, F. dan Haryono. 2010. Belajar dari kebijakan pengelolaan lahan pertanian. Hlm 2012-234. *Dalam* Membalik Kecenderungan Sumberdaya Lahan dan Air. Badan Litbang Pertanian. IPB Press Bogor.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2003. Laporan Status Lingkungan Hidup Tahun 2002. Kementerian Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Kurnia, U. 1996. Kajian Metode Rehabilitasi Lahan untuk Meningkatkan dan Melestarikan Produktivitas Tanah. Disertasi Doktor. Program Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor
- Kurnia, U. 2001. Standarisasi dan Penanggulangan Lahan Terdegradasi. Laporan Akhir Bagian Proyek Sumberdaya lahan dan Agroklimat.
- Kurnia, U., H. Suganda, D. Erfandi, dan H. Kusnadi. 2005. Teknologi konservasi tanah pada budidaya sayuran dataran tinggi. *Dalam* Teknologi Konservasi Tanah Pada Lahan Pertanian Berlereng. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Kurnia, U., H. Suganda, R. Saraswati, dan Nurjaya. 2004. Teknologi pengendalian pencemaran lahan sawah. Hlm 251-281. *Dalam* Tanah Sawah dan Teknologi Pengelolaannya. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Las, I., K. Subagjonyono, dan A.P. Setiyanto. 2006. Isu dan pengelolaan lingkungan dalam revitalisasi pertanian. Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian 25(3). tahun 2006.

- Munarso dan D. Setyorini. 2004. Heavy metal distribution in relevant arable soil and staple crops areas in Indonesia. Codex food safety. JIRCAS, Tokyo Japan.
- Nugroho, S. 2009. Perubahan Tren Debit Sungai di Jawa. Identifikasi Dampak Perubahan Iklim pada Sektor Sumberdaya Air. Program Penguatan IPTEK Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim. Kementerian Negara Riset dan Teknologi. Jakarta.
- Pemerintah Provinsi Jawa Barat: DAS Citarum Jawa Barat. [www:Citarum.org](http://www.Citarum.org). Last retriev: 18 Januari 2017.
- Ramadhi, T. 2002. Identifikasi Pencemaran Lahan Sawah Akibat Limbah Industri Tekstil (Studi Kasus Kecamatan Rancaekek, Bandung). Laporan Praktek Lapang. Program Studi Analisis Lingkungan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. IPB Bogor.
- Santoso, D., I.P.G. Wigeno, Z. Eusof, dan C. Xuhui. 1995. The Asian Land Management of Sloping Lands Networks. Nutrients Balance Study on Sloping Land. P 03-108. International Wokshop on Conservation Farming for Sloping Upland in South East Asia. IBSRAM Proc. No. 14. Bangkok, Thailand.
- Sinukaban, N.H. Pawitan, S. Arsyad, J.L. Amstrong, dan M.G. Nethari. 1994. Effect of soil conservation practice and slope lengths on run off, soil loss and yield of vegetables in West Java, Australian J. of Soil and Water Conservation 7(3):25-29.
- Soeyitno J. dan A.N. Ardiwinata. 1999. Residu pestisida pada agroekosistem tanaman pangan. *Dalam* Risalah Seminar Hasil Penelitian Emisi GRK dan Peningkatan Produksi Padi di Lahan Sawah Menuju Sistem Produksi Padi Berwawasan Lingkungan, 24 April 1999. Puslitbang Tanaman Pangan. Bogor.
- Suganda, H., D. Setyorini, H. Kusnadi, I. Saripin, dan U. Kurnia. 2002. Evaluation of the Effect of Liquid Wastes from Factories on the Sustainability of Rice Production. Paper presented at Preliminary Seminar of Multifunctionality of Paddy Field. Bogor 2 October 2002.
- Suriadikarta, D.A., T. Prihatini, D. Setyorini, dan W. Hartatik. 2002. Teknologi pengelolaan bahan organik tanah. Hlm 183-238. *Dalam* Buku Teknologi Pengelolaan Lahan Kering Menuju Pertanian Produktif dan Ramah Lingkungan. Puslitbangtanak Bogor.
- Utomo, W.H. dan E.I. Wisnubroto. 2007. Dari Konservasi Tanah ke Pemeliharaan Lahan. Hlm 100-109, *dalam* Bunga Rampai Konservasi Tanah dan Air. Masyarakat Konservasi Tanah dan Air. Jakarta.