

ANALISIS BAHAYA KERUSAKAN FUNGSI DAS CIMANUK HULU BERDBASIS DAYA DUKUNG

Dwi Rahayu Susanti¹⁾, Boedi Tjahjono²⁾, Yayat Hidayat³⁾

¹ Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Universitas Hamzanwadi

^{2,3} Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB
Email: nengdwirahayu@gmail.com

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah, untuk menentukan daya dukung jasa ekosistem penyediaan pangan, pengaturan tata air dan analisis kerusakan fungsi DAS Cimanuk Hulu, menggunakan metode AHP dan MCE. Daya dukung jasa ekosistem penyediaan pangan tahun 1995-2015 mengalami peningkatan luas. Pada tahun 1995 luas lahan rendah seluas 9.188 Ha, tahun 2005 seluas 4.814 dan tahun 2015 seluas 4.940 Ha. Luas lahan berpotensi sedang pada tahun 1995 sekitar 56.248 Ha, tahun 2005 seluas 45.400 dan tahun 2015 seluas 44.651. Luasan penurunan lahan sedang dari tahun 1995-2005 seluas 10.894 Ha, tahun 2005-2015 seluas 748 Ha. Luasan lahan berpotensi tinggi mengalami peningkatan, tahun 1995 seluas 52.132 Ha, tahun 2005 seluas 67.360 Ha dan tahun 2015 seluas 44.651. Daya dukung jasa ekosistem pengtauran tata air dari tahun 1995-2015 mengalami penurunan luasan, pada tahun 1995, luas lahan rendah seluas 15.551, kemudian pada tahun 2005 seluas 27.759 dan pada tahun 2015 seluas 31.225 Ha. Luasan lahan berpotensi sedang pada tahun 1995 sekitar 41.158 Ha, tahun 2005 seluas 53.044 dan untuk tahun 2015 seluas 51.390 Ha. Lahan berpotensi tinggi mengalami penurunan dari tahun 1995 seluas 52.132 Ha, sedangkan tahun 2005 seluas 67.360 Ha dan pada tahun 2015 seluas 44.651. pada penelitian ini diperoleh bahwa terjadi penurunan dayadukung pengaturan tata air, akibatnya DAS mengalami kerusakan fungsi. Hal ini disebabkan oleh perubahan penggunaan lahan sebagai areal pertanian pangan. , setidaknya dari tahun 1995 hingga 2015, telah berdampak buruk dengan menurunnya daya dukung tata air DAS hulu, atau dengan kata lain telah merusak fungsi DAS sebagai daerah tangkapan air.

Kata Kunci: *Daya dukung lingkungan, kerusakan fungsi DAS, Cimanuk Hulu*

PENDAHULUAN

Fungsi Pokok DAS Cimanuk Hulu adalah sebagai daerah konservasi tanah dan air (Menteri Pekerjaan Umum 2010), sehingga berperan penting untuk menyerap dan menyimpan air ke dalam tanah. Oleh karena itu tutupan lahan berupa hutan harus tetap terjaga, karena jika penggunaan lahan berubah maka

dapat mempengaruhi kondisi tata airnya, sehingga hal ini dapat menimbulkan berbagai macam bencana baik di wilayah itu sendiri maupun di wilayah hilirnya.

Daya dukung suatu DAS dapat diartikan sebagai kemampuan DAS untuk mewujudkan kelestarian dan keserasian ekosistem serta meningkatnya manfaat sumberdaya

alam yang menunjang kehidupan di dalamnya secara berkelanjutan. Daya dukung suatu DAS mempunyai peranan penting agar proses pembangunan yang dilaksanakan dapat berkelanjutan. Dalam praktiknya, upaya pemanfaatan sumberdaya alam untuk kegiatan pembangunan sebaiknya memperhatikan kondisi lingkungannya (Soemarwoto 1984 dalam Adi dan Savitri 2017).

Suatu kondisi yang menunjukkan berkurangnya daya dukung suatu lingkungan adalah kejadian banjir bandang pada bulan September 2016 di Kota Garut. Namun menilik sejarahnya, ternyata selain tahun 2016, banjir bandang pernah terjadi pada tahun-tahun sebelumnya, yaitu pada tahun 2011 dan tahun 2014 (Nugraha 2016).

Kejadian bencana tidak hanya menimpa daerah hulu DAS Cimanuk, namun juga di daerah hilir yang masuk dalam wilayah Kabupaten Indramayu, yaitu sering terjadi kekeringan pada musim kemarau dan banjir pada musim penghujan sehingga menyebabkan gagal panen. Padahal wilayah ini telah ditetapkan sebagai lumbung padi lokal maupun nasional. Buruknya respon hidrologi DAS banyak disebabkan oleh perubahan penggunaan lahan.

Perubahan penggunaan lahan diperkirakan telah banyak meningkatkan fluktuasi debit aliran sungai dan sedimentasi pada sub DAS Cimanuk Hulu (Rahman 2016; Abdurrahman 2009; Susetyaningsih 2012). Penelitian Duitasari (2016) di sub DAS Cimanuk Hulu menunjukkan bahwa perubahan luas hutan dan sawah selama 20 tahun terakhir (1995-2015) menurun drastis, sedangkan tegalan dan permukiman

meningkat secara tajam. Padahal hutan diketahui memiliki peran penting untuk tata air di dalam DAS (Junaidi dan Tarigan 2011). Dengan menurunnya luasan hutan maka aliran permukaan menjadi meningkat untuk dibawa keluar DAS dan berakibat pada penurunan ketersediaan air di musim kemarau (Hidayat *et al.* 2008). Dengan kata lain hutan mempunyai jasa ekosistem yang baik untuk tata air dan dapat mencerminkan nilai dayadukung lingkungan untuk tata air. Jasa ekosistem adalah barang atau jasa yang di sediakan oleh ekosistem untuk manusia dan menjadi dasar untuk penilaian (*valuation*) suatu ekosistem (Hein *et al.* 2006). Ekosistem yang tertata dengan baik akan mengurangi bahaya kerusakan lingkungan dan bencana bagi manusia.

Di sisi lain penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan daya dukung adalah faktor pendorong terjadinya degradasi lahan yang pada gilirannya menurunkan fungsi hidrologi DAS untuk mengendalikan debit aliran permukaan (Hidayat *et al.* 2013). Menurut Tjahjono *et al.* (2016) persoalan-persoalan tersebut merupakan bentuk respon negatif dari komponen-komponen DAS terhadap kondisi curah hujan, dimana kuatata lemahnya respons ang at dipengaruhi oleh karakteristik DAS baik secara fisik, sosialekonomi,sertabudayamasyarakatnya.

Adapun penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan memetakan perubahan daya dukung tata Air pada DAS Cimanuk Hulu berdasarkan daya dukung jasa ekosistem penyediaan pangan dan pengaturan tata air. Selain itu juga ditujukan untuk menganalisis

bahaya kerusakan Fungsi DAS Cimanuk Hulu.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dari bulan Maret 2017 hingga Desember 2017 berlokasi di DAS Cimanuk Hulu yang terletak di Kabupaten Garut dan mempunyai luas sebesar 117,574 Ha.

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Data primer berupa hasil wawancara kepada *expert* dengan menggunakan kuesioner *semantik diferensial*. Data sekunder (Tabel 1) berupa data penggunaan lahan tahun 1995, 2005, 2015, dan data faset lahan. Data ini akan digunakan sebagai bahan pertanyaan pada kuesioner.

Tabel 1. Data sekunder penelitian

No	Data dan Peta	skala	Sumber
1	Penggunaan lahan	1: 250.000	Duitasari (2016)
2	Faset lahan: a. Material b. Relief c. Kedalaman Pelapukan batuan	1: 250.000	Taufik Wiguna (2016)
3	Kemiringan Lereng	1: 250.000	DEM SRTM 90 m

Penilaian daya dukung dalam penelitian dilakukan dengan menggunakan daya dukung berbasis jasa ekosistem penyediaan pangan dan jasa ekosistem pengaturan tata air dengan menggunakan pendekatan bentanglahan yaitu dengan menggunakan satuan *sub-faset lahan*

sebagai satuan analisis atau satuan pemetaan. Satuan pemetaan ini dihasilkan dari gabungan antara peta faset lahan dan peta penggunaan lahan. Untuk mendapatkan nilai daya dukung dalam penelitian ini menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) yang dikembangkan oleh Saaty (1990) dan dengan menggunakan metode *Multi Criteria Evaluation* (MCE).

Multi Criteria Evaluation (MCE)

MCE (*Multi Criteria Evaluation*) dilakukan untuk mendapatkan skor, bobot, dan nilai. Selanjutnya diolah dengan menggunakan ArcGIS 10.2, sehingga diperoleh daerah mana saja yang mempunyai daya dukung terendah hingga tertinggi dengan menggunakan rumusan berikut:

$$DDL = \sum FL \{W (M) + W (R) + W (KL) + W (KPB)\} + \{ \sum W (PL) \}$$

Keterangan: DDL adalah daya dukung lingkungan, FL adalah Faset Lahan (FL) yang terdiri dari bobot material (M), bobot Relief (R), bobot Kemiringan Lereng (KL), bobot kedalaman pelapukan batuan (KPB), dan bobot penggunaan lahan (PL)

Untuk menentukan kelas nilai daya dukung lingkungan dalam tiga kelas (rendah, sedang, dan tinggi), maka diperlukan nilai interval dengan rumusan sebagai berikut (Ikqra2012)

$$\text{Interval Kelas} = \frac{\text{Nilai Tertinggi} - \text{Nilai Terendah}}{\text{Jumlah Kelas yang diinginkan}}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis AHP (pendapat *expert*) didapatkan bahwa dari dua indikator yang dipilih untuk penilaian daya dukung (faset lahan dan penggunaan lahan), besarnya bobot yang berpengaruh dalam penilaian daya dukung lingkungan berbasis jasa ekosistem adalah 67% untuk faset lahan dan 33% untuk penggunaan lahan (Tabel 2).

Tabel 2. Skor dan bobot daya dukung lingkungan jasa ekosistem penyediaan pangan

Parameter	Urutan	N-Rj+1	Bobot Wj
Faset Lahan	1	2	0,67
Penggunaan Lahan	2	1	0,33
Jumlah		3	1

Daya Dukung Penyediaan Pangan

Dari sisi faset lahan, kemiringan lereng dinilai oleh *paraahli* sebagai komponen yang paling penting untuk penyediaan pangan, sedangkan dari sisi penggunaan lahan sawah adalah komponen yang paling penting (Tabel 3). Adapun Tabel 4 berikut menyajikan hasil penilaian terhadap komponen-komponen faset lahan.

Perubahan Daya Dukung Lingkungan untuk Penyediaan Pangan

Hasil analisis spasial daya dukung penyediaan pangan disajikan pada Gambar 2. Pada Gambar 2a (tahun 1995) terlihat bahwa kelas daya dukung *tinggi* (36.288 ha) terletak pada bentanglahan dataran alluvial dan dataran fluvio-vulkanik

yang memiliki kemiringan lereng 0-15%. Sementara itu kelas daya dukung *sedang* (47.808 ha) lebih banyak tersebar pada bentanglahan perbukitan atau lereng bawah kerucut vulkanik, serta kompleks Gunungapi Guntur. Pada bentanglahan tersebut penggunaan lahan yang dominan adalah hutan. Adapun untuk kelas daya dukung *rendah* (33.471 ha) tersebar pada bentanglahan kompleks Gunungapi Guntur dan lereng atas kerucut vulkanik dengan jenis penggunaan lahannya dominan berupa hutan dan lahan terbuka.

Gambar 2b (tahun 2005) terlihat bahwa pola persebaran kelas daya dukung untuk penyediaan pangan masih mirip dengan tahun 1995, hanya saja luasan kelas daya dukung *tinggi* dari tahun 1995-2005 semakin bertambah seluas 1.956 ha atau 5%. Untuk kelas daya dukung *sedang* juga mengalami peningkatan luas dari tahun 1995-2005, sebesar 7.688 ha atau 16%, di mana penambahan luasnya hingga lereng tengah dan lereng atas setiap bentanglahan. Sementara itu untuk kelas daya dukung *rendah* mengalami penurunan luasan, yaitu sebesar 8.072 ha atau 24%. Untuk Gambar 2c (tahun 2015) terlihat bahwa pola persebaran kelas daya dukung juga masih mirip dengan tahun 1995 dan 2005 namun yang berubah adalah luasannya. Kelas daya dukung *tinggi* berkurang luasannya sebesar 687 ha atau 2% dengan penggunaan lahan yang dominan adalah sawah, perkebunan, dan tegalan. Sementara itu, untuk

kelas daya dukung *sedang* mengalami peningkatan luas sebesar 2.592 ha atau 5% dengan jenis penggunaan lahan yang dominan berupa tegalan. Adapun untuk kelas daya dukung *rendah* luasannya berkurang sebesar

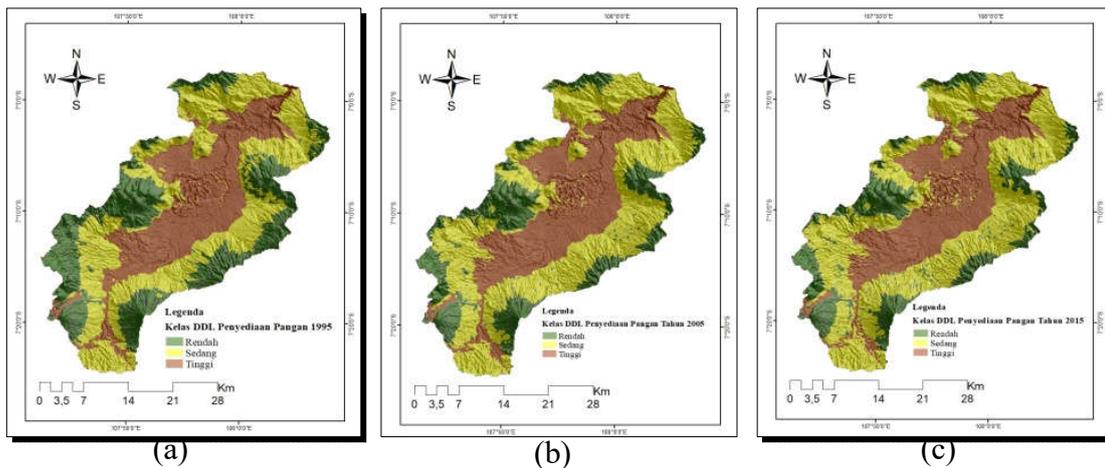
1.907 ha dari tahun 2005-2015, masih terdapat di kompleks Gunungapi Guntur dan di puncak Gunungapi Papandayan; penggunaan lahan dominan berupa lahan terbuka atau padang rumput.

Tabel 3. Bobot, skor, dan nilai daya dukung jasa ekosistem penyediaan pangan

Parameter	Bobot	Skor	Nilai
Faset Lahan	0,67		
Kemiringan Lereng		0,4	0,268
Relief		0,3	0,201
Material		0,2	0,134
Kedalaman Pelapukan Batuan		0,1	0,067
Penggunaan Lahan	0,33		
Sawah		0,20	0,066
Tegalan		0,18	0,059
Badan Air		0,16	0,051
Kebun Campuran		0,13	0,044
Hutan		0,11	0,037
Perkebunan		0,09	0,029
Padang Rumput		0,07	0,022
Permukiman		0,04	0,015
Lahan Terbuka		0,02	0,007

Tabel 4. Bobot, skor dan nilai daya dukung jasa ekosistem penyediaan pangan

Parameter	Bobot	Skor	Nilai
Kemiringan Lereng	0,27		
0-8 %		0,33	0,089
8-15 %		0,27	0,071
15-30 %		0,20	0,054
30-45 %		0,13	0,036
> 45 %		0,07	0,018
Relief	0,20		
Dataran		0,50	0,101
Bukit		0,33	0,067
Pegunungan		0,17	0,034
Material	0,13		
Alluvium		0,50	0,067
Piroklastik		0,33	0,045
Bebatuan /Lava		0,17	0,022
Kedalaman Pelapukan Batuan	0,07		
Dalam		0,50	0,034
Sedang		0,33	0,022
Tinggi		0,17	0,011



Gambar 1. Persebaran spasial kelas daya dukung lingkungan berbasis jasa ekosistem untuk penyediaan pangan di DAS Cimanuk Hulu (a) tahun 1995, (b) tahun 2005, dan (c) tahun 2015

Analisis Daya Dukung untuk Pengaturan Tata Air

Indikator yang paling berpengaruh untuk daya dukung jasa ekosistem pengaturan tata air adalah

penggunaan lahan dengan bobot 0,67%, dan faset lahan mendapat bobot 0,33% (Tabel 5).

Tabel 5. Skor dan bobot daya dukung lingkungan jasa ekosistem pengaturan tata air

Parameter	Urutan	N-Rj+1	Bobot Wj
Penggunaan Lahan	1	2	0,67
Faset Lahan	2	1	0,33
Jumlah		3	1

Berdasarkan hasil analisis untuk daya dukung pengaturan tata air, didapatkan bahwa untuk komponen penggunaan lahan yang paling berpengaruh adalah hutan. (Tabel 6). Adapun (Tabel 7) berikut menyajikan

hasil penilaian terhadap komponen-komponen faset lahan, terdiri atas kemiringan lereng, relief, material, kedalaman pelapukan batuan. Nilai yang tinggi memperlihatkan jasa yang tinggi untuk pengaturan tata air.

Tabel 6. Bobot, Skor dan Nilai daya dukung jasa ekosistem pengaturan tata air

Parameter	Bobot	Skor	Nilai
Penggunaan Lahan	0,67		
Hutan		0,20	0,133
Badan Air		0,18	0,119
Kebun Campuran		0,16	0,104
Perkebunan		0,13	0,089
Sawah		0,11	0,074
Padang Rumput		0,09	0,059
Tegalan		0,07	0,044
Lahan Terbuka		0,04	0,030
Pemukiman		0,02	0,015
Faset Lahan	0,33		
Kemiringan Lereng (%)		0,40	0,133
Material		0,30	0,100
Relief		0,20	0,067
Kedalaman Tanah		0,10	0,033
Jumlah	1		

Perubahan Daya Dukung Lingkungan untuk Pengaturan Tata Air

Di dalam Gambar 3a (tahun 1995) terlihat bahwa wilayah yang memiliki daya dukung *tinggi* untuk pengaturan tata air menyebar pada bentanglahan dataran fluvio-vulkanik, lembah, dan pegunungan vulkanik dengan jenis penggunaan lahan dominan berupa hutan dan kebun campuran. Sementara itu wilayah yang memiliki daya dukung *sedang* tersebar secara dominan pada bentanglahan lereng bawah kerucut vulkanik dengan jenis penggunaan lahan perkebunan, dan sedikit tegalan. Wilayah yang memiliki daya dukung *rendah* tersebar pada lereng tengah kerucut vulkanik Papandayan dan kompleks Gunungapi Guntur dengan jenis penggunaan lahan terbuka. Untuk Gambar 3b (tahun 2005), pola persebaran kelas daya dukung terlihat mirip dengan

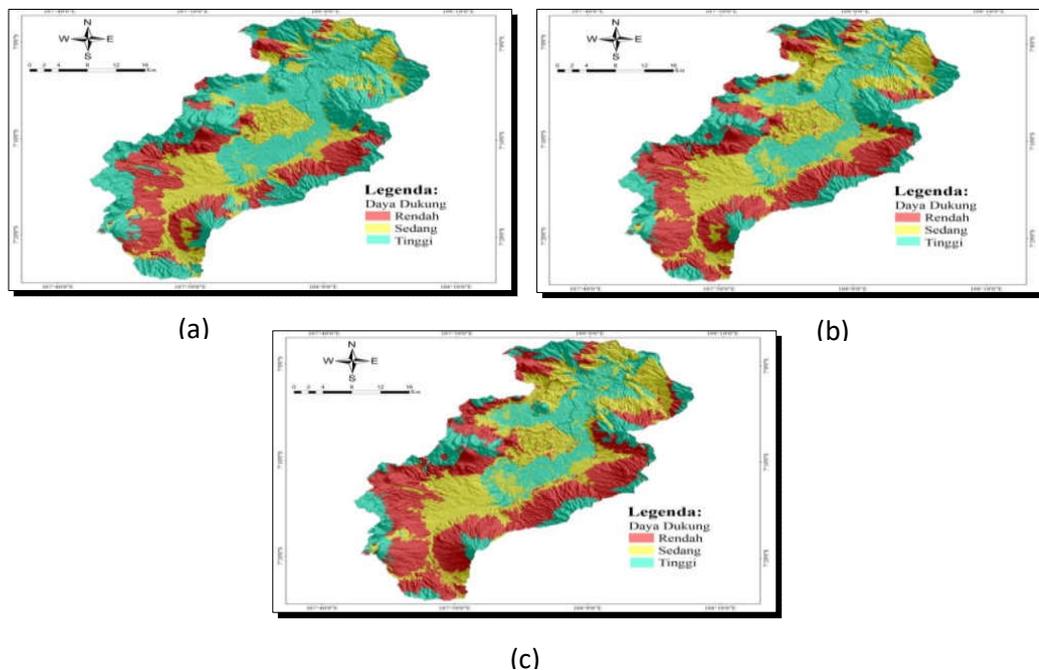
tahun 1995 sebelumnya, namun luasannya yang berubah. Daya dukung *tinggi* yang tersebar di dataran fluvio-vulkanik dan lereng atas kerucut vulkanik denudasional berkurang luasannya sebesar 23.984 ha atau 40%. Sementara itu untuk daya dukung kelas *sedang* mengalami kenaikan luas sebesar 11.886 ha atau 29%, sedangkan untuk daya dukung kelas *rendah* mengalami peningkatan seluas 12.208 ha atau 78%. Untuk Gambar 3c (tahun 2015), pola persebaran daya dukung juga masih mirip dengan tahun-tahun sebelumnya, hanya luasannya yang berubah. Dalam hal ini daya dukung kelas *tinggi* terlihat semakin berkurang luasannya, yaitu sebesar 1.812 ha atau 5%, sedangkan untuk daya dukung kelas *rendah* mengalami peningkatan luasan 3.466 ha atau 12%.

Tabel 7. Bobot, skor, dan nilai daya dukung jasa ekosistem pengaturan tata air

Parameter	Bobot	Skor	Nilai
Kemiringan lereng	0,13		
0-8 %		0,33	0,044
8-15 %		0,27	0,036
15-30 %		0,20	0,027
30-45 %		0,13	0,018
> 45 %		0,07	0,009
material	0,10		
alluvium		0,50	0,050
piroklastik		0,33	0,033
bebatuan /lava		0,17	0,017
relief	0,07		
Dataran		0,50	0,033
pegunungan		0,33	0,022
Bukit		0,17	0,011
kedalaman pelapukan	0,03		
dalam		0,50	0,017
sedang		0,33	0,011
dangkal		0,17	0,006
Jumlah	1		

Hasil daya dukung pengaturan jasa ekosistem penyediaan pangan dan pengaturan dalam hal ini bahwa semua jawaban dari expert sudah

termasuk didalam konsistensi, atau jawaban berada pada nilai 0,10 atau 10%



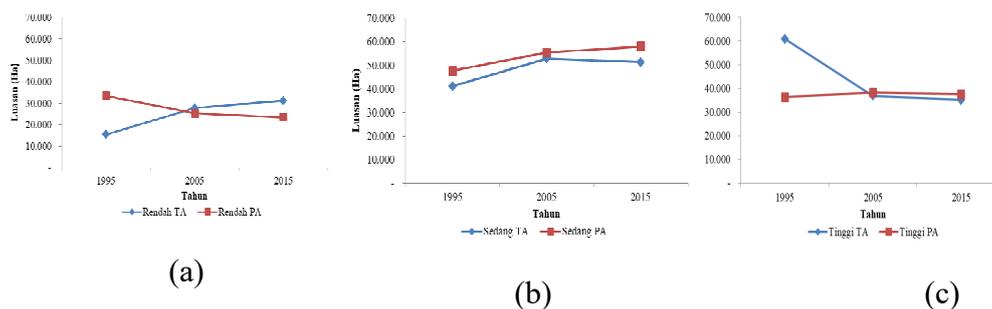
Gambar 2. Persebaran spasial daya dukung berbasis jasa ekosistem untuk pengaturan tata air di DAS Cimanuk Hulu (a) tahun 1995,(b) tahun 2005, dan (c) tahun 2015

Bahaya Kerusakan Fungsi DAS

Pengertian *bahaya* dalam penelitian ini adalah kemungkinan kejadian di masa depan, baik disebabkan oleh kejadian fisik alami ataupun oleh manusia, yang mempunyai efek merugikan pada elemen yang rentan dan terpapar (Cordona *et al.* 2012). Adapun yang dimaksud dengan *kerusakan fungsi DAS* adalah menurunnya fungsi DAS yang tidak seperti yang diharapkan dalam sistem pengelolaannya. Menurut kementerian pekerjaan umum (2010) fungsi DAS Cimanuk Hulu telah ditetapkan sebagai daerah tangkapan air (*recharge areas*) atau sebagai daerah konservasi air. Dengan demikian, target utama yang ingin dicapai dalam pengelolaan adalah ketersediaan air mencukupi sepanjang tahun di dalam DAS tanpa melahirkan suatu bencana baik di hulu maupun di hilir.

Dalam penelitian ini alat yang digunakan untuk menilai kerusakan

fungsi DAS adalah nilai daya dukung DAS untuk pengaturan tata air yang dilihat dari kronologi waktu yang telah berjalan (1995, 2005, dan 2015). Berdasarkan hasil analisis yang telah diuraikan di atas, terlihat bahwa pola daya dukung untuk penyediaan pangan di daerah penelitian cenderung meningkat seperti yang digambarkan pada peningkatan luas daya dukung kelas *tinggi* dan menurunnya daya dukung kelas *sedang* dan *rendah*. Hal ini mengindikasikan bahwa kondisi bentanglahan di DAS Cimanuk Hulu sangat berpotensi besar (subur) untuk pengembangan pertanian di sektor pangan. Namun demikian meningkatnya penyediaan pangan ini ternyata telah berdampak negatif terhadap aspek lain, yaitu daya dukung untuk tata air. Hal ini tercermin dari menurunnya daya dukung kelas *tinggi* dan sebaliknya menaikinya daya dukung kelas *sedang* dan *rendah* (Gambar 4).



Keterangan TA = Tata Air; PA = Pangan

Gambar 3. *Trend* perubahan daya dukung untuk penyediaan pangan dan pengaturan tata air (a) kelas rendah, (b) kelas sedang, dan (c) kelas tinggi

Berdasarkan kecenderungan tersebut di atas, dapat disimpulkan bahwa pengembangan lahan pertanian pangan di daerah penelitian, setidaknya dari tahun 1995 hingga 2015, telah berdampak buruk dengan menurunnya daya dukung tata air DAS hulu, atau dengan kata lain telah merusak fungsi DAS sebagai daerah tangkapan air (Gambar 5). Dengan demikian kejadian banjir bandang yang menimpa Kota Garut pada September 2016 dan tahun-tahun sebelumnya dapat difahami dari kecenderungan penurunan daya dukung untuk pengaturan tata air ini.

KESIMPULAN

Daya dukung jasa ekosistem untuk penyediaan pangan di DAS Cimanuk Hulu sangat tinggi tercermin dari meningkatnya luasan daya dukung kelas *tinggi* dari tahun 1995 hingga 2015 dan menurunnya kelas *sedang* dan *rendah*. Dalam periode waktu yang sama, daya dukung jasa ekosistem untuk pengtaturan tata air mengalami penurunan, terlihat dari menurunnya luas daya dukung kelas *tinggi* dan meningkatnya luasan kelas *sedang* dan *rendah*. Kecenderungan menurunnya daya dukung lingkungan untuk tata air mencerminkan adanya bahaya kerusakan fungsi DAS Cimanuk Hulu sebagai wilayah konservasi air. Penyebab utama adalah semakin meluasnya lahan pertanian pangan dan menurunnya luas lahan bervegetasi rapat atau hutan

Diperlukan upaya sungguh-sungguh dari pemerintah dan masyarakat untuk memulihkan daya dukung pengaturan tata air DAS Cimanuk Hulu berupa pengendalian penggunaan lahan atau tata ruang. Selain itu pembuatan lubang resapan biopori atau sumur resapan pada daerah permukiman sangat penting dilakukan untuk menampung air hujan sehingga dapat meningkatkan resapan dan mengurangi banjir.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman. 2009. Pengaruh Luas Pola Penggunaan Lahan Dan Kondisi Fisik Lingkungan Terhadap Debit Air Dan Sedimentasi Pada Beberapa Daerah Tangkapan Air (Catshment Area) Di Sub DAS Cimanuk Hulu Jawa Barat. *J. Agroland* 16 (3) 224-230.
- Adi RN, Savitri E. 2017. Daya dukung DAS Brantas berdasarkan evaluasi kriteria tata air. *Prosiding Seminar Nasional Geografi UMS 2017*.
- Cordona OD, Aalst, Birkmann, Fordham, Gregor, Perez, Pulwarty, Schipper, Sinh, 2012. Determinants of risk: exposure and vulnerability. Cambridge University Press, Cambraight, UK and New York, NY,USA.
- Duitasari. 2017. Penggunaan Lahan Di DAS Cimanuk Hulu:Perubahan Dan Keterkaitannya Dengan Faset Lahan [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

- Hein L, Koppen VK, Groot RSD, Lerland EC. An Spatial Scale Stakeholders And The Valuation Of Ecosystem Services. *J. elsevier* 57(2) 2009-228.
- Hidayat Y, Murtilaksono K, Wahjunie ED, Panuju DR. 2013. Pencirian Debit Aliran Sungai Citarum Hulu (The Characteristics Of River Discharge Of Citarum Hulu). *J. Ilmu Pertanian Indonesia*.18(2) 109-114.
- Hidayat Y, Sinukaban N, Pawitan H, Tarigan SD.2008. Dampak Perubahan Hutan Terhadap Aliran Permukaan Dan Erosi Di DAS Nopu Hulu, Sulawesi Tengah. *J. Tanah*.13 (1) 59-65.
- Ikqra. 2012. Studi Geomorfologi Pulau Ternate dan Penilaian Resiko Longsor [Tesis]. Bogor (ID) : Institut Pertanian Bogor.
- Junaidi E, Tarigan SD. 2011. Pengaruh Hutan Dalam Pengaturan Tata Air dan Proses Sedimentasi Daerah Aliran Sungai (DAS). *J. Penelitian Hutan Dan Konservasi Alam*. 8 (2)155-176.
- Menteri Pekerjaan Umum. 2010. Keputusan menteri No267 tentang Pola pengelolaan sumberdaya air wilayah sungai Cimanuk-Cisanggarung.
- Nugraha I. 2016 September 21. Detik-detik menjelang banjir mengerikan di Garut. *Kompas.com*. Assifa F, editor. [diunduh 2017 Agustus 28]. Tersedia pada: <http://regional.kompas.com/read/2016/09/21/15191261/detik-detik.menjelang.banjir.mengerikan.di.garut>.
- Rahman A. 2016. Analisis aliran pada Daerah Aliran Sungai Cimanuk (Studi Kasus Cimanuk-Bojongloa Garut) *J. Konstruksi*. 14 (1) 91-100.
- Saaty TL. 1990. The analytic hierarchy process, paperback edition, RWS Publications, *Pittsburgh*. First appeared 1980, McGraw Hill.New York.
- Susetyaningsih A. 2012. Pengaturan Penggunaan Lahan Didaerah Hulu Das Cimanuk Sebagai Upaya Optimalisasi Pemanfaatan Sumber Daya Air. *J. konstruksi*.1-8.
- Tjahjono B, Barus B, Duitasari, Sulaiman D. 2016. Hubungan perubahan penggunaan lahan dan debit sungai di DAS Cimanuk. Pusat studi bencana-LPPM IPB.
- Wiguna T. 2017. Pemetaan faset lahan dan lahan kritis di daerah aliran sungai (DAS) Cimanuk Hulu [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.