

Analisis Kinerja Daerah Aliran Sungai Unda Berdasarkan Indikator Penggunaan Lahan dan Debit Air

NI NYOMAN ARI PUTRI MURTIYAH
I NYOMAN SUNARTA *)
I WAYAN DIARA

Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Udayana

Jl. PB. Sudirman Denpasar Bali 80231

*)Email: nangrubynyoman@yahoo.co.id

ABSTRACT

Analysis of Unda Watershed Performance Based on Land Use and Water Discharge Indicators

The Unda watershed has experienced a decline in forest area, a decline in water catchment areas, an increase in residential areas and is known to have potential flooding. If the function of a watershed is disrupted, the hydrological system will be disrupted. The purpose of this study was to analyze changes in land use, water discharge and to know the performance of the Unda watershed which includes the percentage of vegetation cover, coefficient of flow regime and annual flow coefficient. The research method is descriptive comparative, by comparing the two parameters, namely the land use and water discharge in 2007, 2011 and 2016.

The results showed that land use in Unda watershed were dominated by fields, forests, paddy fields, gardens, shrubs, settlement and open field. During the 2007-2016 period, the highest water discharge occurred in November 2016 amounting to 7.78 m³/sec while the lowest water discharge occurred in March 2011 amounting to 1.72 m³/sec. The results of watershed performance analysis based on indicators of percentage of vegetation cover indicate that the Unda watershed is at a medium level of damage and tends to deteriorate with a range of values of 41.42 - 22.63%, while in the flow regime coefficient indicator and annual flow coefficient, indicates that the Unda watershed is at a medium level of damage. The flow regime coefficient value of the 2007-2016 period is at a value of 9.81 - 1.65, then the annual flow coefficient value is at the value of 0.17 - 0.36%. Further research needs to be done regarding the assessment of watershed performance based on other indicators so that the performance of the Unda watershed is known from all aspects.

Keywords: Watershed performance, land use, water discharge, coefficient of flow

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang secara topografik dibatasi oleh punggung-punggung bukit yang menampung dan

menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkannya ke laut melalui sungai utama. Wilayah daratan tersebut dinamakan daerah tangkapan air (*Catchment Area*) yang merupakan suatu ekosistem dengan unsur utamanya terdiri atas sumberdaya alam (tanah, air dan vegetasi) dan sumberdaya manusia sebagai pemanfaat sumberdaya alam (Asdak, 2010). Peningkatan pemanfaatan sumberdaya alam sebagai akibat dari perubahan penduduk dan perkembangan ekonomi, konflik kepentingan dan kurang keterpaduan antar sektor, antar wilayah hulu-tengah-hilir yang tidak memperhatikan kondisi lahan dapat menyebabkan kerusakan DAS (Nilda, 2014).

DAS Unda merupakan salah satu DAS dari 12 SWP (Satuan Wilayah Pengelolaan) DAS di Provinsi Bali yang memiliki luas yaitu 22.480 Ha dan menurut jumlah airnya DAS Unda termasuk dalam jenis sungai periodik (BPDASHL Unda Anyar, 2018). DAS Unda memiliki lahan kritis yang cukup luas berupa tanah berpasir dan berbatu sebagai hasil dari letusan Gunung Agung, sehingga lahan tersebut dialih fungsikan menjadi lahan galian C. Berdasarkan laporan BPDASHL Unda Anyar tahun 2008 melaporkan DAS Unda dengan potensi banjir dalam tingkat rendah (0,01%), sedang (51,8%), dan tinggi (47,9%). Hal tersebut menunjukkan bahwa perlu diwaspadai dalam kaitannya potensi banjir dan terjadinya penurunan luasan daerah tangkapan hujan pada DAS Unda

Melihat hasil evaluasi terhadap kondisi dan fungsi DAS yang menurun, kegiatan monitoring dan evaluasi kinerja DAS sangat penting dilakukan untuk mengetahui apakah pelaksanaan pengelolaan DAS telah dilakukan secara efektif dan efisien yang selanjutnya dapat digunakan sebagai pedoman dasar perbaikan perencanaan pengelolaan DAS ke depan. Sesuai dengan Peraturan Menteri Kehutanan Nomor : P.61/Menhut-II/2014 mengenai Monitoring dan Evaluasi Pengelolaan DAS, monitoring berbagai indikator yang meliputi komponen biofisik, hidrologis, sosial ekonomi, investasi bangunan dan pemanfaatan ruang wilayah DAS.

Berdasarkan uraian tersebut, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai penilaian atas kinerja DAS dengan kriteria penggunaan lahan dan debit air. Indikator yang digunakan pada tiap kriteria yaitu presentase penutupan vegetasi, koefisien regim aliran dan koefisien aliran tahunan.

2. Bahan dan Metode

2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Daerah Aliran Sungai Unda yang melintasi tiga Kabupaten yaitu Kabupaten Bangli, Kabupaten Karangasem dan Kabupaten Klungkung. pada bulan Februari sampai dengan September 2018.

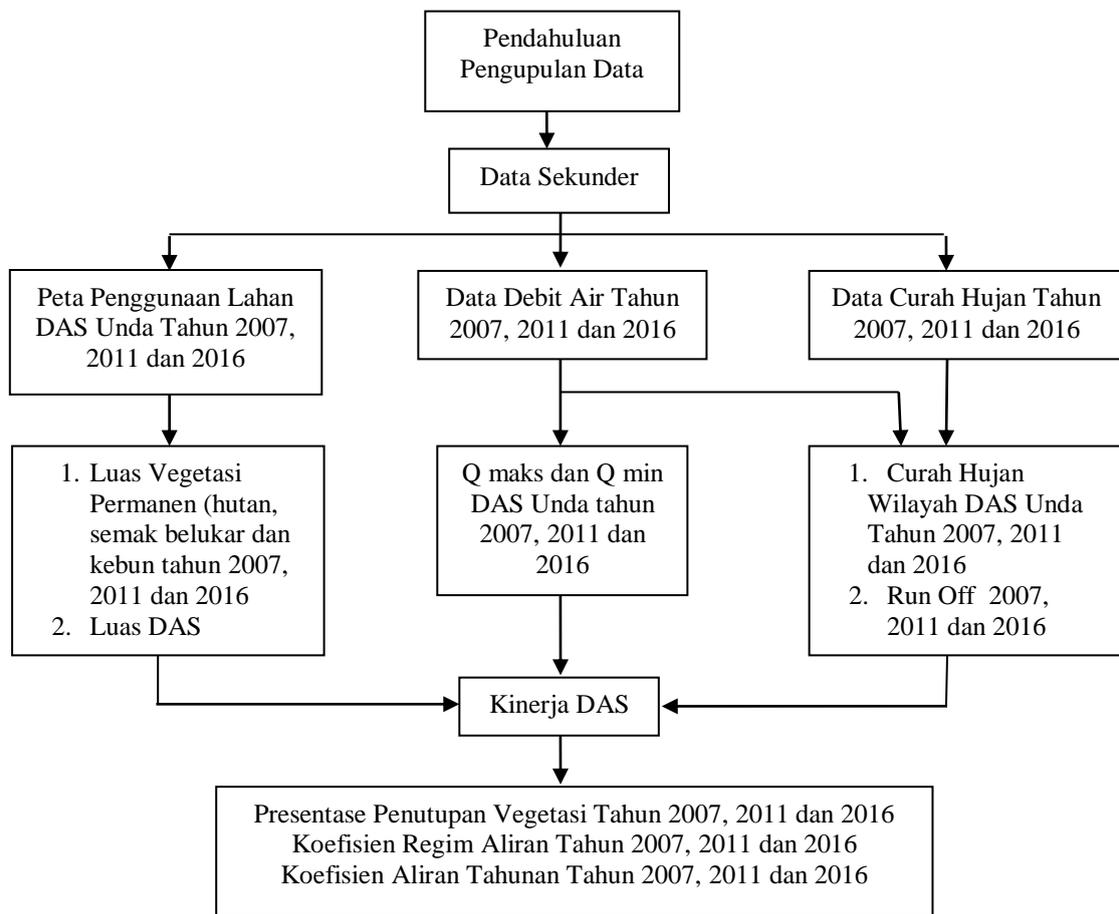
2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah *Laptop/PC*, *software QGIS 2.18*, penggaris, peta batas administrasi, peta penggunaan lahan DAS Unda tahun 2007, 2011 dan 2016 (Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan

Hutan Lindung Unda Anyar, 2018). Bahan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder meliputi data curah hujan tahun 2007, 2011 dan 2016 pada stasiun pengukur hujan Rendang, Selat, Sidemen (Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Wilayah III Denpasar, 2018) dan stasiun Dawan (Badan Pusat Statistik Kabupaten Klungkung, 2018). Data debit air sungai DAS Unda tahun 2007, 2011 dan 2016 berdasarkan pemantauan alat *Authomatic Water Level Record* yang berlokasi di Cegeng (Balai Wilayah Sungai Bali Penida, 2018).

2.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif komparatif, dengan membandingkan dua parameter yaitu penggunaan lahan dan debit air sungai pada tahun 2007, 2011 dan 2016. Tahapan penelitian dilakukan dengan cara pengumpulan data dari instansi terkait dan pengolahan data. Diagram alir penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.4 Analisis Penggunaan Lahan

Informasi penggunaan lahan DAS Unda tahun 2007, 2011 dan 2016

diperoleh dari peta penggunaan lahan yang dikeluarkan oleh Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Hutan Lindung Unda Anyar. Selanjutnya, untuk menganalisa perubahan penggunaan lahan yang terjadi, dilakukan dengan cara membandingkan luas tiap jenis penggunaan lahan setiap tahunnya, sehingga diketahui perubahan luas tiap jenis penggunaan lahan pada tahun 2007, 2011 dan 2016.

2.5 Analisis Curah Hujan

Analisis yang digunakan untuk menghitung curah hujan wilayah DAS Unda adalah dengan metode polygon thiessen. Data Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata (Triatmodjo, 2013).

Rumus :

$$P = \frac{A_1p_1 + A_2p_2 + \dots + A_n p_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

P : curah hujan wilayah (mm)

P₁, p₂,...,p_n : hujan pada stasiun 1, 2, ..., n

A₁, A₂,..., A_n : luas daerah yang mewakili stasiun 1,2, ..., n

2.6 Analisis Debit Air

Data debit air didapatkan dari data sekunder yang sudah diamati sebelumnya oleh Balai Wilayah Sungai Bali Penida. Data yang digunakan adalah data debit air DAS Unda tahun 2007, 2011 dan 2016. Selanjutnya data diolah dengan Microsoft Excel dengan mencari nilai parameter yang mencakup debit maksimum, debit minimum dan debit rerata bulanan. Hasil analisa selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel dan grafik sehingga diketahui perubahan debit pada masing-masing tahun.

2.7 Analisis Kinerja DAS

Kinerja DAS diperoleh berdasarkan nilai standar evaluasi yang sesuai dengan Peraturan Menteri Kehutanan Nomor: P.61/Menhut-II/2014 tentang Monitoring dan Evaluasi Pengelolaan DAS. Penilaian kinerja DAS yang digunakan dalam penelitian ini dilihat berdasarkan indikator presentase penutupan vegetasi, koefisien regim aliran dan koefisien aliran tahunan seperti yang diuraikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria dan Indikator Kinerja DAS

Kriteria	Indikator	Parameter	Standar Evaluasi	Keterangan
Penggunaan Lahan	Presentase Penutupan Vegetasi	a. $PPV = \frac{LVP}{Luas\ DAS} \times 100\%$	PP ≤ 20 (Sangat Buruk) 20 < PPV ≤ 40 (Buruk) 40 < PPV ≤ 60 (Sedang) PPV > 80 (Sangat Baik)	LVP= Luas Vegetasi Permanen
		a. $KRA = \frac{Q_{max}}{Q_{min}}$	KRA ≤ 20 (Sangat Rendah) 20 < KRA ≤ 50 (Rendah) 50 < KRA ≤ 80 (Sedang) 80 < KRA ≤ 110 (Tinggi) KRA > 110 (Sangat Tinggi)	Q = debit air sungai KRA = Koefisien Regim Aliran
Debit air	Koefisien Aliran Tahunan	a. $KAT = \frac{Q\ tahunan}{P\ tahunan}$	KAT ≤ 0,2 (Sangat Rendah) 0,2 < KAT ≤ 0,3 (Rendah) 0,3 < KAT ≤ 0,4 (Sedang) 0,4 < KAT ≤ 0,5 (Tinggi) KAT > 0,5 (Sangat Tinggi)	Q = Tebal aliran tahunan P= Tebal hujan tahunan KAT = Koefisien Aliran Tahunan

Sumber : Peraturan Menteri Kehutanan No. P/61/Menhut-II/2014

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Presentase Penutupan Vegetasi (PPV)

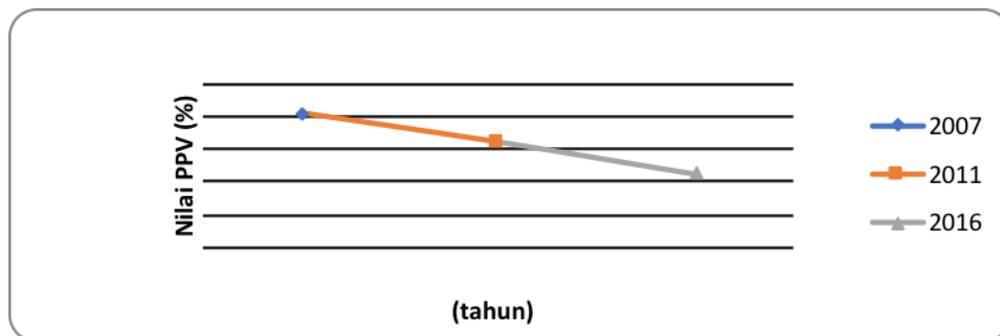
Berdasarkan Peraturan Menteri Kehutanan No P.61/Menhut-II/2014 mengenai Monitoring dan Evaluasi Pengelolaan DAS, nilai presentase penutupan vegetasi DAS Unda diperoleh berdasarkan data penggunaan lahan yang tersedia, yaitu tahun 2007, tahun 2011 dan tahun 2016 dengan menganalisis luasan tanaman tahunan, yang berupa hutan, semak, belukar dan kebun di setiap tahunnya. Hasil penilaian menunjukkan bahwa presentase penutupan vegetasi DAS Unda pada termasuk dalam katagori kelas sedang hingga kelas buruk. Pada tahun 2007, luas vegetasi permanen (hasil penjumlahan dari luas penggunaan lahan hutan, semak belukar, dan kebun) mencakup 9.312,93 ha, selanjutnya luas vegetasi permanen dibagi dengan luas DAS Unda tahun 2007 sehingga diperoleh nilai presentase penutupan vegetasi sebesar 41,42% dan termasuk dalam kelas sedang, seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Presentase Penutupan Vegetasi DAS Unda

Tahun	Jenis Tanaman Tahunan (ha)			Luas Vegetasi Permanen (LPV) (ha)	Luas DAS (ha)	Nilai PPV (%)
	Hutan	Semak Belukar	Kebun			
2007	4837,43	1659,04	2.816,46	9.312,93	22.481,60	41,42
2011	5682,95	1565,94	50,89	7.299,78	22.481,52	32,47
2016	4427,72	659,70	0,00	5.087,42	22.483,46	22,63

Sumber : Hasil Analisis Peneliti

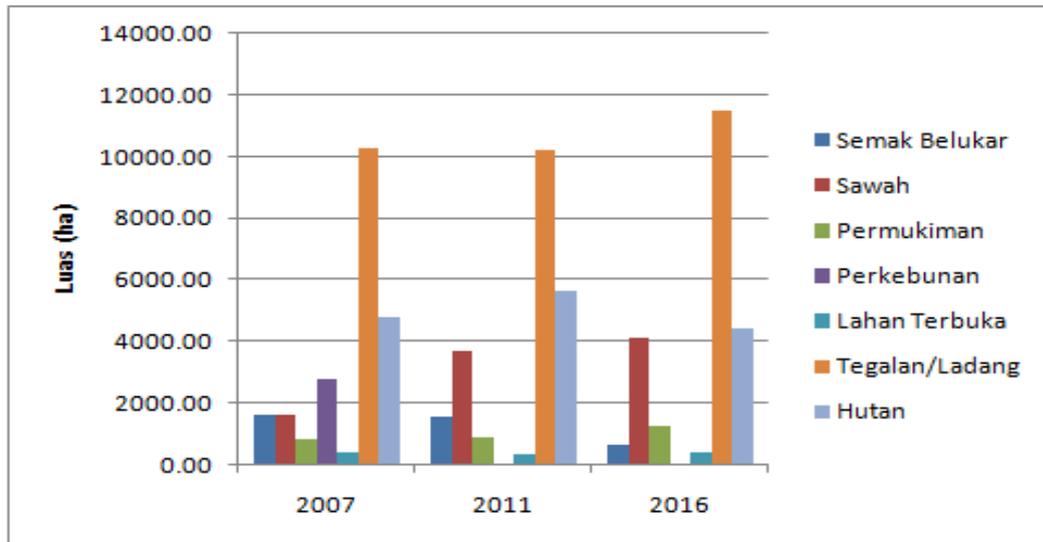
Pada tahun 2011 dan 2016 luas vegetasi permanen terus mengalami penurunan, hal ini disebabkan terjadinya alih fungsi pada tanaman tahunan seperti hutan, semak belukar dan kebun. Luas vegetasi permanen (LVP) Tahun 2011 mencakup 7.299,78 ha, kemudian diperoleh nilai presentase penutupan vegetasi (PPV) sebesar 32,47%, dan termasuk dalam kelas buruk. Selanjutnya, tahun 2016 luas vegetasi permanen mencakup 5.087,42 ha, kemudian diperoleh nilai presentase penutupan vegetasi (PPV) sebesar 22,63%, dan termasuk dalam kelas buruk. Selama periode 2007-2016 telah terjadi penurunan presentase penutupan vegetasi sebesar 18,79%, yang diperlihatkan dalam grafik pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Presentase Penutupan Vegetasi di DAS Unda

Keadaan tersebut menunjukkan bahwa DAS Unda mengalami pengurangan luasan tutupan bervegetasi yang akan berdampak terhadap kondisi kesehatan DAS, seperti meningkatnya erosi dan sedimentasi yang menyebabkan meluasnya lahan kritis serta menurunnya produktivitas lahan. Sejalan dengan pernyataan Pratama dan Yuwono (2016) menyatakan bahwa konversi hutan menjadi areal penggunaan lain mempengaruhi karakteristik hidrologi yaitu penurunan debit air khususnya pada musim kemarau dan meningkatnya aliran permukaan pada musim penghujan.

Penggunaan lahan di DAS Unda selama periode 2007-2016 mengalami perubahan luasan yang sangat beragam, dapat dilihat pada Gambar 3. Histogram Penggunaan Lahan di DAS Unda. Dalam kurun waktu 8 tahun, luas penggunaan lahan perkebunan mengalami penurunan sebesar 2.816,46 ha, semak belukar mengalami penurunan sebesar 999,34 ha, hutan mengalami penurunan sebesar 409,71 ha, sedangkan jenis penggunaan lahan sawah, tegalan/ladang, permukiman dan lahan terbuka mengalami peningkatan, masing-masing sebesar 2.490,34 ha, 1.248,45 ha, 449,72 ha dan 38,86 ha.



Gambar 3. Histogram Penggunaan Lahan di DAS Unda

Perubahan penggunaan lahan dan penutup lahan sering kali dihubungkan dengan berbagai aspek hidrologi. Sejalan dengan pernyataan Asdak (2010) bahwa perubahan pada penggunaan lahan akan mempengaruhi keseluruhan sistem ekologi termasuk hidrologi pada wilayah DAS. Dalam skala besar dampaknya akan terlihat pada fluktuasi air sungai meningkat tajam pada musim penghujan dan debitnya akan sangat rendah pada musim kemarau.

3.2.2 Koefisien Regim Aliran

Koefisien Regim Aliran (KRA) adalah perbandingan antara debit maksimum (Q_{maks}) dengan debit minimum (Q_{min}) dalam suatu DAS. Perbandingan debit maksimum (Q_{maks}) terhadap debit minimum (Q_{min}) menunjukkan kualitas penutupan lahan DAS yang bersangkutan. Nilai koefisien regim aliran DAS Unda dapat dilihat pada Tabel 3. Pada tahun 2007 didapatkan nilai KRA sebesar 9,81 dan termasuk dalam kelas sangat rendah. Pada tahun 2011 terjadi penurunan nilai KRA menjadi 8,46, selanjutnya tahun 2016 nilai KRA juga mengalami penurunan, sehingga didapatkan nilai KRA sebesar 1,65 dan termasuk dalam kelas sangat rendah. Penurunan nilai KRA tidak berpengaruh dengan penurunan presentase penutupan vegetasi selama periode 2007-2016. Kondisi yang seharusnya menunjukkan bahwa penurunan presentase penutupan vegetasi akan berpengaruh terhadap meningkatnya besar limpasan, menyatakan kondisi suatu DAS telah mengalami penurunan daya resap lahan. Namun, hal tersebut menunjukkan sebaliknya. Nilai KRA yang mengalami penurunan menunjukkan bahwa limpasan di DAS tidak tergolong besar dan termasuk dalam kriteria baik.

Kondisi yang demikian menunjukkan bahwa fluktuasi debit tidak hanya dipengaruhi oleh luasan tutupan vegetasi, tetapi dipengaruhi juga oleh beberapa

faktor. Menurut Soebarkah (1978) *dalam* Muchtar dan Abdullah (2007), faktor yang mempengaruhi besarnya debit sungai adalah (1) hujan, intensitas hujan dan lamanya hujan sangat mempengaruhi besarnya infiltrasi, aliran air tanah dan aliran permukaan tanah. Lama waktu hujan sangat penting dalam hubungannya dengan lama waktu pengaliran air hujan menuju ke sungai. (2) topografi, terutama bentuk dan kemiringan lereng mempengaruhi lama waktu mengalirnya air hujan melalui permukaan tanah ke sungai dan intensitas banjirnya. (3) jenis dan struktur tanah sangat mempengaruhi bentuk dan kepadatan drainase. (4) keadaan tumbuh-tumbuhan akan mempengaruhi besarnya intersepsi, transpirasi, infiltrasi, dan perkolasi. (5) manusia dengan pembuatan bangunan-bangunan, pembukaan tanah pertanian, urbanisasi dapat merubah keadaan sifat daerah aliran sungai.

Tabel 3. Nilai Qmaks/Qmin dan KRA tahun 2007, 2011 dan 2016

Tahun	Debit Aliran Sungai (m ³ /dt)		Koefisien Regim Aliran (KRA)
	Q maksimum	Q minimum	
2007	10.99	1.12	9.81
2011	9.9	1.17	8.46
2016	11.27	6.81	1.65

Sumber : Hasil Analisis dari Data Unit Hidrologi, Balai Wilayah Sungai Bali-Penida

3.2.3 Koefisien Aliran Tahunan

Koefisien aliran tahunan merupakan nisbah jumlah aliran permukaan (*runoff*) dengan curah hujan pada suatu DAS. Koefisien aliran permukaan yang semakin besar menunjukkan jumlah curah hujan yang diserap atau di evapotranspirasikan berkurang dan jumlah air yang mengalir (hasil air) di titik pelepasan sungai semakin besar. Nilai koefisien aliran tahunan DAS Unda disajikan pada Tabel. 4. Nilai koefisien aliran tahunan di DAS Unda pada tahun 2007 didapatkan nilai KAT sebesar 0,30% termasuk dalam kelas sedang, hal ini berarti sebesar 0.30% air hujan yang jatuh pada DAS Unda berubah menjadi limpasan permukaan. Pada tahun 2011 didapatkan nilai KAT sebesar 0,17 termasuk dalam kelas sangat rendah. Selanjutnya pada tahun 2016 didapatkan nilai sebesar 0,36 % termasuk dalam kelas sedang. Koefisien aliran permukaan atau limpasan mempunyai peranan yang sangat penting yaitu sebagai indikator aliran permukaan dalam DAS dan dapat dipakai sebagai tolok ukur untuk mengevaluasi aliran dalam kaitannya dengan pengelolaan DAS. Nilai koefisien yang besar menunjukkan bahwa lebih banyak air hujan yang menjadi limpasan.

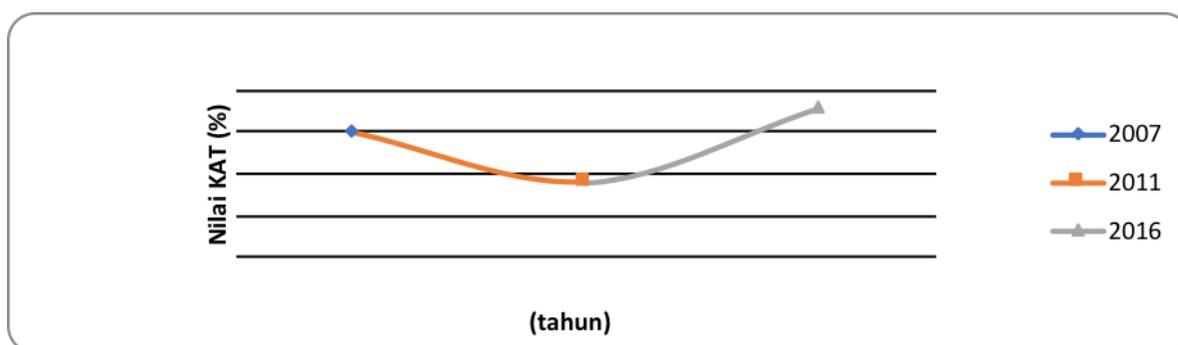
Tabel 4. Koefisien Aliran Tahunan pada DAS Unda

Tahun	Curah Hujan (mm)	<i>Run off</i> (mm)	Koefisien Aliran Tahunan (KAT) (%)	Kelas
2007	2510	752.35	0.30	Sedang
2011	2652	440.33	0.17	Sangat Rendah
2016	2972	1072.25	0.36	Sedang

Sumber : Hasil Analisis Peneliti

Koefisien aliran tahunan di DAS Unda tahun 2007 ke 2011 mengalami penurunan sebesar 0,13%, hal ini diikuti dengan jumlah *run off* dari tahun 2007 ke 2011 yang mengalami penurunan sebesar 311,02 mm. Penurunan nilai *run off* ini menunjukkan bahwa limpasan di DAS tidak tergolong besar dan menunjukkan kinerja DAS semakin membaik. Penurunan nilai KAT di DAS Unda tidak berpengaruh dengan penurunan nilai PPV selama periode 2007-2016. Nilai KAT yang mengalami penurunan menunjukkan bahwa limpasan di DAS tidak tergolong besar dan menunjukkan kinerja DAS semakin membaik.

Kondisi yang demikian menunjukkan bahwa limpasan tidak hanya dipengaruhi oleh luasan tutupan vegetasi, tetapi dipengaruhi juga oleh beberapa faktor. Menurut Arsyad (2010) faktor-faktor yang mempengaruhi limpasan terdiri dari dua kelompok, yaitu elemen meteorologi dan elemen daerah pengaliran. Elemen meteorologi terdiri dari jenis presipitasi, intensitas curah hujan, lamanya curah hujan, distribusi curah hujan dalam daerah limpasan, arah pergerakan hujan serta curah hujan terdahulu dan kelembaban tanah. Elemen daerah pengaliran terdiri dari kondisi penggunaan tanah (*land use*), luas daerah pengaliran, kondisi topografi daerah pengaliran dan jenis tanah. Grafik nilai Koefisien Aliran Tahunan DAS Unda dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Nilai Koefisien Aliran Tahunan DAS Unda

Koefisien aliran tahunan dari tahun 2011 ke 2016 mengalami peningkatan sebesar 0,18, hal ini diikuti dengan jumlah *run off* dari tahun 2011 ke 2016 yang mengalami peningkatan sebesar 630,92 mm. Peningkatan nilai *run off* ini

menunjukkan kinerja DAS semakin memburuk. Peningkatan nilai koefisien ini diperkirakan karena adanya perubahan luasan penggunaan lahan pada DAS Unda seperti, penurunan luasan kebun, semak/belukar, dan hutan, serta adanya peningkatan luasan permukiman dan tegalan/ladang. Sejalan dengan pernyataan Asdak (2010) bahwa semakin besar perubahan tata guna lahan, misalnya perubahan dari hutan menjadi ladang pertanian, semakin besar pula perubahan yang terjadi pada aliran permukaan. *Run off* yang terjadi dalam jumlah besar akan memicu terjadinya banjir dan erosi, sehingga bisa merusak DAS. Pergerakan *run off* secara umum mengikuti pergerakan curah hujan. Pada saat curah hujan meningkat, *run off* juga meningkat.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Analisis kinerja DAS Unda berdasarkan indikator penggunaan lahan dengan kriteria presentase penutupan vegetasi (PPV) menunjukkan bahwa DAS Unda berada pada tingkat kerusakan sedang dan cenderung memburuk dengan kisaran nilai 41,42 - 22,63%, hal ini disebabkan karena adanya alih fungsi pada tanaman tahunan seperti hutan, semak belukar dan kebun selama periode 2007-2016. Selanjutnya pada indikator debit air dengan kriteria koefisien regim aliran (KRA) dan koefisien aliran tahunan (KAT), menunjukkan bahwa di DAS Unda berada pada tingkat kerusakan sedang. Nilai KRA periode 2007-2016 berada pada nilai 9,81 – 1,65 yang menunjukkan bahwa aliran air pada musim penghujan yang terjadi kecil sedangkan musim kemarau stabil. Selanjutnya nilai KAT berada pada nilai 0,17-0,36% menunjukkan bahwa semakin besarnya air hujan yang menjadi limpasan (*run off*) di DAS Unda, sehingga ancaman terjadinya erosi dan banjir semakin meningkat.

4.2 Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait dengan penilaian kinerja DAS Unda berdasarkan indikator-indikator lainnya meliputi: biofisik (presentase lahan kritis dan indeks erosi), hidrologis (muatan sedimen, banjir dan indeks penggunaan air), sosial ekonomi (tekanan penduduk, tingkat kesejahteraan penduduk dan keberadaan dan penegakan peraturan), dan investasi bangunan (klasifikasi kota dan nilai investasi bangunan air serta kriteria pemanfaatan ruang wilayah terdiri dari kawasan lindung dan kawasan budidaya) sehingga diketahui penilaian kinerja DAS dari seluruh komponen.

Daftar Pustaka

- Arsyad, S. 2010. Konservasi Tanah dan Air. Buku. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Asdak, C. 2010. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Buku. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta..
- Muchtar, A., Abdullah, N. 2007. Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Debit Sungai Mamasa. *Jurnal Hutan dan Masyarakat*. 2(1):174-187
- Nilda. 2014. Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Dan Dampaknya Terhadap Hasil Air Di Daerah Aliran Sungai Cisadane Hulu. Program Pascasarjana. Universitas Udayana. Denpasar.
- Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor : P.61/Menhut-II/2014 Tentang Monitoring dan Evaluasi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai.
- Rencana Pengelolaan DAS Terpadu SWP DAS Unda. 2009. BPDASHL Unda Anyar. Departemen Kehutanan.
- Triatmodjo, B. 2013. Hidrologi Terapan. Yogyakarta. Beta Offset Yogyakarta.