

Infiltrasi dan Aliran Permukaan pada Agroforestri dan Kelapa Sawit (Infiltration and Surface Runoff in Agroforestry and Oil Palm)

Austin Ulllyta^{1*}, Suria Darma Tarigan², Enni Dwi Wahjunie²

(Diterima Januari 2022/Disetujui Juni 2022)

ABSTRAK

Konversi hutan menjadi kebun kelapa sawit menyebabkan perubahan besar pada sifat fisik tanah serta perubahan nyata dalam siklus hidrologi. Kondisi ini dapat memengaruhi sumber daya air. Upaya untuk meminimumkan dampak negatif perkebunan kelapa sawit monokultur ialah melalui pengelolaan kebun yang lebih baik dengan menerapkan sistem tanam campuran (agroforestri). Penelitian ini bertujuan menganalisis infiltrasi, aliran permukaan, dan koefisien aliran permukaan pada lahan agroforestri dan kelapa sawit monokultur. Penelitian dilaksanakan di areal perkebunan kelapa sawit PT Humusindo Makmur Sejati, Desa Bungku, Kecamatan Bajubang, Kabupaten Batanghari. Laju infiltrasi dihitung dengan metode Horton dan aliran permukaan dianalisis dengan metode *soil conservation service-curve number*. Koefisien aliran permukaan dihitung menggunakan nisbah antara besarnya aliran permukaan dan jumlah hujan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan hasil infiltrasi, aliran permukaan, dan koefisien aliran permukaan di lahan tersebut. Infiltrasi tertinggi terdapat pada A48, yaitu pada musim kemarau, 42,00 cm/jam, dan musim penghujan 18,00 cm/jam. Aliran permukaan terendah di A23 ialah 70,14 mm dengan koefisien aliran permukaan 0,04. Aliran permukaan tertinggi terjadi pada S48, yakni 339,88 mm dengan koefisien aliran permukaan 0,19. Perbedaan infiltrasi, aliran permukaan, dan koefisien aliran permukaan pada penelitian ini dipengaruhi oleh kerapatan vegetasi dan jumlah serasah.

Kata kunci: agroforestri, aliran permukaan, infiltrasi, kelapa sawit, koefisien aliran permukaan

ABSTRACT

Forest to oil palm plantations conversion has changed soil's physical properties significantly. It caused significant changes in the hydrological cycle and affects the water resources around the research site. One of the strategies that could minimize the negative impact of monoculture oil palm plantations is better plantation management by implementing a mixed cropping system (agroforestry). This study aims to analyze the infiltration, surface runoff, and surface runoff coefficient in agroforestry and monoculture oil palm. This observation was conducted in the oil palm plantation area of PT Humusindo Makmur Sejati, Bungku Village, Bajubang District, Batanghari Regency. The infiltration rate was calculated according to the Horton method, and the amount of runoff in agroforestry and oil palm monoculture used the soil conservation service-curve number method. The results showed differences in infiltration, surface runoff, and runoff coefficients between the agroforestry land and the monoculture oil palm. The highest infiltration is in A48, which is 42,00 cm/hour in the dry season and 18,00 cm/hour in the rainy season. The lowest runoff is in A23, which is 70.14 mm with a runoff coefficient of 0.04. The highest runoff occurred in S48 of 339.88 mm, with a runoff coefficient of 0.19. The differences in infiltration, surface runoff, and runoff coefficient in this study are affected by the vegetation density and the amount of litter.

Keywords: agroforestry, infiltration, oil palm, runoff coefficients, surface runoff

PENDAHULUAN

Perubahan tutupan lahan merupakan salah satu masalah di Indonesia, berkaitan dengan penurunan luas hutan yang nyata. Secara historis, luas tutupan hutan Indonesia menurun dalam periode 2011–2020. Pada tahun 2011 luas kawasan hutan di Indonesia sekitar 98,68 juta ha (KLHK 2012) kemudian menurun pada tahun 2020 menjadi 95,56 juta ha (KLHK 2021).

¹ Sekolah Pascasarjana, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor 16680

² Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

* Penulis Korespondensi:

Email: austinullyta50@gmail.com

Provinsi Jambi merupakan salah satu daerah yang menunjukkan kecenderungan mengonversi hutan menjadi perkebunan kelapa sawit baik oleh masyarakat setempat maupun perusahaan perkebunan. Luas perkebunan kelapa sawit di provinsi ini meningkat pesat, bahkan menyaingi perkembangan hutan karet yang merupakan tanaman tradisional rakyat (Muryunika 2015). Pada tahun 2016 tercatat areal perkebunan kelapa sawit seluas 663.500 ha (Ditjenbun 2017) dan meningkat menjadi 1.074.599 ha pada tahun 2020 (Ditjenbun 2020). Umumnya kelapa sawit ditanam menggunakan pola tanam monokultur, yang menyebabkan perubahan besar pada tanah, terutama pemadatan tanah dan erosi (Yahya *et al.* 2010) serta perubahan yang nyata dalam siklus hidrologi (Comte *et al.* 2012; Merten *et al.* 2016) dan dapat berdampak

negatif pada sumber daya air (Pasaribu *et al.* 2012; Tarigan 2016; Dislich *et al.* 2017).

Pemadatan tanah yang disebabkan oleh pembukaan lahan dan penggunaan alat berat (Bruijnzeel 2004) dapat mengurangi infiltrasi dan meningkatkan aliran permukaan (Slamet 2015). Berkurangnya infiltrasi ini dapat mengakibatkan berkurangnya resapan air tanah serta meningkatkan debit puncak pada musim hujan (Bruijnzeel 2004). Selain itu, pada musim hujan air turun dalam jumlah banyak, menyebabkan erosi tanah yang terbawa bersama aliran permukaan juga tinggi sehingga areal perkebunan kehilangan air dan hara dengan cepat. Akibatnya, sifat fisis dan kimia tanah menurun karena hilangnya lapisan atas tanah yang kaya akan unsur hara dan bahan organik (Mustikasari *et al.* 2018).

Upaya untuk meminimumkan dampak negatif perkebunan monokultur ialah melalui pengelolaan kebun yang lebih baik (Dislich *et al.* 2017) dengan tetap mempertahankan tutupan lahan dan suplai bahan organik tanah, di antaranya melalui penerapan sistem tanam campuran (Sunarti 2011). Sistem tanam campuran (agroforestri) merupakan bentuk alternatif penggunaan lahan yang terdiri atas campuran tanaman keras (pepohonan atau semak) dan atau tanpa tanaman semusim dan ternak dalam satu bidang lahan (Junaidi 2013). Agroforestri merupakan salah satu bentuk tutupan vegetasi menyerupai hutan yang berpotensi untuk mengatur tata air (Noordwijk *et al.* 2004) akan tetapi tidak dapat sepenuhnya menggantikan fungsi hidrologis hutan alam (Widianto *et al.* 2003). Menurut Dariah *et al.* (2005), sistem agroforestri akan lebih efektif untuk memulihkan kualitas tanah. Sistem agroforestri berkontribusi pada peningkatan infiltrasi, kekasaran permukaan yang lebih tinggi, serta kanopi bertingkat untuk mengurangi kecepatan dampak tetesan hujan pada partikel tanah (Tarigan 2019).

Agroforestri pada kelapa sawit telah dikembangkan oleh PT Humusindo Makmur Sejati (HMS) dan sebagian kecil petani di Jambi. Pola yang dikembangkan ialah dengan mencampurkan beberapa jenis tanaman termasuk tanaman berkayu dengan tanaman kelapa sawit. Sistem agroforestri ini memiliki banyak

keunggulan, tetapi belum diketahui ciri fisis tanah musim kemarau dan musim penghujan seperti kepadatan tanah, bahan organik, dan infiltrasi serta aliran permukaan pada lahan tersebut. Prediksi aliran permukaan yang dihitung menggunakan metode *soil concervation service-curve number* (SCS-CN) yang dikembangkan oleh *the United States Department of Agriculture* (USDA). Metode ini didasarkan pada data curah hujan, tekstur tanah, vegetasi penutup tanah, dan nilai kadar air tanah awal. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan menganalisis infiltrasi, aliran permukaan dan koefisien aliran permukaan pada lahan agroforestri dan kelapa sawit di areal perkebunan.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan mulai dari bulan Juni 2019 sampai Maret 2021 di areal perkebunan kelapa sawit PT Humusindo Makmur Sejati, yang secara administratif terletak di Desa Bungku, Kecamatan Bajubang, Kabupaten Batanghari. Lokasi ini merupakan bagian dari percobaan pengayaan keanekaragaman hayati dengan menerapkan agroforestri pada perkebunan kelapa sawit monokultur yang merupakan bagian dari plot eksperimen yang telah dirancang sejak November 2013 oleh tim peneliti dari subproyek B11: *The Biodiversity Enrichment Experiment* (EFForTS-BEE). Sebagai gambaran, agroforestri ini dibuat dalam bentuk plot eksperimen yang dirancang menggunakan konsep *tree islands* dengan penggunaan beberapa spesies vegetasi yang saling berinteraksi/bersaing satu sama lain dengan kelapa sawit. Plot agroforestri yang digunakan pada penelitian terdiri atas dua partisi yang membedakan ukuran plot (10 m × 10 m dan 40 m × 40 m) yang di dalamnya terdapat sejumlah tanaman, yaitu 3 dan 6 jenis tanaman. Sementara lokasi untuk mewakili lahan kelapa sawit berjarak 5–10 m dari plot agroforestri. Kelapa sawit disusun dengan jarak tanam 9 m × 9 m dan umur 12–17 tahun. Lokasi penelitian pada lahan agroforestri dan lahan kelapa sawit disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Lokasi penelitian pada lahan agroforestri dan lahan kelapa sawit

Nama lokasi	Penggunaan lahan	Ukuran (m)	Jumlah spesies sela	Jenis tanaman	Kode
Plot 23	Agroforestri	40 × 40	6	Petai, jengkol, durian, jelutung, meranti tembaga, dan kelapa sawit	A23
Plot 29	Agroforestri	40 × 40	3	Jengkol, durian, jelutung, dan kelapa sawit	A29
Plot 21	Agroforestri	10 × 10	6	Petai, jengkol, durian, jelutung, meranti tembaga, dan kelapa sawit	A21
Plot 48	Agroforestri	10 × 10	3	Durian, sungkai, meranti tembaga, dan kelapa sawit	A48
Luar plot 23	Kelapa sawit	-	1	Kelapa sawit	S23
Luar plot 29	Kelapa sawit	-	1	Kelapa sawit	S29
Luar plot 21	Kelapa sawit	-	1	Kelapa sawit	S21
Luar plot 48	Kelapa sawit	-	1	Kelapa sawit	S48

Alat dan Bahan

Penelitian ini membutuhkan seperangkat komputer, *software* ArcGIS 10.1, *Microsoft Office* 2010, *global positioning system* (GPS), *ring sampler*, *double ring infiltrometer*, dan alat-alat lainnya untuk pengambilan sampel tanah dan analisis di laboratorium. Bahan yang digunakan berupa data primer dan data sekunder. Data primer meliputi data sifat fisis tanah dari pengamatan dan analisis sampel tanah di laboratorium. Data sekunder mencakup data spasial berupa peta jenis tanah 1:50.000, peta penggunaan lahan 1:50.000, peta administrasi Kabupaten Batanghari, dan data curah hujan Juli 2019–Juli 2020.

Pengukuran Infiltrasi

Infiltrasi di lahan agroforestri dan lahan kelapa sawit diukur berdasarkan lokasi yang telah ditetapkan. Infiltrasi diukur dua kali, yaitu pada musim kemarau dan musim penghujan secara *purposive sampling* dengan mempertimbangkan keterwakilan untuk memperoleh kemudahan teknis pelaksanaan penelitian di lapangan. Infiltrasi pada lahan agroforestri diukur pada bagian dalam plot agroforestri dan sebagai pembandingan untuk mewakili lahan kelapa sawit diukur infiltrasi pada gawangan hidup/pasar pikul kelapa sawit yang berjarak 8–10 m di luar plot agroforestri. Pada setiap plot, infiltrasi diukur 3 kali menggunakan *double ring infiltrometer*. Penurunan muka air pada pengukuran infiltrasi dilakukan pada interval waktu hingga mencapai laju konstan. Kondisi konstan diasumsikan jika penurunan muka air per satuan waktu konstan dalam 4 kali pengukuran terakhir. Laju infiltrasi dihitung menggunakan model Horton.

Analisis Aliran Permukaan

Aliran permukaan dianalisis menggunakan metode SCS-CN. Metode SCS-CN mengaitkan karakteristik seperti tanah, vegetasi, dan tata guna lahan dengan *curve number* yang menunjukkan potensi aliran permukaan untuk curah hujan tertentu (Asdak 2014). Persamaan yang digunakan pada metode SCS mendefinisikan bagian dari curah hujan yang menjadi aliran permukaan dan infiltrasi. Berdasarkan data persentase kandungan pasir, klei, dan debu yang diperoleh dari analisis laboratorium, ditentukan jenis tekstur pada setiap lahan agroforestri dan kelapa sawit. Kemudian ditentukan kelompok hidrologi tanah (KHT) berdasarkan tabel *Hydrologic Soil Groups* dari USDA yang mengelompokkan tanah ke dalam empat kelompok hidrologi yang ditandai dengan huruf A, B, C, dan D. Metode SCS-CN membedakan tiga kondisi kandungan air sebelumnya atau dikenal dengan *antecedent moisture condition* (AMC), yaitu kondisi I, II, dan III. Kondisi ini dipengaruhi oleh data curah hujan 5 hari sebelumnya. Perlu juga diperhatikan apakah keadaan musim tanam pada daerah penelitian dalam keadaan musim tumbuh atau dorman. Pada penelitian ini digunakan keadaan pada musim tumbuh. Berdasarkan nilai AMC kemudian ditentukan nilai *curve number* (CN) pada setiap penggunaan lahan dan

karakteristik hidrologi tanah. Penentuan CN didasarkan atas hubungan infiltrasi pada setiap jenis tanah dengan jumlah curah hujan pada setiap kali hujan. Persamaan yang berlaku untuk metode SCS-CN adalah sebagai berikut:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

$$I_a = 0,2 S$$

$$Q = \frac{(P - 0,2S)^2}{(P + 0,8S)}$$

Keterangan:

- S = Retensi air potensial (mm)
- CN = *Curve number*
- I_a = Abstraksi awal
- Q = Aliran permukaan (mm)
- P = Curah hujan (mm)

Penetapan Koefisien Aliran Permukaan

Koefisien aliran permukaan (C) merupakan salah satu indikator untuk menilai gangguan fisis dalam daerah aliran sungai (DAS). Nilai C berkisar antara 0 dan 1 yang menunjukkan persentase curah hujan yang mengalir sebagai aliran permukaan. Menurut Asdak (2014), nilai C merupakan bilangan yang menyatakan nisbah antara aliran permukaan dan jumlah hujan.

$$\text{Koefisien aliran permukaan (C)} = \frac{\text{aliran permukaan}}{\text{curah hujan}}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Laju Infiltrasi

Laju infiltrasi merupakan banyaknya air per satuan waktu yang masuk melalui permukaan tanah (Arsyad 2010). Laju infiltrasi akan berkurang sejalan dengan bertambahnya waktu, karena saat awal infiltrasi dimulai dalam keadaan tanah belum jenuh (Suripin 2002). Laju infiltrasi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu tekstur tanah, bahan organik, struktur tanah, kadar air tanah, porositas tanah yang akan memengaruhi penyimpanan dan ketersediaan air dalam tanah serta kemungkinan terjadinya aliran permukaan (Hidayat *et al.* 2019). Laju infiltrasi yang disajikan adalah laju infiltrasi konstan saat kondisi tanah telah jenuh. Laju infiltrasi konstan di lokasi penelitian pada musim kemarau berada dalam kisaran 1,60–42,00 cm/jam, sedangkan laju infiltrasi konstan pada musim penghujan dalam kisaran 0,45–18,00 cm/jam (Tabel 2). Laju infiltrasi konstan pada musim penghujan lebih rendah dibandingkan dengan laju infiltrasi konstan pada musim kemarau pada setiap plot perlakuan. Rendahnya laju infiltrasi konstan pada musim penghujan disebabkan oleh peningkatan kadar air dan kelembapan tanah yang menyebabkan partikel-partikel tanah berkembang dan menutup pori tanah sehingga laju infiltrasi konstan menjadi berkurang. Selain itu, tanah dalam keadaan lembap akan mudah

Tabel 2 Laju infiltrasi konstan pada musim kemarau dan musim penghujan

Perlakuan	Laju infiltrasi konstan (cm/jam)	
	Musim kemarau	Musim penghujan
A23	2,69	0,62
A21	22,80	11,13
A29	3,00	0,87
A48	42,00	18,00
S23	1,60	0,45
S21	4,50	3,33
S29	1,77	1,15
S48	15,33	2,90

jenuh sehingga gaya isapan matriks juga akan lemah dan selanjutnya hanya gaya gravitasi yang bekerja sampai kondisi tanah benar-benar jenuh.

Laju infiltrasi konstan tertinggi terjadi di lahan agroforestri dengan kombinasi 3 jenis tanaman sela dan kelapa sawit dengan ukuran plot 10 m × 10 m di dalam plot 48 (A48), yaitu pada musim kemarau 42,00 cm/jam dan musim penghujan 18,00 cm/jam. Kombinasi tanaman durian, sungkai, meranti tembaga, dan kelapa sawit menghasilkan bentuk tutupan tajuk yang cukup beragam dan banyak serasah sehingga dapat melindungi permukaan tanah dari pukulan tetesan hujan secara langsung. Dengan demikian, penghancuran partikel tanah dapat dicegah yang memungkinkan air dapat terinfiltrasi dengan baik ke dalam tanah. Lapisan serasah pada permukaan tanah dapat mempertahankan kondisi iklim mikro tanah (kelembapan dan suhu tanah) yang menguntungkan bagi perkembangan fauna tanah dan perkembangan akar tanaman, sehingga meningkatkan porositas dan infiltrasi tanah. Arsyad (2010) mengemukakan bahwa ketebalan serasah akan meningkatkan aktivitas mikroba di dalam tanah yang secara langsung atau tidak langsung akan memengaruhi laju infiltrasi konstan karena meningkatnya porositas tanah. Selain itu, kombinasi tanaman yang terdapat pada A48 menghasilkan perakaran cukup beragam yang berperan mengikat partikel-partikel tanah sehingga menghasilkan agregat yang mantap. Demikian pula, akar tanaman menembus tanah dan membentuk rongga-rongga di dalam tanah sehingga dapat meningkatkan kapasitas penyerapan air tanah dan meningkatkan infiltrasi.

Laju infiltrasi konstan terendah terjadi di lahan kelapa sawit di luar plot 23 (S23), yaitu pada musim kemarau sebesar 1,60 cm/jam dan musim penghujan 0,45 cm/jam. Rendahnya laju infiltrasi konstan pada S23 adalah karena lahan kelapa sawit yang ditanam secara monokultur memberikan ruang terbuka yang menyebabkan air hujan yang jatuh dapat langsung mengenai permukaan tanah yang dapat merusak agregat tanah sehingga menghambat proses infiltrasi dan meningkatkan aliran permukaan. Selain itu, pada lahan kelapa sawit terjadi kegiatan intensif seperti pemanenan dan pengelolaan tanaman yang mengakibatkan pemadatan tanah yang selanjutnya memengaruhi kemampuan tanah untuk menginfiltrasikan air.

Aliran Permukaan

Aliran permukaan (*surface runoff*) merupakan bagian dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah menuju ke sungai, danau, dan lautan. Menurut Arsyad (2010), faktor-faktor yang memengaruhi kecepatan dan laju aliran permukaan di antaranya ialah curah hujan (jumlah, intensitas, dan distribusi), suhu, tanah, luas daerah aliran, tumbuhan penutup tanah, serta sistem pengelolaan. Aliran permukaan dihitung dengan menggunakan metode SCS-CN. Metode ini berupaya mengaitkan karakteristik DAS seperti tanah, vegetasi, dan penggunaan lahan dengan bilangan kurva aliran permukaan yang menunjukkan potensi aliran permukaan untuk curah hujan tertentu (Asdak 2014).

Aliran permukaan pada penelitian ini dihitung berdasarkan plot perlakuan, baik lahan pada agroforestri berbasis kelapa sawit maupun pada lahan kelapa sawit monokultur. Kelompok hidrologi tanah (KHT) ditentukan berdasarkan data persentase kandungan pasir, klei, dan debu yang diperoleh dari analisis tanah. Berdasarkan 8 perlakuan tersebut, KHT didominasi oleh KHT C dan B. Perlakuan A21, A48, S21, dan S29 masuk ke dalam KHT C; sedangkan perlakuan A23, A29 dan S23 masuk ke dalam KHT B. KHT C menunjukkan potensi aliran permukaan tinggi dengan teksur tanah lempung dan lempung berliat dengan kandungan liat 20–40%. KHT B menunjukkan potensi aliran permukaan sedang dengan teksur tanah yang didominasi oleh teksur lempung dengan kandungan liat 10–20%. Terdapat KHT D pada plot S48 yang menunjukkan potensi aliran permukaan sangat tinggi dengan teksur tanah liat berpasir dengan kandungan liat >40%. Hal ini menyebabkan pergerakan air ke dalam tanah sangat lambat sehingga sebagian besar air hujan yang jatuh di permukaan tanah menjadi aliran permukaan.

Perhitungan aliran permukaan juga mempertimbangkan bilangan kurva aliran permukaan atau *runoff curve number* (CN). Nilai CN di lokasi penelitian berada dalam kisaran 60–86. Lahan agroforestri berbasis kelapa sawit pada perlakuan A23 dan A21 dengan 6 jenis tingkat keragaman tanaman sela diasumsikan sebagai hutan dengan kondisi hidrologi sedang, sedangkan agroforestri berbasis kelapa sawit pada perlakuan A29 dan A48 dengan 3 jenis tingkat keragaman tanaman sela diasumsikan sebagai hutan dengan kondisi hidrologi buruk. Sementara itu, lahan kelapa sawit monokultur pada perlakuan S23, S21,

S29 dan S48 diasumsikan sebagai tanaman semusim di dalam baris menurut kontur dengan kondisi hidrologi baik.

Aliran permukaan di lokasi penelitian dihitung berdasarkan 8 plot perlakuan. Aliran permukaan terendah terjadi pada lahan agroforestri dengan kombinasi 6 jenis tanaman sela dan kelapa sawit di dalam plot 23 dengan ukuran plot 40 m × 40 m (A23) sebesar 70,14 mm dan aliran permukaan tertinggi pada lahan kelapa sawit monokultur di luar plot 48 (S48) adalah 339,88 mm (Tabel 3). Rata-rata aliran permukaan pada lahan agroforestri lebih rendah dibandingkan dengan lahan kelapa sawit. Kondisi ini berkaitan dengan faktor tanaman penutup tanah seperti kerapatan vegetasi dan jumlah serasah. Rendahnya aliran permukaan pada A23 dengan kombinasi 6 jenis tanaman sela dan kelapa sawit dengan ukuran plot 40 m × 40 m menghasilkan tutupan lahan yang cukup rapat sehingga permukaan tanah tertutup sempurna, serta kondisi kekasaran permukaan tanah yang lebih berbeda akibat perakaran tanaman. Kombinasi tanaman yang beragam pada plot ini menghasilkan pola sebaran akar di dalam tanah yang juga beragam. Akar tanaman berkembang memecah bongkah tanah dan kemudian membentuk banyak rongga di dalam tanah. Selain itu, akar yang telah mati akan membusuk dan meninggalkan rongga-rongga kosong di dalam tanah sehingga dapat meningkatkan porositas tanah. Keberadaan perakaran tanaman juga dapat membantu menciptakan kondisi lingkungan yang baik bagi organisme tanah, sumber bahan organik tanah, serta meningkatkan daya rekat tanah. Akar tanaman dapat meningkatkan agregasi tanah untuk mendukung pertumbuhan tanaman sehingga meningkatkan infiltrasi, meningkatkan kapasitas pegang air, serta mengurangi besarnya aliran permukaan. Menurut Latuamury *et al.* (2012), akar tanaman dapat menggemburkan tanah; pori-pori tanah lebih besar serta banyak bahan organik dan organisme tanah yang menaikkan permeabilitas tanah sehingga infiltrasi lebih besar dan aliran permukaan semakin kecil. Asdak (2014) menggariskan bahwa vegetasi dapat memperlambat laju aliran permukaan dan meningkatkan jumlah aliran permukaan yang tertahan di permukaan tanah (*surface detention*) sehingga menurunkan laju aliran permukaan.

Kombinasi 6 jenis tanaman sela dan kelapa sawit pada A23 menghasilkan tutupan tajuk yang rapat dan bertingkat. Semakin rapat tutupan tajuk tanaman, semakin rendah risiko hancurnya agregat tanah oleh

pukulan tetesan hujan yang dapat menyumbat pori-pori tanah. Dengan demikian, kondisi fisik tanah dapat terjaga dan air hujan dapat terinfiltrasi ke dalam tanah. Selain itu, kombinasi beragam jenis tanaman yang ada pada A23 akan menghasilkan jumlah serasah yang lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan lain. Serasah berperan sebagai lapisan pelindung guna menjaga sifat-sifat fisis tanah dan sebagai sumber bahan organik yang mempunyai kapasitas pegang air (*water holding capacity*) yang relatif tinggi (Ginter *et al.* 1979; Sunarti *et al.* 2008). Serasah berupa daun, ranting dan sebagainya yang belum melapuk yang menutupi permukaan tanah merupakan pelindung permukaan tanah dari pukulan langsung tetesan air hujan. Sementara itu, serasah yang telah terdekomposisi akan menjadi sumber bahan organik tanah. Keberadaan serasah sebagai sumber bahan organik juga berperan penting dalam meningkatkan porositas tanah sehingga proses penyerapan air ke dalam tanah berlangsung baik. Kombinasi antara tutupan tajuk yang rapat dan serasah juga berpengaruh baik pada peningkatan kapasitas infiltrasi tanah dan pengurangan aliran permukaan.

Tingginya aliran permukaan pada lahan kelapa sawit di luar plot 48 (S48) dipengaruhi oleh faktor rendahnya kerapatan vegetasi sehingga mempercepat proses aliran permukaan. Kelapa sawit yang ditanam monokultur memberikan ruang terbuka karena celah di antara tanaman kelapa sawit menyebabkan air hujan yang jatuh dapat langsung mengenai permukaan tanah. Pukulan air hujan langsung tersebut menyebabkan sebagian agregat hancur sehingga menyumbat pori tanah dan menghambat infiltrasi air tanah, akibatnya aliran permukaan akan meningkat (Widianto *et al.* 2004; Masnang *et al.* 2014). Delima *et al.* (2018) menyebutkan bahwa kanopi daun kelapa sawit yang lebar tidak membantu mengurangi energi kinetik air hujan, karena daun kelapa sawit saat hujan justru akan menjadi jalur tetesan air yang berpotensi meningkatkan energi kinetik air hujan sehingga air tidak dapat terinfiltrasi dengan baik dan akan menjadi aliran permukaan. Selain itu, aktivitas manusia yang intensif di lahan kelapa sawit seperti kegiatan pemanenan dapat mengakibatkan pemadatan tanah sehingga dapat memengaruhi kapasitas infiltrasi dan meningkatkan aliran permukaan.

Koefisien Aliran Permukaan

Koefisien aliran permukaan (C) merupakan bilangan yang menyatakan nisbah antara besarnya

Tabel 3 Aliran permukaan pada delapan perlakuan

Perlakuan	Kelompok hidrologi tanah	Curve number	Aliran permukaan (mm)
A23	B	60	70,14
A21	C	73	166,10
A29	B	66	107,35
A48	C	77	209,05
S23	B	75	186,64
S21	C	82	274,80
S29	C	84	305,72
S48	D	86	339,88

Tabel 4 Koefisien aliran permukaan berdasarkan jumlah curah hujan dan aliran permukaan

Perlakuan	Jumlah curah hujan (mm)	Aliran permukaan (mm)	Koefisien aliran permukaan (C)
A23	1761,50	70,14	0,04
A21	1761,50	166,10	0,09
A29	1761,50	107,35	0,06
A48	1761,50	209,05	0,12
S23	1761,50	186,64	0,11
S21	1761,50	274,80	0,16
S29	1761,50	305,72	0,17
S48	1761,50	339,88	0,19

aliran permukaan dan jumlah curah hujan dalam satu tahun. Faktor utama yang memengaruhi nilai C adalah laju infiltrasi tanah, tanaman penutup tanah, dan intensitas hujan (Arsyad 2010). Nilai C berperan sangat penting, terutama sebagai indikator aliran permukaan dalam suatu DAS serta dapat digunakan sebagai tolok ukur untuk menilai pengelolaan DAS. Nilai C yang tinggi menunjukkan bahwa lebih banyak air hujan yang menjadi aliran permukaan. Hal ini kurang menguntungkan dalam hal konservasi sumber daya air karena jumlah air yang akan menjadi air tanah berkurang. Kerugian lain adalah semakin besar jumlah air hujan yang menjadi aliran permukaan, semakin besar risiko erosi dan banjir. Nilai C = 0 menunjukkan bahwa semua air hujan terdistribusi menjadi air intersepsi dan semakin besar terinfiltrasi, sedangkan nilai C = 1 menunjukkan bahwa semua air hujan mengalir sebagai aliran permukaan (Asdak 2014). Berdasarkan data yang dihimpun (Tabel 4), nilai C pada lokasi penelitian berada dalam kisaran 0,04–0,19. Nilai C terendah di lokasi penelitian adalah 0,04, yakni di lahan agroforestri dengan kombinasi 6 jenis tanaman dan kelapa sawit dengan ukuran plot 40 m × 40 m pada plot 23 (A23). Nilai ini menunjukkan bahwa hanya 4% dari total curah menjadi aliran permukaan. Adapun nilai C tertinggi terjadi pada lahan kelapa sawit di luar plot 48 (S48), yakni 0,19. Nilai tersebut menunjukkan bahwa 19% air potensial dari total curah hujan tidak dapat terinfiltrasi ke dalam tanah sehingga menjadi aliran permukaan.

Rata-rata nilai C pada lahan kelapa sawit monokultur lebih tinggi dibandingkan dengan pada lahan agroforestri berbasis kelapa sawit. Pada lahan kelapa sawit monokultur dengan umur tanaman yang relatif seragam, tajuk tanaman tidak berlapis (hanya satu lapis dan tidak berstrata), kedalaman dan bentuk perakaran seragam, serta ketebalan serasah dan humus yang lebih tipis. Sementara itu, rendahnya nilai C pada A23 adalah karena kombinasi 6 jenis tanaman sela dan kelapa sawit yang menghasilkan tingkat kekasaran permukaan yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Kombinasi tanaman yang beragam akan meningkatkan kekasaran permukaan tanah akibat keberadaan serasah dan perakaran tanaman sehingga kecepatan aliran air di permukaan tanah berkurang dan air memiliki kesempatan terinfiltrasi ke dalam tanah. Budiastuti (2013) melaporkan bahwa pada area dengan tingkat kekasaran permukaan tinggi (berbatu, tertutup sebagian besar oleh tumbuhan

penutup tanah berdaun lebar) menghasilkan koefisien aliran permukaan yang relatif rendah bila dibandingkan dengan area dengan tingkat kekasaran permukaan yang rendah. Koefisien aliran permukaan yang relatif rendah akan menyebabkan infiltrasi yang relatif tinggi dengan asumsi bahwa tutupan vegetasi akan menahan air hujan lebih lama dan didukung oleh kondisi struktur tanah yang menguntungkan, sehingga pergerakan air melalui tanah dapat berlangsung baik (Braud *et al.* 2001).

KESIMPULAN

Perbedaan agroforestri dan kelapa sawit menyebabkan perbedaan hasil infiltrasi, aliran permukaan, dan koefisien aliran permukaan. Laju infiltrasi konstan tertinggi terjadi di lahan agroforestri dengan kombinasi 3 jenis tanaman sela dan kelapa sawit dengan ukuran plot 10 m × 10 m di dalam plot 48 (A48), yaitu 42,00 cm/jam pada musim kemarau dan 18,00 cm/jam pada musim penghujan. Kombinasi tanaman pada A48 menghasilkan bentuk tutupan tajuk, serasah, dan perakaran cukup beragam yang berperan meningkatkan kapasitas penyerapan air tanah dan meningkatkan infiltrasi. Laju infiltrasi konstan terendah terjadi di lahan kelapa sawit di luar plot 23 (S23), yaitu 1,60 cm/jam pada musim kemarau dan 0,45 cm/jam pada musim penghujan. Aliran permukaan terendah terjadi pada agroforestri dengan kombinasi 6 jenis tanaman sela dan kelapa sawit dengan ukuran plot 40 m × 40 m (A23), yakni 70,14 mm dengan koefisien aliran permukaan 0,04. Adapun aliran permukaan tertinggi terjadi pada lahan kelapa sawit di luar plot 48 (S48), yaitu 339,88 mm dengan koefisien aliran permukaan 0,19. Kelapa sawit yang ditanam secara monokultur menghasilkan kerapatan vegetasi yang rendah yang menyebabkan air hujan yang jatuh dapat langsung mengenai permukaan tanah. Hal ini menyebabkan penyumbatan pori makro tanah sehingga menghambat infiltrasi air tanah yang mengakibatkan peningkatan aliran permukaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Diucapkan terima kasih kepada Ketua Program Studi Ilmu Pengelolaan DAS IPB yang telah memfasilitasi pelaksanaan penelitian. PT Humusindo

Makmur Sejati dan CRC-990 EFForTS (*Collaborative Research Center 990 Ecological and Socioeconomic Functions of Tropical Lowland Rainforest Transformation System*) yang mengizinkan akses di wilayah penelitian dan penyediaan data.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad S. 2010. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor (ID): IPB Press.
- Asdak C. 2014. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta (ID): Universitas Gadjah Mada Press.
- Braud I, Vich AIJ, Zuluaga J, Fornero L, Pedrani A. 2001. Vegetation influence on runoff and sediment yield in the Andes region: observation and modelling. *Journal of Hydrology*. 254(1–4): 124–144. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(01\)00500-5](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(01)00500-5)
- Bruijnzeel LA. 2004. Hydrological functions of tropical forests: not seeing the soil for the trees?. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 104: 185–228. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2004.01.015>
- Budiastuti MS. 2013. Hidrologi Tapak Lahan: Perubahan Tutupan Lahan dan Tingkat Resapan Air. *Sains Tanah-Journal of Soil Science and Agroclimatology*. 6(1): 15–26.
- Comte I, Colin F, Whalen JK, Grunberger O, Caliman JP. 2012. Agricultural practices in oil palm plantations and their impact on hydrological changes, nutrient fluxes and water quality in Indonesia: a review. *Advances in Agronomy*. 116: 71–124. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394277-7.00003-8>
- Dariah A, Agus F, Maswar. 2005. Kualitas tanah pada lahan usahatani berbasis tanaman kopi (Studi Kasus di Sumber Jaya, Lampung Barat). *Jurnal Tanah dan Iklim*. 2: 48–57.
- Delima D, Akbar H, Rafli M, 2018. Tingkat laju infiltrasi tanah pada DAS Krueng Mane Kabupaten Aceh Utara. *Agrium* 15(1): 17–28. <https://doi.org/10.29103/agrium.v15i1.685>
- Dislich C, Keyel AC, Salecker J, Kisel Y, Meyer KM, Auliya M, Barnes AD, Corre MD, Darras K, Faust H, et al. 2017. A review of the ecosystem functions in oil palm plantations, using forests as a reference system. *Biological Reviews*. 92(3): 1539–1569.
- [Ditjenbun] Direktorat Jendral Perkebunan Kementerian Pertanian Republik Indonesia. 2017. Statistik perkebunan Indonesia 2016–2018. Jakarta (ID).
- [Ditjenbun] Direktorat Jendral Perkebunan Kementerian Pertanian Republik Indonesia. 2021. Statistik unggulan nasional 2019–2021. Jakarta (ID).
- Djaenudin D, Oktaviani R, Hartoyo S, Dwiprabowo H. 2018. Analisis peluang keberhasilan penurunan laju deforestasi: pendekatan teori transisi hutan. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*. 15(1): 15–19. <https://doi.org/10.20886/jpsek.2018.15.1.15-29>
- Ginter DL, McLeod KW, Sherrod Jr C. 1979. Water stress in longleaf pine induced by litter removal. *Forest Ecology and Management*. 2(0): 13–20. [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(79\)90033-1](https://doi.org/10.1016/0378-1127(79)90033-1)
- Hidayat A, Badaruddin, Yamani A. 2019. Analisis laju dan besarnya volume infiltrasi pada berbagai tutupan lahan di daerah aliran sungai (DAS) Maluka. *Jurnal Sylva Scientiae*. 2(5): 785–791.
- Junaidi E. 2013. Peranan penerapan agroforestry terhadap hasil air daerah aliran sungai (DAS) Cisadane. *Jurnal Penelitian Agroforestry*. 1(1): 41–53.
- [KLHK] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2012. Rekalkulasi Penutupan Lahan Indonesia Tahun 2011. Jakarta (ID).
- [KLHK] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2021. Rekalkulasi Penutupan Lahan Indonesia Tahun 2020. Jakarta (ID).
- Latuamury B, Gunawan T, Suprayogi S. 2012. Pengaruh kerapatan vegetasi penutup lahan terhadap karakteristik resesi hidrograf pada beberapa Sub DAS di Propinsi Jawa Tengah dan Propinsi DIY. *Majalah Geografi Indonesia*. 26 (2): 99–118. <https://doi.org/10.22146/teknoains.5998>
- Masnang A, Sinukaban N, Sudarsono, Ginting N. 2014. Kajian tingkat aliran permukaan dan erosi pada berbagai tipe penggunaan lahan di Sub DAS Jenneberang Hulu. *Jurnal Agroteknos*. 4(1): 32–37.
- Merten J, Roll A, Guillaume T, Meijide A, Tarigan SD, Agusta H, Dislich C, Dittrich C, Faust H, Gunawan D et al. 2016. Water scarcity and oil palm expansion: social views and environmental processes. *Ecology and Society*. 21(2): 5–26. <https://doi.org/10.5751/ES-08214-210205>
- Muryunika R. 2015. Strategi pengelolaan dan pengembangan agroforestri berbasis kelapa sawit di Jambi [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Mustikasari N, Tarigan SD, Sahiban S, Sahari B. 2018. Aliran Permukaan, Erosi Dan Kehilangan Hara Kebun Kelapa Sawit Kabupaten Sarolangun Provinsi Jambi. *Jurnal Ilmu Tanah Lingkungan*. 20 (2): 82–85. <https://doi.org/10.29244/jitl.20.2.82-85>
- Noordwijk MV, Agus F, Suprayogo D, Hairiah K, Pasya G, Verbist B, Farida. 2004. Peranan agroforestri dalam mempertahankan fungsi hidrologi daerah aliran sungai (DAS). *Jurnal Agrivita*. 26(1): 1–8.

- Pasaribu H, Mulyadi A, Tarumun S. 2012. Neraca air di perkebunan kelapa sawit di PPKS Sub Unit Kalianta Kabun Riau. *Junal Ilmu Lingkungan*. 6(2):99-113.
- Slamet B. 2015. Intersepsi dan aliran permukaan pada transformasi hutan hujan tropika dataran rendah Jambi [Disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Sunarti, Sinukaban N, Sanim B, Tarigan SD. 2008. Konversi hutan menjadi lahan usahatani karet dan kelapa sawit serta pengaruhnya terhadap aliran permukaan dan erosi tanah di DAS Batang Pelepat. *Journal of Tropical Soils* 13(3): 253–260. <https://doi.org/10.5400/jts.2008.v13i3.253-260>
- Sunarti. 2011. Beberapa sifat fisika tanah pada lahan usahatani karet dan kelapa sawit rakyat di DAS Batang Pelepat. *Jurnal Hidrolitan*. 2(3): 124–134.
- Suripin. 2002. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Yogyakarta (ID). Andi Publisher.
- Tarigan SD. 2016. Land cover change and its impact on flooding frequency of Batanghari Watershed, Jambi Province, Indonesia. Elsevier *Procedia Environmental Sciences*. 33, hlm. 386–392. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.03.089>
- Tarigan SD. 2019. Biodiversity-based ecosystem services for the management of monoculture plantation landscape using a transdisciplinary approach: a review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 325(1): 1–12. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/325/1/012013>
- Widianto, Hariah K, Suharjo D, Sardjono MA. 2003. *Fungsi dan Peran Agroforestri*. ICRAF. Bogor (ID).
- Widianto, Suparyogo D, Noveras H, Widodo RH, Purnomosidhi P, van Noordwijk M. 2004. Alih guna lahan hutan menjadi lahan pertanian: apakah fungsi hidrologis hutan dapat digantikan sistem kopi monokultur?. *Jurnal Agrivita*. 26(1): 47–52.
- Yahya Z, Husin A, Talib J, Othman J, Ahmed OH, Jalloh MB. 2010. Soil compaction and oil palm (*Elaeis guineensis*) yield in a clay textured soil. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*. 5(1): 15–19. <https://doi.org/10.3844/ajabssp.2010.15.19>