



INTERSEPSI DAN ALIRAN PERMUKAAN PADA TRANSFORMASI HUTAN HUJAN TROPIKA DATARAN RENDAH JAMBI

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

BEJO SLAMET



**SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2015**



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi berjudul Intersepsi dan Aliran Permukaan Pada Transformasi Hutan Hujan Tropika Dataran Rendah Jambi adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir disertasi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2015

Bejo Slamet
NIM E161100051

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



RINGKASAN

BEJO SLAMET. Intersepsi dan Aliran Permukaan Pada Transformasi Hutan Hujan Tropika Dataran Rendah Jambi. Dibimbing oleh I NENGAH SURATI JAYA, HENDRAYANTO dan SURIA DARMA TARIGAN.

Pertumbuhan rata-rata luas kebun sawit selama periode 1980–2013 sebesar 11.51% per tahun dengan luasan areal 10.01 juta ha pada tahun 2013. Kebun karet pada periode 1980–2012 menunjukkan pertumbuhan sebesar 1.22 % per tahun dengan luasan areal 3.48 juta ha pada tahun 2012. Transformasi hutan menjadi kebun karet dan sawit telah menyebabkan terjadinya berbagai polemik terkait dampaknya terhadap sumberdaya air. Masyarakat merasakan bahwa setelah transformasi hutan menjadi kebun sawit semakin susah mendapatkan mata air ketika musim kemarau. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa transpirasi dan evapotranspirasi dari sawit tidak lebih tinggi dari hutan. Identifikasi lebih lanjut terkait dampak transformasi hutan terhadap hidrologi perlu dilakukan. Transformasi hutan merubah karakteristik tajuk, kerapatan tegakan dan sifat tanah sehingga merubah kapasitas intersepsi hujan dan laju evapotranspirasi, merubah kapasitas infiltrasi dan aliran permukaan, serta status kesuburan tanahnya.

Tujuan utama penelitian ini adalah mengidentifikasi sifat hidrologis transformasi hutan menjadi hutan karet, kebun karet dan kebun sawit. Tujuan khusus penelitian ini adalah mengidentifikasi perbedaan dan variabilitas intersepsi, mengidentifikasi sifat hidraulika tanah, mengidentifikasi transformasi hujan menjadi aliran permukaan dan mengidentifikasi status kesuburan tanah pada keempat tipe penggunaan lahan.

Variabilitas intersepsi dianalisis dengan mengukur karakteristik tanaman dan tegakan yaitu *leaf area index* (LAI), *mean leaf angle* (MLA), *canopy cover* (GC), basal area, luas tajuk, kondisi batang serta pengukuran *throughfall* dan *stemflow*. Sifat hidraulika tanah diperoleh dengan menganalisis sifat fisika dan hidraulika tanah kemudian dilakukan pemodelan kurva retensi tanah menggunakan persamaan Kosugi. Identifikasi aliran permukaan dilakukan dengan mengukur aliran permukaan pada skala plot di keempat tipe penggunaan lahan dan pengukuran debit pada skala mikro DAS. Status kesuburan tanah ditentukan dengan menganalisis kandungan hara tanah.

Hasil penelitian menunjukkan transformasi hutan menjadi kebun karet dan kebun sawit menurunkan intersepsi masing-masing sebesar 7% dan 8% (Kebun sawit 14 tahun), 10% (Kebun sawit umur 8 tahun), sedangkan transformasi hutan menjadi hutan karet meningkatkan intersepsi 5%. Penurunan intersepsi menunjukkan air hujan yang sampai di tanah melalui *stemflow* (SF) dan *throughfall* (TF) meningkat, dan sebaliknya. Proporsi SF di hutan, hutan karet dan kebun karet terhadap hujan masing-masing hanya 0.7%, 0.3% dan 0.2%, sedangkan di kebun sawit > 3%. Struktur tajuk hutan dengan hutan karet dan kebun karet relatif sama sehingga perbedaan SF tidak nyata, namun struktur tajuk tanaman sawit sangat berbeda yang memungkinkan tajuk menangkap air hujan dan diarahkan ke batang sawit dalam volume besar sehingga SF tanaman sawit jauh lebih besar dibandingkan hutan, hutan karet maupun kebun karet. Volume dan laju SF yang besar mengalir terkonsentrasi pada pangkal batang sawit berpotensi menghasilkan tingginya laju aliran permukaan relatif terhadap air yang diinfiltrasikan.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Karakteristik tajuk LAI, GC dan MLA mempunyai korelasi yang lemah dengan IF dan TF.

Rata-rata bobot Isi (BI) tanah dari keempat bentuk penggunaan lahan yang diamati secara statistik dari sampel tanah berukuran 98.125 cm³ tidak berbeda nyata, namun terjadi kecenderungan peningkatan BI akibat transformasi dari hutan menjadi kebun sawit. Rata-rata BI tanah permukaan (kedalaman 5-10 cm) di kebun karet dan kebun sawit lebih tinggi dari hutan dan hutan karet. Hasil pengukuran infiltrasi menggunakan *double ring infiltrometer* menunjukkan kapasitas infiltrasi tanah jenuh di hutan lebih tinggi dari penggunaan lahan lainnya. Hal ini mengindikasikan adanya pemadatan tanah akibat aktifitas manusia.

Aliran permukaan skala plot menunjukkan bahwa hutan menghasilkan aliran permukaan yang paling kecil dibandingkan plot lainnya. Selain karena proporsi air hujan yang sampai di permukaan tanah lebih rendah dari kebun karet dan kebun sawit, hutan (Plot 6) dengan serasah yang tebal mampu mengurangi proses terjadinya aliran permukaan untuk kejadian hujan yang sama dibandingkan dengan kebun karet dan kebun sawit. Kebun sawit yang permukaan tanahnya didominasi oleh tumbuhan bawah (Plot 2 dan Plot 4) mampu mengurangi aliran permukaan cukup besar dibandingkan dengan kebun sawit tanpa tumbuhan bawah (Plot 1 dan Plot 3). Pemadatan tanah pada kebun sawit juga memicu terjadinya *hortonian flow* yang dimulai dari jalur panen dan piringan tanaman yang tanahnya padat dan tidak terdapat tumbuhan bawah maupun serasah. Hasil pengamatan debit pada skala mikro DAS menunjukkan bahwa DAS yang didominasi oleh hutan karet dan kebun karet mampu memperlambat pelepasan air dari dalam DAS dibandingkan dengan DAS yang didominasi oleh kebun sawit.

Kesuburan tanah pada keempat tutupan lahan terkategori rendah. Kondisi ini menunjukkan bahwa perlu usaha pengelolaan lahan yang mampu mengkonservasi tanah dan air dengan baik dan meningkatkan kesuburan tanahnya.

Transformasi hutan menjadi kebun karet dan kebun sawit menurunkan intersepsi dan kapasitas infiltrasi tanah jenuh serta meningkatkan aliran permukaan. Isu kelangkaan air yang terjadi akibat transformasi hutan menjadi kebun sawit bukan disebabkan akibat tingginya konsumsi air oleh tanaman sawit, namun karena rendahnya intersepsi, tingginya air hujan yang sampai di permukaan, menurunnya kapasitas infiltrasi akibat pemadatan tanah dan akhirnya mengakibatkan tingginya aliran permukaan dan rendahnya infiltrasi untuk mengisi air tanah. Untuk mengurangi dampak negatif transformasi hutan menjadi kebun karet dan kebun sawit terhadap ketersediaan air, secara prinsip perlu dilakukan upaya-upaya yang dapat meningkatkan kapasitas dan laju infiltrasi sekaligus mengurangi laju aliran permukaan. Praktek pengelolaan lahan yang dapat dilakukan sebagai bentuk praktek pengelolaan lahan terbaik (*best land management practices*) untuk meningkatkan kapasitas dan laju infiltrasi serta menurunkan aliran permukaan di kebun karet dan kebun sawit adalah pemanfaatan serasah, penanaman tanaman penutup tanah (*cover crops*) dan membangun rorak. Pembuatan rorak dimaksudkan untuk mencegat aliran permukaan (terutama *hortonian flow* yang dimulai dari piringan tanaman dan jalur panen) dan menampungnya dalam lubang sehingga mempunyai kesempatan lebih besar untuk diinfiltrasikan ke dalam tanah.

Kata kunci: aliran permukaan, bobot isi, intersepsi hujan, transformasi hutan



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

SUMMARY

BEJO SLAMET. Interception and runoff in tropical lowland forest transformation system Jambi. Supervised by I NENGAH SURATI JAYA, HENDRAYANTO dan SURIA DARMA TARIGAN.

The average growth of oil palm plantation area for the period of 1980-2013 amounted to 11.51% per year with areal extents of 10.01 million ha in 2013. Rubber plantation in the period of 1980 to 2012 showed a growth of 1.22% per year with areal extents of 3.48 million ha in 2012. The transformation of forests into oil palm and rubber plantations has led to various polemics related to the impact on water resources. Community found that after the transformation of forests into oil palm plantations increasingly, it is difficult to get a spring during the dry season. However, the previous results showed that transpiration and evapotranspiration of oil palm not higher than the forest. This result suggests that there is a need for further identification related to the hydrological impacts of forest transformation. Forest transformation changes the characteristics of the forest canopy, stand density and soil properties that alter the capacity of rainfall interception. It also change the evapotranspiration rate, alter the capacity of infiltration and runoff, as well as soil fertility status.

The main objective of this study was to identify the hydrological properties of forests transformation into jungle rubber, rubber plantation and oil palm plantations. The specific objective of this study was to identify the differences and variability of interception, identify the properties of the soil hydraulics, identify the rainfall transformation into runoff and identify the status of soil fertility in the four types of land use.

Interception variability was analyzed by measuring the characteristics of plants and stands, leaf area index (LAI), mean leaf angle (MLA), canopy cover (GC), basal area canopy area, trunk characteristic and measurement of throughfall (TF) and stemflow (SF). Soil hydraulic properties obtained by analyzing the soil physical and hydraulic properties then soil retention curve modeling using the Kosugi equation. The identification of surface run off was conducted by measuring the surface run off on a plot scale in four types of land use and discharge measurements on micro watershed scale. Soil fertility status was determined by analyzing the soil nutrient content in each of land use type.

The results showed forest transformation into rubber plantations and oil palm plantations decrease the rainfall interception respectively 7% and 8% (oil palm plantations age of 14 years), 10% (oil palm plantations age of 8 years). Meanwhile the transformation of forests into jungle rubber increase the interception 5%. Decreasing of rainfall interception showed the increasing of net rainfall reach the soil surface by stemflow (SF) and throughfall (TF), and vice versa. The proportion of SF in the forest, jungle rubber and rubber plantation against rain respectively 0.7%, 0.3% and 0.2%, while in the oil palm plantations > 3%. The canopy structure of forest, jungle rubber and rubber plantations are relatively similar, so the difference of SF was not significant. However the canopy structure of the oil palm plant was quite different which it may catch rainfall and flowing directly to the palm trunks and resulted more volume of SF than the forests, jungle rubber and rubber plantations. The volume and rate of SF concentrated at the base of the palm trunk



that potentially produce higher surface run off relative to the water that is infiltrated. LAI canopy characteristics, GC and MLA had a weak correlation with IF and TF.

The average value of bulk density (BD) from the four land use that observed from volume of 98.125 cm³ soil sample size was not different significantly, but there was an increasing trend of BD as a result of the forest transformation into oil palm plantations. BD average of surface soil (5-10 cm depth) in the rubber plantations and oil palm plantations is higher than forests and rubber. The infiltration measurement results using the double ring infiltrometer indicated that saturated soil infiltration capacity in the forest was higher than other types of land use. This indicates the existence of soil compaction due to human activities.

Run off from plot scale showed that forests generate smallest run off compare to other plots. As addition of the proportion of net rainfall that reach the surface run off was lower than rubber plantations and palm plantations, forest (Plot 6) with a thick litter was able to reduce the occurrence of surface run off for the same rain events compared to rubber and oil palm plantations. Oil palm plantation which land surface dominated by understorey (Plot 2 and Plot 4), was able to reduce the surface runoff quite large compared to oil palm plantations without understorey (Plot 1 and Plot 3). Soil compaction in oil palm plantations also trigger hortonian flow that starting from the harvesting path zone and weeding circle caused by soil compaction where there was no understorey and litter. Discharge observations on the micro scale watershed indicates that the watersheds dominated by jungle rubber and rubber plantation able to release the water longer compared to the watershed was dominated by oil palm plantations.

Soil fertility status from the four land use type was categorized as low fertility. This condition indicated the needs of land management efforts which could conserve soil and water as well as improve soil fertility.

Transformation of forests into rubber plantations and oil palm plantations decrease the rainfall interception, infiltration capacity and increase run off. The issue of water scarcity in the transformation system of forests into oil palm plantations are not caused by high consumption of water by palm trees, but caused by low interception, high rain water that reached the land surface, decreasing the capacity of infiltration due to soil compaction and ultimately result in high runoff and low infiltration to fill groundwater.

To reduce the negative impact of the forest transformation into rubber and oil palm plantations related to water availability, necessary effort that could improve the capacity and infiltration rate is needed, while at the same time reduces the rate of run off. Land management practices can be implemented as a form of best land management practices (BMP's). BMP's goal is to increase the capacity and infiltration rate as well as reduce the rate of surface run off in the rubber and oil palm plantations by using litter, planting cover crops and build silt pit. Establishing of silt pit was intended to intercept the surface runoff (especially hortonian flow that is started from the weeding circle and harvest path zone), collected in a hole to have more chance to infiltrate into the ground.

Keywords: surface runoff, bulk density, rainfall interception, forest transformation

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

© Hak Cipta Milik IPB, Tahun 2015 Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah; dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB



INTERSEPSI DAN ALIRAN PERMUKAAN PADA TRANSFORMASI HUTAN HUJAN TROPIKA DATARAN RENDAH JAMBI

BEJO SLAMET

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor
pada
Program Studi Ilmu Pengelolaan Hutan

**SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2015**

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Penguji pada Ujian Tertutup:

- Dr Ir Omo Rusdiana, MSc
(Staf Pengajar Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor)
- Dr Ir Enni Dwi Wahjunie, MSi
(Staf Pengajar Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor)

Penguji pada Ujian Terbuka:

1. Dr Ir Enni Dwi Wahjunie, Msi
(Staf Pengajar Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor)
2. Dr Ir Harry Santoso
(Sekjen Forum Purnabakti Eselon Satu Indonesia)



Judul Disertasi : Intersepsi dan Aliran Permukaan Pada Transformasi Hutan
Hujan Tropika Dataran Rendah Jambi

Nama : Bejo Slamet
NIM : E161100051

Disetujui oleh

Komisi Pembimbing

Prof Dr Ir I Nengah Surati Jaya, MAgr
Ketua

Dr Ir Hendrayanto, MAgr
Anggota

Dr Ir Suria Darma Tarigan, MSc
Anggota

Diketahui oleh

Ketua Program Studi
Ilmu Pengelolaan Hutan

Prof Dr Ir Hardjanto, MS



Dr Ir Dahrul Syah, MScAgr

Tanggal Ujian: 26 Agustus 2015

Tanggal Lulus: 07 SEP 2015

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadhirat Allah SWT atas segala karunia-Nya sehingga disertasi dengan judul “Intersepsi dan Aliran Permukaan Pada Transformasi Hutan Hujan Tropika Dataran Rendah Jambi” dapat diselesaikan. Disertasi ini diajukan sebagai salah syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Doktor Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

Penelitian dan disertasi dibiayai ini oleh Direktorat Jenderal Pendidikan melalui beasiswa BPPS, bantuan penelitian Rektor Universitas Sumatera Utara, bantuan dana Start up funding CRC dan bantuan dana hibah kerjasama internasional. Bagian dari disertasi ini telah dipublikasikan pada International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR) dengan judul *Impact of Land Cover Changes in Tropical Lowland Rainforest Transformation System to Soil Properties* Volume 22 (2): 316-328 tahun 2015 dan diterbitkan di Journal of Tropical Forest Management dengan judul *Stemflow Variability in Tropical Lowland Forest Landscape Transformation System: Case Study at Jambi Province, Indonesia* Volume 21 (1): 1-10 tahun 2015.

Penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Prof. Dr. Ir. I Nengah Surati Jaya, M.Agr selaku Ketua Komisi Pembimbing yang dengan penuh kesabaran memberikan arahan, motivasi dan pembelajaran yang diberikan kepada penulis secara langsung maupun tidak langsung selama menempuh pendidikan

2. Dr. Ir. Hendrayanto, M.Agr yang dengan kerelaan dan kesabarannya menjadi mitra diskusi untuk membuka cakrawala berpikir lebih komprehensif dalam ilmu pengelolaan hutan.

3. Dr. Ir. Suria Darma Tarigan, M.Sc yang memberikan jalan mudah bagi penulis memahami ilmu tanah dan pengelolaan sumberdaya lahan.

4. Dr. Ir. Omo Rusdiana, M.Si sebagai penguji luar komisi yang telah banyak memberikan koreksi dan pencerahan kepada penulis.

5. Dr. Ir. Enni Dwi Wahjunie, M.Si sebagai penguji luar komisi baik pada ujian tertutup maupun sidang promosi yang telah dengan teliti mengoreksi dan memberikan masukan membangun kepada penulis sehingga penulisan disertasi ini semakin baik.

6. Dr. Ir. Harry Santoso yang telah bersedia menjadi penguji pada sidang promosi sehingga semakin menambah wawasan penulis.

7. Seluruh penyelenggara dan pelaksana Sekolah Pascasarjana IPB, terutama kepada Prof. Hardjanto sebagai Ketua Program Studi Ilmu Pengelolaan Hutan dan Pak Achmad Fathoni yang telah memberikan pelayanan terbaiknya selama penulis menempuh program S3.

8. Rektor Universitas Sumatera Utara yang memberikan bantuan biaya studi dan biaya penelitian.

9. Keluarga laboratorium Remote Sensing dan GIS (Ruang Alos) yang menciptakan suasana nyaman untuk belajar dan berdiskusi. Semoga kebersamaan dan kekeluargaan ini akan terus berlanjut meskipun telah kembali ke instansi masing-masing, dan semakin meningkatkan jejaring diantara kita di masa depan.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

10. Bapak Suyono yang telah dengan sabar membantu dan menemani penulis mengambil data penelitian di lapangan selama dua tahun. Bapak Yulnasri (mantan Kepala Desa Bungku) dan keluarga yang telah dengan tangan terbuka menjadikan penulis seperti keluarga sendiri selama penulis melakukan penelitian di lapangan.
11. Teman-teman IPH khususnya IPH 2010 atas persahabatan dan kerjasamanya selama masa studi dan setelahnya.
12. Semua pihak yang telah memberikan dukungan sehingga penulisan disertasi ini dapat diselesaikan.
13. Istri dan anak-anak tercinta, serta kedua orang tua penulis yang selalu memberikan semangat dan doa sehingga penulis mampu untuk menjalani pendidikan ini dengan sabar.
Mudah-mudahan tulisan ini dapat bermanfaat bagi diri penulis maupun yang membaca tulisan ini.

Bogor, Agustus 2015
Bejo Slamet



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
1 PENDAHULUAN	1
Latar Belakang	1
Perumusan Masalah	2
Tujuan Penelitian	4
Novelty Penelitian	5
Manfaat Penelitian	5
Kerangka Pendekatan Penelitian dan Penulisan Disertasi	5
KONDISI UMUM LOKASI PENELITIAN	8
Lokasi Penelitian	8
Iklim dan Curah Hujan	8
Tanah	10
Deskripsi Lokasi Penelitian	10
VARIABILITAS INTERSEPSI HUJAN DI EMPAT BENTUK TRANSFORMASI HUTAN HUJAN TROPIKA DATARAN RENDAH JAMBI	13
Pendahuluan	13
Metode Penelitian	15
Hasil dan Pembahasan	19
Simpulan	40
4 SIFAT HIDRAULIKA TANAH PADA EMPAT BENTUK TRANSFORMASI HUTAN HUJAN TROPIKA DATARAN RENDAH JAMBI	42
Pendahuluan	42
Metode Penelitian	43
Hasil dan Pembahasan	45
Simpulan	55
ALIRAN PERMUKAAN PADA EMPAT BENTUK TRANSFORMASI HUTAN HUJAN TROPIKA DATARAN RENDAH JAMBI	56
Pendahuluan	56
Metode Penelitian	57
Hasil dan Pembahasan	62
Simpulan	68
9 STATUS KESUBURAN TANAH PADA EMPAT BENTUK TRANSFORMASI HUTAN HUJAN TROPIKA DATARAN RENDAH JAMBI	70
Pendahuluan	70

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Metode Penelitian	70
Hasil dan Pembahasan	71
Simpulan	81
7 PEMBAHASAN UMUM	82
8 SIMPULAN DAN SARAN	86
Simpulan	86
Saran	87
DAFTAR PUSTAKA	88
LAMPIRAN	100
RIWAYAT HIDUP	110

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

DAFTAR TABEL

Tabel 1	Curah hujan bulanan dan jumlah hari hujan selama periode tahun 2001 – 2012 di lokasi penelitian	9
Tabel 2	Rataan temperatur, kelembaban nisbi dan kecepatan angin selama periode 2001-2012 yang diukur di Bandara Sultan Thaha Jambi	9
Tabel 3	Karakteristik tanaman yang diukur <i>stemflow</i>	21
Tabel 4	Rataan struktur tegakan masing-masing tutupan lahan	22
Tabel 5	Dimensi pelepah sawit	22
Tabel 6	Nilai rata-ran parameter <i>stemflow</i> dan hasil analisis uji t berpasangan ...	24
Tabel 7	<i>Throughfall</i> , <i>stemflow</i> intersepsi dan persentasenya terhadap hujan ...	34
Tabel 8	Variabilitas hujan pada beberapa hari hujan terpilih	35
Tabel 9	Persamaan regresi linier penduga <i>throughfall</i>	38
Tabel 10	Persamaan regresi linier penduga intersepsi	38
Tabel 11	Hasil analisis sifat fisik tanah pada masing-masing tutupan lahan ..	45
Tabel 12	Deskripsi statistik sifat fisik dan sifat hidraulik tanah dan pada keempat bentuk transformasi	48
Tabel 13	Hasil analisis korelasi sifat-sifat tanah	51
Tabel 14	Hasil pengukuran sifat hidraulik tanah untuk masing-masing tutupan lahan	52
Tabel 15	Parameter θ_r , θ_s , dan σ hasil optimasi kurva retensi air tanah	53
Tabel 16	Karakteristik masing-masing plot pengukuran aliran permukaan	59
Tabel 17	Kapasitas infiltrasi	65
Tabel 18	Tesktur tanah dari sampel pengukuran pada masing-masing tutupan lahan	72
Tabel 19	Status kandungan hara pada masing-masing tutupan lahan	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Kerangka teoritis penelitian	2
Gambar 2	Kerangka Pendekatan Penelitian	7
Gambar 3	Lokasi penelitian	8
Gambar 4	Kondisi tutupan lahan hutan bekas tebangan	10
Gambar 5	Kondisi tutupan lahan hutan karet	11
Gambar 6	Kondisi tutupan lahan kebun karet	11
Gambar 7	Kondisi tutupan lahan kebun sawit	12
Gambar 8	Pemasangan alat ukur besaran volume <i>stemflow</i>	17
Gambar 9	Penempatan penakar <i>throughfall</i> pada tutupan lahan (a) hutan bekas tebangan, (b) hutan karet, (c) kebun karet dan (d) kebun sawit	17
Gambar 10	Distribusi curah hujan bulanan, rata-ran hujan harian dan jumlah hari hujan dari masing-masing bulan selama periode penelitian	19
Gambar 11	Distribusi kelas hujan dan hari hujan dari masing-masing kelas hujan	20
Gambar 12	Foto tutupan tajuk hasil pemotretan dengan kamera hemispherical	21

Gambar 13	Hubungan antara volume <i>stemflow</i> dengan hujan pada tutupan lahan hutan	24
Gambar 14	Hubungan antara volume <i>stemflow</i> dengan hujan pada tutupan lahan hutan karet	25
Gambar 15	Hubungan antara volume <i>stemflow</i> dengan hujan pada tutupan lahan kebun karet	25
Gambar 16	Hubungan antara volume <i>stemflow</i> dengan hujan pada tutupan lahan kebun sawit	26
Gambar 17	Rataan persentase kedalaman <i>stemflow</i> berdasarkan diameter batang dan luas tajuk	28
Gambar 18	Hubungan kedalaman hujan (mm) dengan kedalaman <i>stemflow</i> (mm) pada tutupan lahan hutan	29
Gambar 19	Hubungan kedalaman hujan (mm) dengan kedalaman <i>stemflow</i> (mm) pada tutupan lahan hutan karet	29
Gambar 20	Hubungan kedalaman hujan (mm) dengan kedalaman <i>stemflow</i> (mm) pada tutupan lahan kebun karet	30
Gambar 21	Hubungan kedalaman hujan (mm) dengan kedalaman <i>stemflow</i> (mm) pada tutupan lahan kebun sawit	30
Gambar 22	Rataan laju <i>stemflow</i> pada masing-masing tanaman selama periode penelitian	32
Gambar 23	Hasil penghitungan SFR pada masing-masing tanaman	32
Gambar 24	Persentase <i>throughfall</i> , <i>stemflow</i> dan intersepsi pada setiap kelas hujan harian pada hutan bekas tebangan (a), hutan karet (b), kebun karet (c), kebun sawit umur 14 tahun (d) dan kebun sawit umur 8 tahun (e)	36
Gambar 25	Distribusi spasial <i>throughfall</i> berdasarkan jarak terhadap batang dan kedalaman hujan pada sawit umur 14 tahun (a) sawit umur 8 tahun (b) dan karet (c)	37
Gambar 26	Persamaan regresi terpilih antara kedalaman hujan (mm) dengan kedalaman <i>throughfall</i> (mm)	39
Gambar 27	Persamaan regresi terpilih antara kedalaman hujan (mm) dengan kedalaman intersepsi (mm)	39
Gambar 28	Bobot isi pada masing-masing bentuk transformasi	46
Gambar 29	Porositas tanah pada masing-masing bentuk transformasi	46
Gambar 30	Pori air tersedia pada masing-masing bentuk transformasi	47
Gambar 31	Rataan kurva retensi tanah dari masing-masing bentuk transformasi	54
Gambar 32	Rataan kurva konduktifitas hidraulik tidak jenuh tanah dari masing-masing bentuk transformasi	54
Gambar 33	Siklus hidrologi di kebun sawit. Kotak mengindikasikan cadangan simpanan, tanda panah menunjukkan aliran (Comte <i>et al.</i> 2012)	56
Gambar 34	Kondisi plot penelitian pengukuran aliran permukaan	58
Gambar 35	Desain plot pengukuran aliran permukaan	60
Gambar 36	Lokasi Mikro DAS	61
Gambar 37	Pemasangan rectangular weir dan HOBOWEIR serta skema pemisahan aliran dasar metode constant slope	61
Gambar 38	Rataan aliran permukaan dari masing-masing plot	62

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 39	Koefisien aliran permukaan masing-masing plot.....	63
Gambar 40	<i>Hortonian flow</i> yang terjadi melalui jalur panen dan piringan pada lahan kebun sawit yang tidak dilakukan pembersihan gulma	65
Gambar 41	Pemasangan paralon untuk mengeluarkan aliran bawah permukaan pada hutan karet (Plot 7)	66
Gambar 42	Hidrograf debit aliran pada masing-masing Mikro DAS	67
Gambar 43	Hidrograf TMA pada masing-masing Mikro DAS	67
Gambar 44	Penurunan TMA dibawah <i>head</i> pada masing-masing Mikro DAS	68
Gambar 45	Kandungan C-organik pada masing-masing tutupan lahan.....	73
Gambar 46	Kandungan P total tanah pada masing-masing tutupan lahan	75
Gambar 47	Kandungan Ca tanah pada masing-masing tutupan lahan.....	76
Gambar 48	Kandungan Mg tanah pada masing-masing tutupan lahan.....	76
Gambar 49	Kandungan K tanah pada masing-masing tutupan lahan	77
Gambar 50	Kandungan Na tanah pada masing-masing tutupan lahan.....	77
Gambar 51	Kapasitas Tukar Kation (KTK) pada masing-masing tutupan lahan.....	79
Gambar 52	Kejenuhan basa (KB) pada masing-masing tutupan lahan.....	79
Gambar 53	Kandungan C-organik tanah menurut kandungan klei pada masing-masing bentuk transformasi	80
Gambar 54	KTK tanah menurut kandungan klei pada masing-masing bentuk transformasi	80
Gambar 55	Kejenuhan basa (KB) tanah menurut kandungan klei pada masing-masing bentuk transformasi	81
Gambar 56	Rorak di kebun sawit untuk mencegat aliran permukaan.....	84

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Hasil analisis uji t berpasangan kedalaman <i>stemflow</i>	100
Lampiran 2	Hasil pengukuran parameter tajuk	102
Lampiran 3	Pengukuran parameter tegakan	104

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumarkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1 PENDAHULUAN

Latar Belakang

Di berbagai wilayah tropika, hutan telah ditransformasi menjadi penggunaan lain terutama menjadi areal pertanian pangan, perkebunan dan juga peternakan. Indonesia adalah salah satu negara di wilayah tropika yang mempunyai luas hutan terbesar, namun juga dengan laju kehilangan hutan alam yang besar. Abood *et al.* (2015) mengemukakan bahwa 44% kehilangan hutan alam selama kurun waktu 2000 – 2010 di Kalimantan, Sumatra, Papua, Sulawesi dan Maluku disebabkan oleh konsesi kebun sawit, pemanenan kayu (*logging*), HTI *pulp* dan kertas, serta pertambangan batubara. Luas tutupan hutan Indonesia pada tahun 2000 adalah 103.33 juta ha. Luas tutupan hutan ini pada tahun 2009 berkurang menjadi 88.17 juta ha atau telah mengalami deforestasi seluas 15.15 juta ha. Laju deforestasi Indonesia pada kurun waktu ini adalah sebesar 1.51 juta ha per tahun. Berdasarkan lokasinya, laju deforestasi terbesar terjadi di Kalimantan yaitu sebesar 0.55 juta ha per tahun dan Sumatera dengan laju deforestasi sebesar 0.37 juta ha per tahun (Sumargo *et al.* 2011).

Transformasi hutan menjadi kebun karet (Miyamoto 2006) dan kebun sawit (Broich *et al.* 2011) adalah penyebab utama menurunnya luas hutan di Indonesia. Transformasi hutan menjadi perkebunan di Indonesia dikendalikan oleh perkebunan perusahaan swasta (88.3%) kemudian diikuti oleh usaha kecil (10.7%) dan oleh BUMN (0.9%), dengan laju pertambahan luas tahunan perkebunan sawit skala usaha kecil lebih tinggi yaitu 11% dibandingkan dengan perkebunan swasta besar yang hanya sebesar 5% (Lee *et al.* 2014). Sawit adalah salah satu tanaman dengan penyebaran yang tercepat di dunia dan kontribusinya terhadap deforestasi besar (Fitzherbert *et al.* 2008). Sawit memainkan peranan yang penting dalam aktifitas ekonomi di Indonesia. Indonesia merupakan produsen sawit terbesar dengan produksi 9 juta ton pada tahun 2010 (Ramdani dan Hino 2013). Kebutuhan sawit akan terus meningkat sebagai respon terhadap pertumbuhan populasi global (Sayer *et al.* 2012).

Perkembangan luas areal kebun sawit di Indonesia pada kurun waktu 1980–2013 cenderung meningkat. Tahun 1980 luas areal kebun sawit Indonesia sebesar 294.56 ribu hektar dan pada tahun 2013 telah mencapai 10.01 juta hektar. Pertumbuhan rata-rata selama periode tersebut sebesar 11.51% per tahun. Berdasarkan status pengusahaannya, perkebunan kelapa sawit dibedakan menjadi perkebunan rakyat (PR), perkebunan besar negara (PBN), dan perkebunan besar swasta (PBS). Perkebunan besar swasta (PBS) menguasai 50.08% luas areal kelapa sawit Indonesia, PR 36.71%, sedangkan PBN hanya 13.20% (Pusdatin Kementan 2014). Perkembangan luas areal karet di Indonesia menunjukkan peningkatan sejak tahun 1980-2012. Selama periode 1980-1997 luas areal karet mengalami peningkatan dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 2.25 % per tahun. Selama periode 1998 – 2011 terjadi pertumbuhan luas areal karet di Indonesia yang sangat kecil, hanya sebesar 0.04 % per tahun. Secara umum pada periode 1980 – 2012, luas areal karet masih menunjukkan peningkatan sebesar 1.22 % per tahun, yaitu dari 2.38 juta ha pada tahun 1980 menjadi 3.48 juta ha pada tahun 2012 (Pusdatin Kementan 2013). Ekspansi perkebunan sawit di Indonesia sebesar 56% terjadi dengan mengorbankan hutan primer, sekunder dan hutan tanaman, dan sebesar 44% terjadi di lahan pertanian (Koh dan Wilcove 2009).

Provinsi Jambi adalah salah satu provinsi dengan luas transformasi hutan tropis yang terbesar di Indonesia. Sistem transformasi yang paling penting di Jambi adalah dari hutan menjadi perkebunan karet dan sawit. Pengembangan perkebunan sawit dengan mengkonversi hutan telah menimbulkan banyak polemik. Pengembangan perkebunan sawit menimbulkan ancaman yang signifikan terhadap ekosistem, biodiversitas dan iklim global (Koh *et al.* 2009). Namun demikian dampak transformasi hutan terhadap fungsi ekologis sejauh ini masih sedikit

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

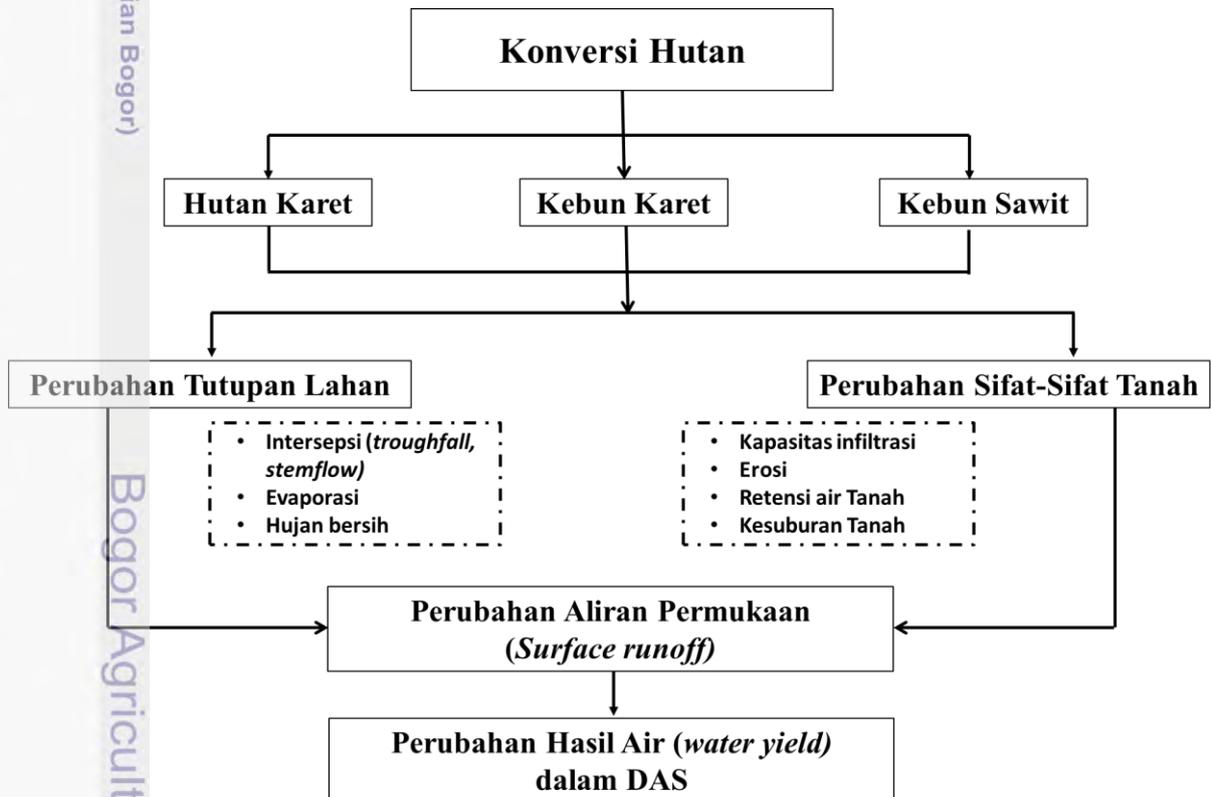
2. Dilarang mengumarkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

mendapat perhatian dalam penelitian ilmiah. Pemahaman dampak transformasi hutan terhadap fungsi ekologis bisa bermanfaat dalam menentukan strategi pengelolaan sumberdaya lahan.

Perumusan Masalah

Salah satu fungsi utama hutan yang berubah akibat dikonversi menjadi tutupan atau penggunaan lain adalah fungsi hidrologisnya. Hutan mempunyai fungsi hidrologi yang penting, utamanya dalam mendistribusikan besaran curah hujan yang jatuh di atasnya hingga ke permukaan tanah (Bruijnzeel 2004). Curah hujan yang sampai di tajuk pohon ditahan tajuk tersebut, dan diantaranya menjadi tetesan air hujan secara langsung menerobos celah-celah antara daun-daun dan ranting-ranting, dan akhirnya sampai ke permukaan tanah sebagai *throughfall* dan sebagian mengalir melalui batang sebagai *stemflow*, sisanya yang tidak sampai di permukaan tanah disebut dengan intersepsi (Xiao dan McPherson 2002). Air hujan yang sampai di permukaan tanah melalui *throughfall* dan *stemflow* sebagian diinfiltrasikan ke dalam tanah (Robinson *et al.* 2012) dan sebagian menjadi aliran permukaan (Trabucco *et al.* 2008).

Transformasi hutan menyebabkan perubahan karakteristik tajuk dan tegakannya sehingga terjadi perubahan distribusi air ke permukaan tanah. Bentuk dan intensitas transformasi yang berbeda mengakibatkan terjadinya variabilitas distribusi air ke permukaan tanah. Transformasi hutan juga mengakibatkan perubahan pada struktur tanah yang mempengaruhi sifat hidraulik tanah (Schwen *et al.* 2011) dan sifat-sifat kimia atau hara tanah yang bervariasi menurut penggunaan lahan (Hu *et al.* 2009). Kerangka teoritis transformasi hutan menjadi hutan karet, kebun karet dan kebun sawit disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Kerangka teoritis penelitian

Transformasi hutan menimbulkan masalah sumber daya air terutama di daerah pengembangan kebun sawit. Informasi yang berkembang di masyarakat adalah bahwa tanaman sawit menggunakan air (evapotranspirasi) yang lebih tinggi dibandingkan dengan hutan. Hasil penelitian Niu *et al.* (2015) menunjukkan bahwa laju transpirasi pada tanaman sawit umur 12 tahun di Jambi adalah sebesar 1,1 mm/hari dan dengan evapotranspirasi yang dihitung dengan metode Penman-Monteith sebesar 2,6 mm/hari. Laju transpirasi sawit tersebut lebih rendah dari laju transpirasi pada sistem penggunaan lahan lainnya di wilayah tropika yaitu sebesar 1.33 mm/hari (40 mm/bulan) pada tanaman dipterokarpa (Becker 1996), sebesar 1.62 mm/hari (591 mm/tahun) pada hutan pegunungan tropis (McJannet *et al.* 2007), sebesar 3.9 mm/ hari pada tegakan *Acacia mangium* padat dan 2.7 mm/hari pada tegakan yang lebih jarang (Cienciala *et al.* 2000) dan sebesar 0.6 – 2.5 mm/hari pada hutan reforestasi di Philipina (Dierick dan Hölscher 2009), demikian juga (Comte *et al.* (2012)) yang mengemukakan bahwa tingkat evapotranspirasi antara kebun sawit dewasa dibandingkan dengan hutan tropis adalah serupa. Carr (2011) mengemukakan bahwa tidak mudah untuk mengukur penggunaan air aktual dari tanaman sawit, perkiraan terbaik untuk tanaman sawit yang sudah dewasa besarnya laju evapotranspirasinya sekitar 4 – 5 mm per hari (setara dengan 280 – 350 liter per tanaman per hari).

Peneliti lain mengungkapkan bahwa keberadaan hutan dapat meningkatkan evapotranspirasi sehingga menurunkan aliran permukaan/*run off* (Bruijnzeel 2004; Siriwardena *et al.* 2006; Trabucco *et al.* 2008), sebaliknya penebangan meningkatkan hasil air (Lin dan Wei 2008). Transformasi dari hutan menjadi kebun karet juga dilaporkan menghilangkan simpanan air tanah dari lapisan *sub surface* selama musim kemarau, dan meningkatkan kehilangan air melalui proses evapotranspirasi sehingga menurunkan debit (Guardiola-Claramonte *et al.* 2010). Distribusi hujan menjadi aliran permukaan dalam suatu tutupan lahan salah satunya ditentukan oleh besaran intersepsinya.

Intersepsi oleh tajuk vegetasi adalah komponen utama dalam proses hidrologi dan kesetimbangan air di hutan (Bryant *et al.* 2005; Rahmani *et al.* 2011) dan dalam daerah aliran sungai (Nanko *et al.* 2006), sehingga transformasi hutan menjadi penggunaan lain merubah intersepsi dari tegakan tersebut. Perbedaan karakteristik tegakan dan tajuk menyebabkan intersepsi mempunyai variabilitas spasial yang sangat tinggi dan kerumitan dalam pengukurannya (He *et al.* 2014). Variabilitas intersepsi disebabkan oleh bervariasinya *throughfall* dan *stemflow* yang terjadi baik didalam spesies (Levia *et al.* 2010), komunitas vegetasi (Carlyle-Moses *et al.* 2004; Bryant *et al.* 2005; Germer *et al.* 2006; Ziegler *et al.* 2009; Bäse *et al.* 2012) maupun antar wilayah (Komatsu *et al.* 2008). Hal ini yang menyebabkan beragamnya hasil-hasil penelitian mengenai perubahan tutupan lahan dan kaitannya dengan proporsi hujan yang menjadi aliran permukaan (Andréassian 2004; Cosandey *et al.* 2005).

Proporsi hujan yang sampai di permukaan tanah tidak semuanya menjadi aliran permukaan, sebagian akan diinfiltrasikan ke dalam tanah. Air tanah memainkan peranan yang penting dalam siklus air (Hu *et al.* 2009; Montzka *et al.* 2011) serta mempunyai dampak penting terhadap cuaca dan iklim, fluks energi di permukaan lahan, pertanian dan praktek pengelolaan irigasi, produksi makanan serta pengorganisasian ekosistem alami dan biodiversitas (Montzka *et al.* 2011). Air tanah merupakan peubah penting dalam hubungan antara tanah, atmosfer, dan tanaman, kandungan air tanah juga berperan dalam menentukan indeks kekeringan suatu lokasi (Taufik dan Setiawan 2012). Dinamika hubungan antara air tanah dan tanaman dipengaruhi oleh banyak faktor seperti sifat-sifat tanah, kandungan air tanah, perakaran tanaman dan cuaca/iklim (Denmead dan Shaw 1962). Penelitian tentang hubungan tanah dan tanaman melahirkan beberapa konsep keadaan air tanah bagi tanaman seperti air tersedia dan titik layu permanen yang kemudian dikenal dengan kurva retensi tanah. Kondisi kandungan air dalam tanah bersama-sama dengan sifat hidraulik tanahnya merupakan hal penting dalam mensuplai air bagi tanaman (Cowan 1965). Sifat hidraulik dan transportasi

tanah adalah parameter kunci yang diperlukan untuk pemodelan gerakan air dalam tanah (Wollschläger *et al.* 2009). Sifat-sifat hidraulik tanah menentukan infiltrasi, aliran permukaan, dan transport nutrisi di dalam tanah (Bormann dan Klaassen 2008; Hu *et al.* 2009), dalam beberapa kasus aliran air juga berkaitan erat dengan mekanisme transfer agen kimiawi di dalam tanah yang berpengaruh terhadap kualitas air (Morris dan Mooney 2004). Data karakteristik sifat tanah diperlukan untuk menjelaskan respon hidrologi terhadap suatu kejadian hujan (Descroix *et al.* 2002).

Hasil penelitian yang menunjukkan bahwa kebun sawit mempunyai transpirasi yang sama atau lebih rendah dari hutan dikaitkan dengan fakta di lapangan yang menunjukkan adanya permasalahan sumberdaya air akibat pengembangan perkebunan sawit memunculkan berbagai pertanyaan. Pertanyaan pentingnya adalah jika transpirasi pada kebun sawit sama atau lebih rendah dari hutan, komponen apa dari siklus hidrologi di kebun sawit yang menyebabkan terjadinya masalah kelangkaan air pada musim kering. Komponen siklus hidrologi yang penting di kebun sawit adalah evapotranspirasi, intersepsi, *stemflow*, *throughfall*, aliran permukaan dan aliran dasar. Identifikasi komponen siklus hidrologi pada transformasi hutan menjadi kebun karet dan sawit yang mengakibatkan kelangkaan air pada musim kemarau penting untuk diteliti. Komponen siklus hidrologi yang diduga berubah akibat transformasi hutan menjadi kebun karet dan sawit adalah intersepsi, infiltrasi dan aliran permukaannya. Kondisi status hara akibat transformasi tersebut juga perlu diteliti untuk bisa dijadikan acuan dalam pengelolaan lahan.

Penelitian mengenai dampak hidrologis transformasi hutan hujan dataran rendah menjadi penggunaan hutan karet, kebun karet dan kebun sawit di Pulau Sumatera masih jarang dilakukan. Khususnya perubahan fungsi hidrologi akibat transformasi hutan hujan dataran rendah di Provinsi Jambi belum mendapatkan banyak kajian ilmiah. Mengingat pentingnya informasi terkait transformasi hutan terhadap perubahan fungsi hidrologinya, maka kajian ilmiah transformasi hutan terhadap fungsi ini menjadi penting. Dalam rangka mencapai tujuan tersebut maka perlu dirumuskan beberapa pertanyaan penting dalam penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana dampak transformasi hutan menjadi hutan karet, kebun karet dan kebun sawit terhadap perbedaan intersepsi antar bentuk transformasi dan bagaimana variabilitas spasial intersepsi pada masing-masing bentuk transformasi?
2. Bagaimana dampak transformasi hutan menjadi hutan karet, kebun karet dan kebun sawit terhadap sifat hidraulika tanah?
3. Bagaimana dampak transformasi hutan menjadi hutan karet, kebun karet dan kebun sawit terhadap transformasi hujan menjadi aliran permukaan?
4. Bagaimana dampak transformasi hutan menjadi hutan karet, kebun karet dan kebun sawit terhadap status kesuburan tanah?

Tujuan Penelitian

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi sifat hidrologis transformasi hutan menjadi hutan karet, kebun karet dan kebun sawit. Adapun tujuan khusus penelitian ini adalah :

1. mengidentifikasi perbedaan intersepsi antar bentuk tutupan lahan dan variabilitas intersepsi pada transformasi hutan menjadi hutan karet, kebun karet dan kebun sawit
2. mengidentifikasi sifat hidraulik tanah yang direpresentasikan oleh kurva retensi air tanah dan kurva konduktifitas hidraulik tidak jenuh pada transformasi hutan menjadi hutan karet, kebun karet dan kebun sawit
3. mengidentifikasi transformasi hujan menjadi aliran permukaan pada transformasi hutan menjadi hutan karet, kebun karet dan kebun sawit

4. mengidentifikasi status kesuburan tanah pada transformasi hutan menjadi hutan karet, kebun karet dan kebun sawit

Novelty Penelitian

Transformasi dari hutan menjadi bukan hutan telah menjadi isu utama terkait kelangkaan air. Pada transformasi dari hutan alam menjadi kebun sawit, secara khusus diisukan sebagai akibat tingginya konsumsi air oleh tanaman sawit. Penelitian sebelumnya (Becker 1996; Cienciala *et al.* 2000; McJannet *et al.* 2007; Dierick dan Hölscher 2009; Comte *et al.* 2012; Niu *et al.* 2015) menunjukkan bahwa konsumsi air oleh tanaman sawit tidak lebih tinggi dari hutan. Hasil penelitian yang disajikan pada disertasi ini menunjukkan bahwa terdapat faktor lain yang menyebabkan kelangkaan air akibat transformasi hutan menjadi bukan hutan khususnya menjadi kebun sawit. Penelitian ini memiliki kebaruan berfokus pada kajian tentang respon hidrologi sistem transformasi dari hutan menjadi hutan karet, kebun karet dan kebun sawit berdasarkan teori hidrologi untuk menjawab permasalahan kelangkaan air akibat transformasi hutan menjadi kebun sawit serta menentukan praktek pengelolaan yang mampu mengurangi kelangkaan air pada musim kemarau di areal transformasi hutan khususnya di kebun sawit. Salah satu temuan penting pada penelitian ini bahwa “arsitektur tajuk” yang merupakan kombinasi dari berbagai faktor seperti luas daun, sudut daun, persentase tutupan daun dan bentuk percabangan vegetasi mempengaruhi besarnya air hujan yang sampai ke permukaan tanah. Arsitektur tajuk tanaman sawit yang mempunyai sudut pelepah (*frond angle*) yang tinggi (*curam*) dan mengarah ke batang menyebabkan nilai *stemflow-funnelling ratio* (SFR) tinggi yang pada akhirnya menyebabkan air hujan lebih banyak dialirkan ke tanah melalui aliran batang. Guna mengurangi aliran permukaan, praktek pengelolaan lahan pada perkebunan sawit juga ditemukan pada penelitian ini, yaitu pembuatan rorak, pemanfaatan tumbuhan bawah dan penggunaan mulsa/pelepah sawit.

Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar pertimbangan yang diperlukan dalam kegiatan-kegiatan menuju peningkatan intersepsi dan pengurangan aliran permukaan di hutan tropis :

- a. Bahan pertimbangan dalam kebijakan penentuan alokasi peruntukan penggunaan lahan
- b. Perencanaan pengelolaan lahan yang terbaik
- c. Informasi yang dapat dijadikan sebagai salah satu kriteria dalam perencanaan kegiatan pengurangan kerusakan fungsi hidroorologis akibat transformasi hutan.

Kerangka Pendekatan Penelitian dan Penulisan Disertasi

Kerangka pendekatan penelitian ini disajikan pada Gambar 2. Kerangka pendekatan penelitian ini menggambarkan permasalahan dan variabel-variabel yang diperlukan untuk menjawab tujuan penelitian. Secara garis besar sistematika penyusunan disertasi ini dibagi dalam 8 bagian dengan susunan sebagai berikut:

1 PENDAHULUAN

Berisi latar belakang studi, perumusan masalah, novelty penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian serta kerangka pendekatan penelitian dan sistematika penyusunan disertasi.

2 KONDISI UMUM LOKASI PENELITIAN

Berisi tentang lokasi penelitian, iklim dan curah hujan, tanah dan deskripsi plot penelitian.

3 VARIABILITAS INTERSEPSI HUJAN DI EMPAT BENTUK TRANSFORMASI HUTAN HUJAN TROPIKA DATARAN RENDAH JAMBI

Menguraikan tentang dampak transformasi hutan terhadap variabilitas *stemflow*, *throughfall* dan intersepsi. Variabilitas *stemflow* diuraikan dalam kaitannya dengan hujan dan karakteristik batang maupun tajuknya. Variabilitas intersepsi dan *throughfall* pada masing-masing bentuk transformasi diuraikan dalam kaitannya dengan karakteristik hujan dan karakteristik tajuk seperti *leaf area index* (LAI), *mean leaf angle* (MLA), *canopy cover* (GC), basal area, luas tajuk dan kondisi kondisi batang.

4 SIFAT HIDRAULIKA TANAH PADA EMPAT BENTUK TRANSFORMASI HUTAN HUJAN TROPIKA DATARAN RENDAH JAMBI

Bagian ini menguraikan tentang dampak transformasi hutan hujan tropika dataran rendah terhadap sifat hidraulika tanah pada masing-masing bentuk transformasi (tipe penggunaan lahan).

5 ALIRAN PERMUKAAN PADA EMPAT BENTUK TRANSFORMASI HUTAN HUJAN TROPIKA DATARAN RENDAH JAMBI

Bagian ini menguraikan tentang dampak transformasi hutan hujan tropika dataran rendah terhadap aliran permukaan dan kapasitas infiltrasinya.

6 STATUS KESUBURAN TANAH PADA EMPAT BENTUK TRANSFORMASI HUTAN HUJAN TROPIKA DATARAN RENDAH JAMBI

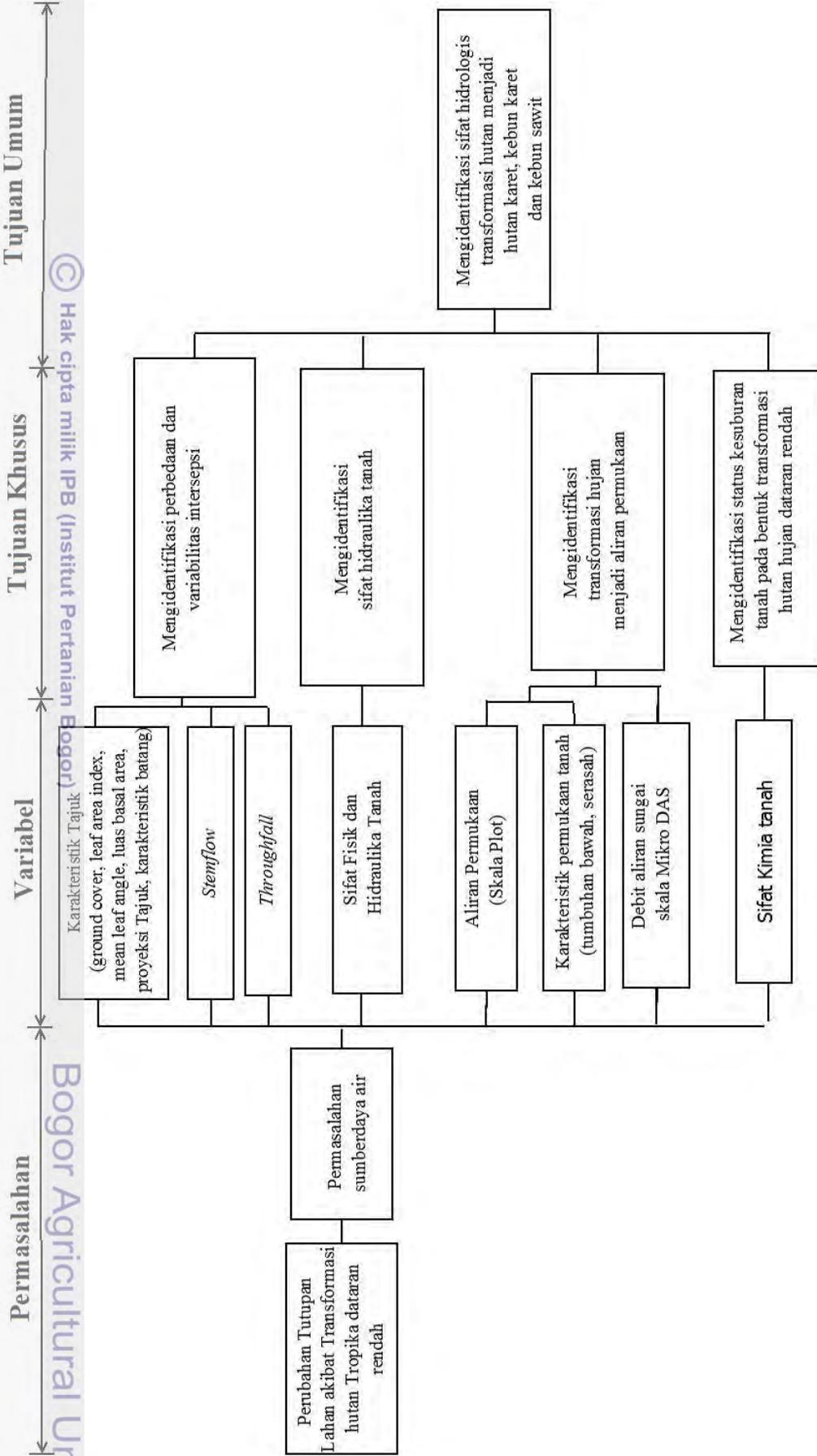
Menguraikan tentang status kesuburan tanah pada masing-masing bentuk transformasi. Status kesuburan tanah dianalisis dari data sifat-sifat tanah yang diambil pada masing-masing bentuk transformasi (tipe penggunaan lahan).

7 PEMBAHASAN UMUM

Bagian ini membahas kaitan antar bagian penelitian akibat transformasi hutan dan penerapan pengelolaan yang terbaik (*best management practices*).

8 SIMPULAN DAN SARAN

Di bab ini menjelaskan simpulan dari analisis yang telah dilakukan dan saran terkait dengan hasil penelitian ini.



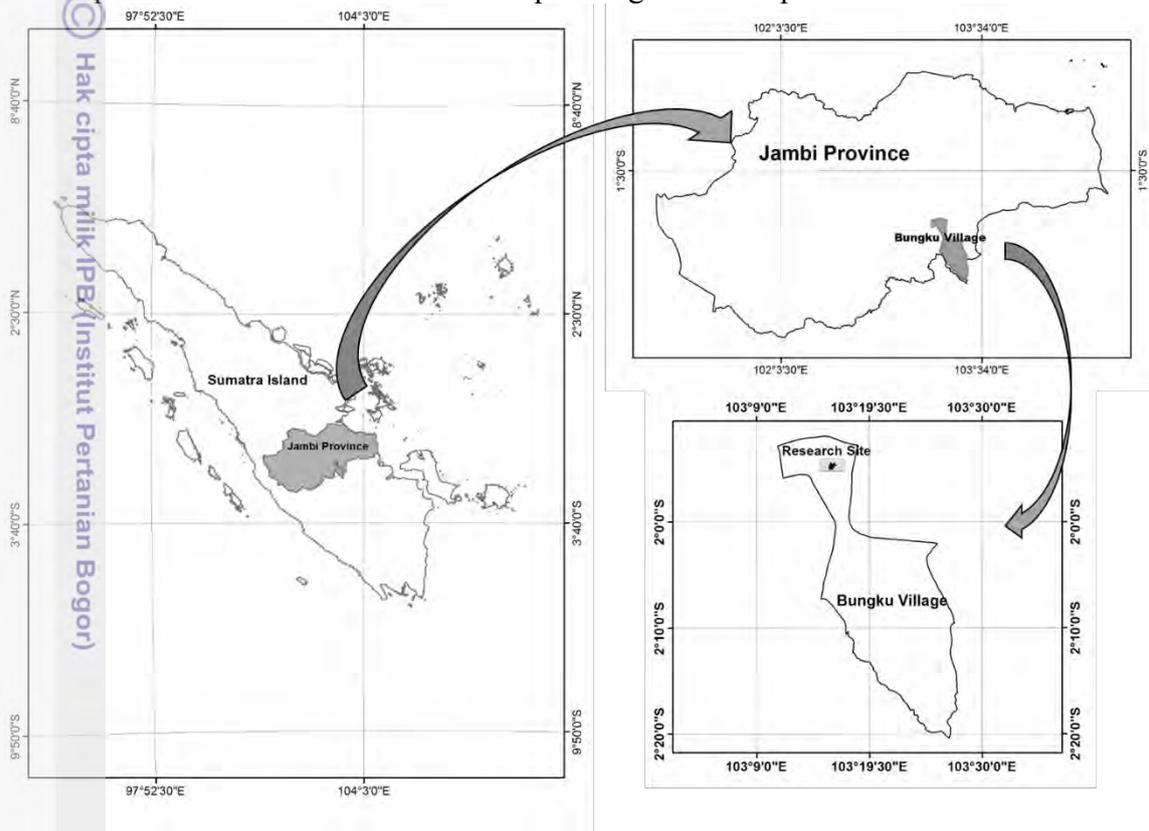
Gambar 2 Kerangka Pendekatan Penelitian

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
- Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 - Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

2 KONDISI UMUM LOKASI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian, secara administratif berada di Desa Bungku, Kecamatan Bajubang Kabupaten Batanghari Provinsi Jambi, dan secara geografis berada pada koordinat $103^{\circ}16'1.2''\text{BT}$ - $103^{\circ}16'19.2''\text{BT}$ dan $1^{\circ}54'28.8''\text{LS}$ - $1^{\circ}54'43.2''\text{LS}$. Lokasi penelitian berada di antara 50 sampai dengan 100 mdpl.



Gambar 3 Lokasi penelitian

Iklm dan Curah Hujan

Iklm di lokasi penelitian dan sekitarnya termasuk dalam iklim tropis. Terdapat curah hujan yang signifikan sepanjang tahun di Muara Bulian Ibukota Kabupaten Batanghari. Bulan terkering masih memiliki banyak curah hujan. Menurut Köppen dan Geiger, iklim di wilayah ini diklasifikasikan sebagai Af. Suhu rata-rata tahunan adalah 26.9°C di Muara Bulian. Dalam setahun, curah hujan rata-rata adalah 2489 mm (Climate-Data.org 2015).

Tipe iklim di lokasi penelitian menurut hasil olahan data periode tahun 2001 – 2012 adalah tipe iklim A atau basah dengan nilai $Q = 0,068$ (berdasarkan sistem klasifikasi iklim menurut Schmidt-Ferguson, 1951). Curah hujan tahunan berkisar antara 2154 mm/tahun (Tahun 2005) sampai 3451 mm/tahun (Tahun 2010), dengan curah hujan rata-rata tahunan 2475 mm (PT. Asiatic Persada 2013). Curah hujan rata-rata bulanan tertinggi terjadi pada bulan April dan terendah pada bulan Juni.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Jumlah hari hujan rata—rata tertinggi pada bulan Januari, Nopember dan Desember, masing-masing mencapai 14 hari. Jumlah hari hujan rata-rata tahunan 128 hari seperti dalam Tabel 1.

Tabel 1 Curah hujan bulanan dan jumlah hari hujan selama periode tahun 2001 – 2012 di lokasi penelitian

Bulan	Curah Hujan Bulanan (mm)	Hari Hujan (hari)
Januari	256	14
Pebruari	197	11
Maret	267	14
April	272	12
Mei	163	8
Juni	115	6
Juli	172	8
Agustus	140	7
September	143	7
Oktober	223	11
Nopember	259	14
Desember	266	14
Jumlah	2475	128
Rata-rata	206.25	10.67

Sumber : PT. Asiatic Persada (2013)

Parameter cuaca lain yakni temperatur, kelembaban nisbi dan kerepatan angin selama periode Tahun 2000 sampai 2010 yang diolah dari data penakar BMG di Bandara Sultan Thaha Jambi disajikan pada Tabel 2. Rataan temperatur antara 26.4 – 27.5°C, kelembaban nisbi berkisar antara 81.8 – 85.2 % dan kecepatan angin berkisar antara 4.0 – 4.7 knot.

Tabel 2 Rataan temperatur, kelembaban nisbi dan kecepatan angin selama periode 2001-2012 yang diukur di Bandara Sultan Thaha Jambi

Bulan	Temperatur rata-rata (°C)	Kelembaban Nisbi (%)	Kecepatan Angin (knot)
Januari	26.4	85.2	4.5
Pebruari	26.7	83.3	4.6
Maret	26.8	83.4	4.0
April	27.1	84.7	4.0
Mei	27.5	84.0	4.3
Juni	27.1	83.4	4.1
Juli	26.7	83.4	4.7
Agustus	26.9	81.8	4.5
September	26.9	82.3	4.2
Oktober	26.9	82.8	4.5
Nopember	26.7	84.6	4.0
Desember	26.4	84.9	4.3

Sumber : PT. Asiatic Persada (2013)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor) Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumarkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Tanah

Berdasarkan peta jenis tanah dan observasi Tim Amdal PT. Asiatic Persada dilaporkan bahwa jenis tanah di lokasi penelitian adalah Podsolik yang sepadan dengan ordo tanah Ultisol. Kesuburan alami tanah Ultisol umumnya terdapat pada horizon A yang tipis dengan kandungan bahan organik yang rendah. Unsur hara makro seperti fosfor dan kalium yang sering kahat, reaksi tanah masam hingga sangat masam, serta kejenuhan aluminium yang tinggi merupakan sifat-sifat tanah Ultisol yang sering menghambat pertumbuhan tanaman (Prasetyo dan Suriadikarta 2006).

Deskripsi Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian secara umum merupakan hamparan yang terdiri dari *patch-patch* penggunaan lahan berupa hutan bekas tebangan, hutan karet (*jungle rubber*), kebun karet dan kebun sawit. Hamparan ini mewakili transformasi hutan alam menjadi hutan bekas tebangan, hutan karet, kebun karet dan kebun sawit. Deskripsi masing-masing tipe tutupan lahan yang dijadikan sebagai tempat penempatan plot penelitian adalah :

1. Hutan bekas tebangan (*logged over area*)

Plot penelitian untuk tutupan lahan hutan merupakan hutan bekas tebangan dari aktifitas HPH yang menurut masyarakat setempat terakhir beroperasi sekitar tahun 1987. Stratifikasi tajuk yang ditemukan di lokasi ini yaitu strata pertama yang terdiri dari pohon dengan tinggi sekitar 25-30 m, dan strata kedua terdiri dari pancang dan tiang dengan tinggi berkisar 10-15 meter. Kerapatan tegakan g jarang dengan jenis pohon yang sedikit. Kondisi permukaan tanah pada lokasi ini ditutupi oleh serasah dengan ketebalan antara 5 sampai 15 cm.



Gambar 4 Kondisi tutupan lahan hutan bekas tebangan

2. Hutan karet (*jungle rubber*)

Plot penelitian hutan karet merupakan tanaman karet yang ditanam masyarakat pada sekitar tahun 1986 dan kemudian dibiarkan tanpa ada pengelolaan. Komposisi tanaman pada hutan karet cukup beragam dan memiliki strata tajuk. Strata tajuk yang ditemukan di lokasi ini adalah strata satu yang terdiri dari tanaman karet dewasa dan pohon seperti *Macaranga sp*, dan strata kedua yang terdiri dari tanaman karet yang lebih muda dan tanaman hutan yang termasuk

kategori pancang dan tiang. Strata kedua pada lokasi penelitian ini lebih dominan dibandingkan dengan strata satu.



Gambar 5 Kondisi tutupan lahan hutan karet

Kebun karet

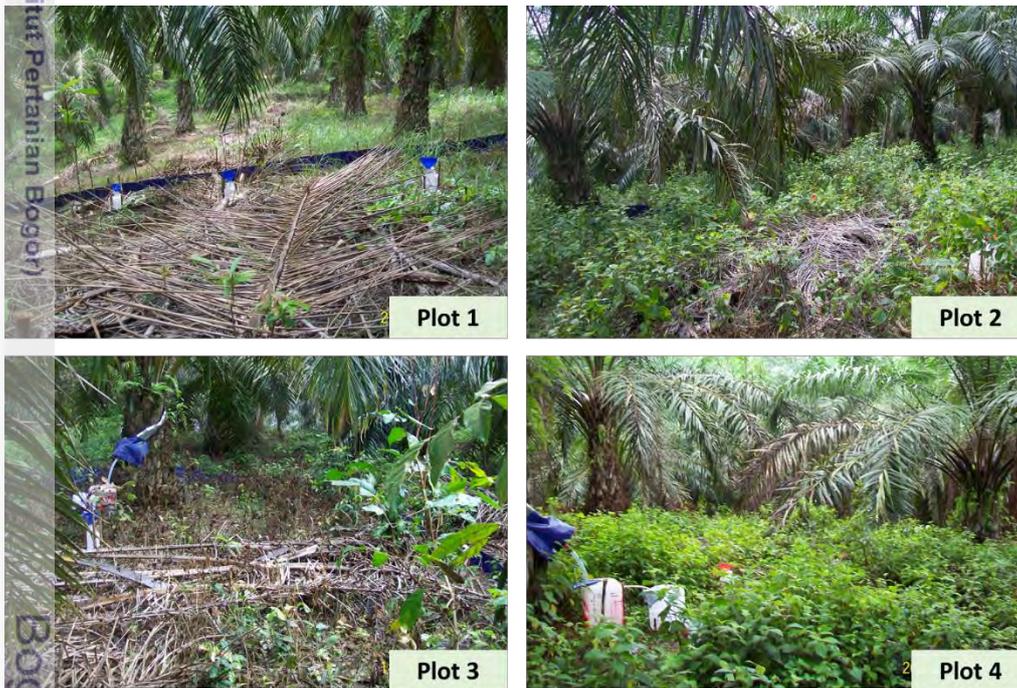
Plot penelitian kebun karet merupakan kebun karet rakyat monokultur yang ditanam tahun 1999. Karet ditanam dengan rata-rata jarak tanaman 6 m x 6 m. Penyadapan dilakukan dengan frekuensi dua hari sekali. Strata tajuk tidak ditemukan karena tinggi tanaman karet hampir sama. Permukaan tanah pada plot 5 tidak intensif dilakukan pembersihan gulma, dan pada plot 8 petani cukup intensif membersihkan gulma sehingga permukaan tanahnya lebih sedikit ditutupi tumbuhan bawah. Jalur panen (*harvest path zone*) mempunyai permukaan tanah yang padat dan tempat ini menjadi jalur aliran permukaan.



Gambar 6 Kondisi tutupan lahan kebun karet

4. Kebun sawit

Plot penelitian kebun sawit yang merupakan kebun sawit rakyat monokultur yang ditanam berumur 14 tahun (plot 1 dan plot 2) serta tanaman yang berumur 8 tahun (plot 3 dan plot 4). Rata-rata jarak tanam pada kebun sawit ini adalah 9 m x 9 m, dengan pertumbuhan tanaman yang tidak seragam. Kondisi ini menghasilkan variabilitas spasial tutupan permukaan tanah yang beragam. Strata tajuk tidak ditemukan di lokasi penelitian ini, meskipun demikian ditemukan tinggi tanaman yang pertumbuhannya tidak seragam. Petani melakukan aktifitas pemanenan dengan frekuensi setiap 2 minggu sekali. Pemupukan tanaman tidak dilakukan secara intensif namun bergantung pada ketersediaan pupuk dipasaran. Hasil wawancara dengan pemilik lahan terungkap bahwa pemupukan dilakukan jika hasil panen sudah mulai menurun dan tersedia pupuk buatan dipasaran, sehingga pemupukan tidak didasarkan pada analisis kebutuhan hara tanaman. Petani melakukan pembersihan gulma (*weeding*) dengan rata-rata interval sekitar 4-5 bulan sekali dengan menggunakan herbisida. Pada penelitian ini khusus untuk plot 2 dan plot 4 selama pengukuran di lapangan tidak dilakukan pembersihan gulma, tumbuhan bawah dibiarkan tumbuh.



Gambar 7 Kondisi tutupan lahan kebun sawit

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

3 VARIABILITAS INTERSEPSI HUJAN DI EMPAT BENTUK TRANSFORMASI HUTAN HUJAN TROPIKA DATARAN RENDAH JAMBI

Pendahuluan

Konversi hutan menjadi penggunaan lahan lainnya telah menjadi isu utama di Indonesia yang mengakibatkan menurunnya luas hutan (Romijn *et al.* 2013), khususnya hutan alam di Pulau Sumatera yang dikonversi menjadi perkebunan sawit (Broich *et al.* 2011) dan kebun karet (Miyamoto 2006). Perkembangan luas areal kebun sawit di Indonesia pada kurun waktu 1980 – 2013 cenderung meningkat. Jika pada tahun 1980 luas areal kebun sawit Indonesia sebesar 294.56 ribu hektar, maka pada tahun 2013 telah mencapai 10.01 juta hektar. Pertumbuhan rata-rata selama periode tersebut sebesar 11.51% per tahun. Berdasarkan status pengusahaannya, perkebunan kelapa sawit dibedakan menjadi perkebunan rakyat (PR), perkebunan besar negara (PBN), dan perkebunan besar swasta (PBS). PBS menguasai 50.08% luas areal kelapa sawit Indonesia, PR 36.71%, sedangkan PBN hanya 13.20% (Pusdatin Kementan 2014). Perkembangan luas areal karet di Indonesia menunjukkan peningkatan sejak tahun 1980 – 2012. Pada periode 1980 – 1997 luas areal karet mengalami peningkatan dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 2.25 % per tahun. Menginjak periode 1998 – 2011 terjadi pertumbuhan luas areal karet di Indonesia yang sangat kecil, hanya sebesar 0.04 % per tahun. Secara umum pada periode 1980 – 2012, luas areal karet masih menunjukkan peningkatan sebesar 2.22 % per tahun, yaitu dari 2.38 juta hektar pada tahun 1980 menjadi 3.48 juta hektar pada tahun 2012 (Pusdatin Kementan 2013)

Salah satu pengaruh dari perubahan tutupan lahan hutan menjadi non hutan dari aspek hidrologi adalah perubahan kesetimbangan air di lahan tersebut (Nieschulze *et al.* 2009; Zhang *et al.* 2012; Dasanto *et al.* 2014). Perubahan tutupan lahan mengakibatkan terjadinya perubahan struktur vegetasi yang berpengaruh pada redistribusi air hujan yang sampai di permukaan tanah (Zimmermann *et al.* 2008). Beragamnya kondisi awal dari ekosistem tersebut sebelum mengalami perubahan (Molina *et al.* 2012) dan besarnya air hujan (Saito *et al.* 2013) mengakibatkan beragamnya hasil-hasil penelitian mengenai perubahan tutupan lahan dalam kaitannya dengan proporsi hujan yang sampai di permukaan tanah menjadi aliran permukaan (Andréassian 2004; Cosandey *et al.* 2005).

Hujan yang jatuh pada vegetasi ditahan oleh tajuk tanaman untuk periode waktu tertentu. Sebagian air ini menguap (intersepsi) dan sebagian lainnya mencapai tanah karena menetes melalui tajuk tanaman (air lolos/*throughfall*) atau mengalir ke bawah melalui batang hingga mencapai dasar tanaman (aliran batang/*stemflow*). Bagian air hujan yang tidak sampai dipermukaan tanah disebut intersepsi yang ditentukan oleh karakteristik tegakan dan karakteristik hujan (Bulcock dan Jewitt 2012; Sadeghi *et al.* 2015). Bagian dari hujan yang sampai di permukaan tanah merupakan penjumlahan dari *throughfall* dan *stemflow* (Germer *et al.* 2010).

Intersepsi mempunyai variasi spasial yang sangat tinggi dan kerumitan dalam pengukurannya (Germer *et al.* 2010; He *et al.* 2014). Variasi ini disebabkan oleh bervariasinya *throughfall* dan *stemflow* yang terjadi baik didalam spesies

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

(Levia *et al.* 2010), komunitas vegetasi (Carlyle-Moses *et al.* 2004; Bryant *et al.* 2005; Germer *et al.* 2006; Ziegler *et al.* 2009; Bäse *et al.* 2012) maupun antar wilayah (Komatsu *et al.* 2008). Distribusi hujan di dalam hutan merupakan fungsi dari banyak faktor seperti karakteristik hujan, kondisi meteorologi, struktur vegetasi dan interaksi dari berbagai faktor ini (Bulcock dan Jewitt 2012; Sadeghi *et al.* 2015). Selain faktor hujan dan meteorologi, intersepsi hujan juga ditentukan oleh karakteristik tajuk. Karakteristik tajuk dapat diwakili oleh banyak parameter seperti luas tajuk, ketebalan tajuk, keterbukaan tajuk, *leaf area index* (LAI), luas daun, sudut daun, dan luas gap. LAI merupakan karakteristik penting dalam kajian jumlah dan sifat-sifat *throughfall* maupun intersepsi. LAI merupakan akumulasi pengaruh dari keterbukaan tajuk, daun dan jumlah cabang (Geißler *et al.* 2013). *Throughfall* merupakan refleksi dari perubahan struktur tajuk sehingga konsekuensinya variabilitas *throughfall* kemungkinan besar dapat diestimasi dengan pengukuran LAI pada setiap plot atau titik pengukuran (Deguchi *et al.* 2006). Pola distribusi air hujan menjadi *troughfall* dan *stemflow* dalam suatu lokasi berpengaruh terhadap besarnya air yang mungkin untuk diinfiltrasikan ke dalam tanah yang bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman (Shachnovich *et al.* 2008).

Penelitian tentang *stemflow* sebelumnya yang sudah dilakukan adalah di hutan pegunungan tropika tentang besaran dan variabilitas *stemflow* antar beberapa spesies pohon (Herwitz 1986), pengaruh batang terhadap *stemflow* (Park dan Cameron 2008), hubungan *stemflow* dengan karakteristik pohon (Uber *et al.* 2014), hubungan antara *stemflow* dengan curah hujan, anteseden periode kering, luas kulit batang dan LAI (Hofhansl *et al.* 2012). Peneliti lain memfokuskan penelitian variabilitas *stemflow* pada jenis tertentu seperti pada *Acacia mangium*, *Ochroma pyramidale*, *Gliricida sepium*, *Guazuma ulmifolia*, *Pachira quanata* di hutan tropica basah dataran rendah Panama (Park dan Cameron 2008), tanaman kakao (Opakunle 1989), tanaman kopi arabika dan *Inga densiflora* (Siles *et al.* 2010). Meskipun penelitian mengenai intersepsi dan parameternya sudah dilakukan selama beberapa dekade, namun hubungannya dengan vegetasi belum sepenuhnya dipahami (Dietz *et al.* 2006; Zimmermann dan Zimmermann 2012). Penelitian mengenai variabilitas *stemflow* pada lanskap transformasi hutan hujan dataran rendah yang diwakili oleh kebun sawit monokultur, kebun karet monokultur, jungle rubber dan hutan bekas tebangan belum banyak dilakukan.

Throughfall dan *stemflow* adalah komponen utama dalam menentukan besarnya intersepsi, namun dalam analisis sering kali *stemflow* diabaikan karena persentase terhadap curah hujan yang kecil. Variabilitas intersepsi dapat diketahui dengan melakukan pengukuran variabilitas *throughfall* dan *stemflow*. Hubungan antara intersepsi terhadap karakteristik tajuk pada empat bentuk transformasi hutan hujan dataran rendah belum banyak diketahui.

Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi perbedaan intersepsi antar bentuk tutupan lahan dan variabilitas intersepsi pada transformasi hutan menjadi hutan karet, kebun karet dan kebun sawit. Variabilitas intersepsi diamati berdasarkan variabilitas parameter yang menentukan besarnya intersepsi yaitu *stemflow* dan *throughfall*. Variabilitas *stemflow* diamati dalam kaitannya dengan karakteristik batang dan tajuk tanaman serta hubungannya dengan hujan. Variabilitas *throughfall* dan intersepsi diamati dalam hubungannya dengan karakteristik tajuk yang diwakili oleh tutupan tajuk (*canopy cover/GC*), Indeks luas

daun (*leaf area index/LAI*) dan rata-rata sudut kemiringan daun (*mean leaf angle/MLA*), serta hubungannya dengan hujan.

Metode Penelitian

Deskripsi lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan di 4 (empat) bentuk transformasi hutan yaitu tipe tutupan hutan bekas tebangan, hutan karet, kebun karet dan kebun sawit. Keempat bentuk transformasi hutan tersebut dipilih untuk mewakili kondisi transformasi dari hutan tropika dataran rendah yang mengalami perubahan menjadi hutan karet, kebun karet dan kebun sawit. Lokasi penelitian berada di Desa Bungku, Kecamatan Bajubang Kabupaten Batanghari Provinsi Jambi yang secara geografis berada pada koordinat 103°16'1,2"BT - 103°16'19,2"BT dan 1°54'28,8"LS - 1°54'43,2"LS. Lokasi penelitian berada pada ketinggian antara 50 sampai dengan 100 mdpl.

Plot penelitian untuk bentuk transformasi hutan merupakan hutan bekas tebangan. Plot penelitian hutan karet merupakan tanaman karet yang ditanam masyarakat pada sekitar tahun 1986 dan kemudian dibiarkan tanpa ada pengelolaan sehingga menghasilkan struktur tegakan yang menyerupai hutan dengan tanaman karet yang dikelola masyarakat. Plot penelitian kebun karet merupakan kebun karet rakyat yang ditanam tahun 1999 dan dilakukan penyadapan yang intensif dengan frekuensi dua hari sekali, dan untuk plot penelitian kebun sawit merupakan kebun sawit rakyat yang ditanam tahun 1999 (umur 14 tahun) dan ditanam tahun 2005 (umur 8 tahun). Lokasi penelitian ini secara umum merupakan *patch-patch* tutupan lahan yang sudah terfragmentasi hasil transformasi hutan menjadi kebun karet dan sawit. Curah hujan tahunan di lokasi penelitian yang diukur antara tahun 2001 sampai 2012 di kebun sawit PT. Asiatic persada yang berjarak sekitar 20 km dari lokasi penelitian diperoleh rata-rata curah hujan tahunan sebesar 2475 mm/tahun dengan curah hujan tahunan terendah sebesar 2154 mm dan yang tertinggi sebesar 3451 mm, dengan rata-rata hari hujan tahunan adalah sebanyak 128 hari hujan (PT. Asiatic Persada 2013).

Pengambilan data

Pengukuran curah hujan dilakukan setiap hari dengan menggunakan penakar hujan tipe ombrometer yang mempunyai luas penampang 154 cm². Penakar hujan ditempatkan pada areal terbuka yang tidak terhalang oleh benda/bangunan dan satu penakar hujan ditempatkan di atas tajuk sawit dengan ketinggian 6 meter di atas permukaan tanah. Data curah hujan dari ketiga lokasi penakar hujan tersebut kemudian dirata-ratakan. Curah hujan harian minimal yang digunakan dalam analisis adalah kedalaman 0.5 mm, dan jika hujan kurang dari 0.5 mm maka data hujan diabaikan dan tidak dimasukkan dalam analisis data. Konversi volume hujan terukur menjadi kedalaman hujan ekuivalen dilakukan dengan menggunakan persamaan :

$$P = (Pv/154)*10 \dots\dots\dots (1)$$

Dimana : P = kedalaman hujan ekuivalen (mm)

Pv = volume hujan yang tertampung dalam penakar (ml)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Pengukuran *throughfall* dan *stemflow* dilakukan selama 5 bulan mulai bulan November 2012 sampai Maret 2013. Pengukuran *stemflow* dilakukan terhadap 4 tanaman di kebun sawit yaitu OP1, OP2, OP3 dan OP4 (*Elaeis guineensis* Jacq), 6 pohon di kebun karet yaitu R1, R2, R3, R4 dan R5 (*Hevea brasiliensis*) dan R6 (*Archidendron pauciflorum*), 2 pohon di hutan karet/*jungle rubber* yaitu JR1 (*Hevea brasiliensis*) dan JR2 (*Macaranga* sp) dan 2 pohon di hutan yaitu F1 dan F2 (*Litsea* sp). Pengukuran *stemflow* dilakukan setiap hari hujan. Alat untuk mengukur *stemflow* pada batang sawit adalah dengan menggunakan seng yang dimasukkan kedalam pelepah sawit dan diberi ter/silikon untuk mencegah kebocoran. Setelah seng terpasang dengan baik pada batang sawit maka pada bagian bawahnya dihubungkan dengan jerigen penampung. Jerigen penampung dibuat dengan metode multi-slot divider dimana jerigen pertama diberi lubang sebanyak 11 lubang dan salah satunya dihubungkan dengan jerigen kedua sehingga total daya tampungnya mencapai 288 liter. Pengukuran *stemflow* pada pohon contoh di hutan, karet hutan dan kebun karet dilakukan dengan cara menempelkan selang plastik sudah dibelah yang dililitkan ke batang dan kemudian dipakai agar bisa menempel. Selang yang sudah ditempelkan tersebut kemudian diberi silikon agar halus tempelannya dan mencegah kebocoran. Selanjutnya pada bagian bawah selang dihubungkan dengan jerigen penampung. Pemasangan alat pengukuran *stemflow* seperti yang disajikan Gambar 8.

Penakar *throughfall* bentuknya sama dengan penakar curah hujan sehingga konversi dari volume menjadi kedalaman *throughfall* menggunakan persamaan yang sama (Persamaan 1). Penempatan penakar *throughfall* dilakukan seperti yang disajikan Gambar 9. Penempatan penakar *throughfall* di lahan kebun karet dan kebun sawit dibuat mengikuti jarak tertentu dari batangnya sesuai dengan jarak tanam yang dibuat oleh petani. Jarak tanam pada kebun sawit adalah 9 m x 9 m, dan pada kebun karet jarak tanamnya adalah 6 m x 6 m. Pada tanaman sawit penempatan penakar *throughfall* mengikuti jarak dari batang sawit yaitu 1 m, 2 m, 3 m, 4 m dan 4,5 m. Pada tanaman karet penempatan penakar *throughfall* mengikuti jarak dari batang 1 m, 2 m dan 3 m. Penempatan penakar *throughfall* pada tutupan lahan hutan karet (*jungle rubber*) dan hutan tidak mengikuti jarak tertentu dari batang karena jarak antar tanaman tidak teratur. Total penakar *throughfall* yang dipasang adalah sebanyak 68 penakar dengan jumlah yang dipasang di hutan sebanyak 6 penakar, hutan karet 6 penakar, kebun karet 24 penakar dan di kebun sawit sebanyak 32 penakar. Struktur tegakan dari masing-masing bentuk transformasi diukur secara langsung di lapangan seperti basal area dan kerapatan pohon, maupun secara tidak langsung dengan menggunakan kamera hemispherical tipe Nikon Coolpix 4500 7.88–32 mm. Data LAI, MLA dan GC diperoleh dengan mengolah foto yang dihasilkan kamera hemispherical tersebut dengan perangkat lunak Hemiview.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 8 Pemasangan alat ukur besaran volume *stemflow*



Gambar 9 Penempatan penakar *throughfall* padautupan lahan (a) hutan bekas tebangan, (b) hutan karet, (c) kebun karet dan (d) kebun sawit

Persamaan yang digunakan untuk menghitung besarnya intersepsi pada masing-masing bentuk transformasi mengikuti persamaan (Crockford dan Richardson 2000) :

$$I = P - TF - SF \dots\dots\dots(2)$$

Dimana I adalah intersepsi, P adalah hujan, TF adalah *throughfall* dan SF adalah *stemflow*. Sebelum perhitungan dilakukan semua hasil pengukuran di lapangan dikonversi menjadi kedalaman hujan ekuivalen terlebih dahulu.

Penghitungan parameter *stemflow* dilakukan dengan menggunakan beberapa persamaan berikut:

(1) Hasil *stemflow* (*stemflow yield/Sy*), yaitu volume *stemflow* yang tertampung dalam jerigen penampung dalam satuan liter (Germer *et al.* 2010).

(2) Kedalaman *stemflow* (*stemflow depth/Sd*), didefinisikan sebagai *stemflow* per luas kolektor (mm). Luas kolektor dalam perhitungan *stemflow* berhubungan dengan luas tajuk atau basal area, kedalaman *stemflow* (Germer *et al.* 2010) diformulasikan dengan persamaan (3) :

$$Sdcr = Sy/A \dots\dots\dots(3)$$

dimana :

- Sdcr : kedalaman *stemflow* ekuivalen (mm)
- Sy : volume *stemflow* yang tertampung (liter)
- A : Luas proyeksi tajuk (m²) atau basal area (m²)

Dalam penelitian ini kedalaman *stemflow* yang digunakan adalah persamaan yang berbasis luas proyeksi tajuk.

- (3) Laju *stemflow* (*stemflow rate* /*Sr*).

Laju *stemflow* menunjukkan volume air yang sampai permukaan tanah melalui *stemflow* per mm hujan. Laju *stemflow* dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Germer *et al.* 2010) :

$$Sr = Sy/R, \dots\dots\dots(4)$$

dimana

Sr : Laju *stemflow* (liter / mm)

Sy : Volume hasil *stemflow* (liter)

R : kedalaman hujan (mm).

- (4) Nisbah Pengaliran ke batang (*stemflow funnelling ratio*/SFR)

Nisbah Pengaliran ke batang menurut (Herwitz 1986) didefinisikan sebagai *stemflow* per luas kolektor yang dinormalisasi menggunakan kedalaman hujan (tanpa satuan). Sehingga besarnya dihitung dengan persamaan (5) berikut :

$$SFR = Sy / (R*B) \dots\dots\dots(5)$$

dimana :

SFR : *stemflow funnelling ratio*

Sy : volume *stemflow* (Liter)

R : kedalaman hujan (mm)

B : basal area batang (m²)

SFR dihitung sebagai hasil total *stemflow* yang dinormalisasi dengan kedalaman hujan selama periode penelitian dan kemudian dibagi dengan basal area. *Stemflow funnelling ratio* (SFR) menunjukkan perbandingan antara volume curah hujan yang dialirkan ke pangkal batang tanaman atau pohon dengan volume yang ditangkap oleh penakar hujan yang memiliki diameter sama dengan diameter batang yang ditempatkan pada areal terbuka. SFR mengukur dampak dari vegetasi terhadap redistribusi hujan dan akumulasi spesifiknya (Garcia-Estringana *et al.* 2010). Rasio tersebut digunakan untuk membandingkan *stemflow* dari jenis tanaman yang berbeda maupun individu pohon dari jenis yang sama.

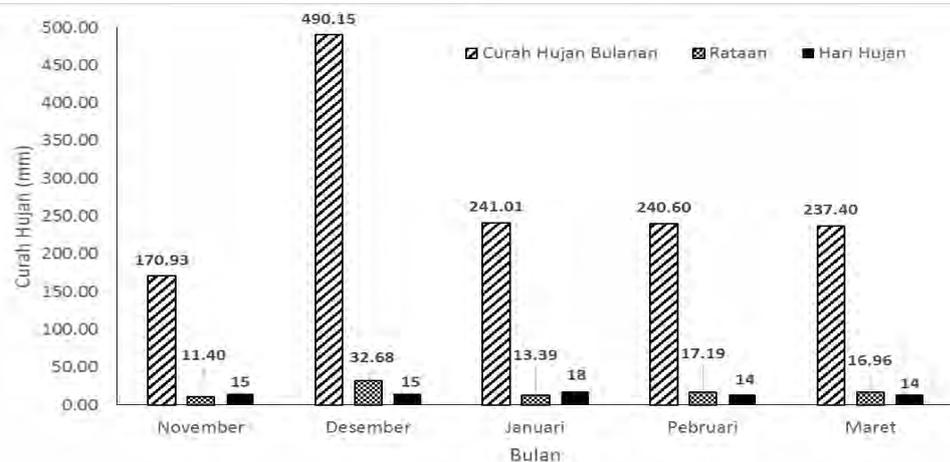
Analisis Data

Analisis data dilakukan secara deskriptif dengan memperhatikan hasil pengukuran di lapangan. Analisis statistik deskriptif dilakukan untuk melihat rata-rata, standar deviasi dan *coefficient of variance* (CV) dari setiap parameter *stemflow* yang dianalisis. Uji t berpasangan dilakukan untuk melihat perbedaan dari masing-masing parameter *stemflow*. Hubungan antara kedalaman *stemflow* dan kedalaman hujan dianalisis dengan membuat persamaan regresi dimana kedalaman *stemflow* menjadi peubah bebas dan kedalaman hujan menjadi peubah tidak bebasnya. Hubungan antara *throughfall* dan intersepsi dengan curah hujan dan karakteristik tajuk dianalisis dengan analisis uji korelasi. Analisis regresi terhadap parameter yang mempunyai korelasi tinggi dengan *throughfall* dan intersepsi untuk mendapatkan model penduga besarnya *throughfall* dan intersepsi.

Hasil dan Pembahasan

Curah Hujan

Hasil pengukuran curah hujan di lokasi penelitian selama 5 bulan mulai bulan Nopember 2012 sampai Maret 2013 diperoleh total curah hujan sebesar 1380.10 mm dengan hari hujan sebanyak 76 hari hujan. Hujan harian terendah yang tercatat adalah sebesar 0.56 mm dan yang tertinggi adalah 78.69 mm. Rataan hujan harian setiap hari hujannya adalah sebesar 18.16 ± 21.36 mm. Distribusi curah hujan bulanan, rata-rata curah hujan harian pada masing-masing bulan, dan jumlah hari hujan disajikan pada Gambar 10.



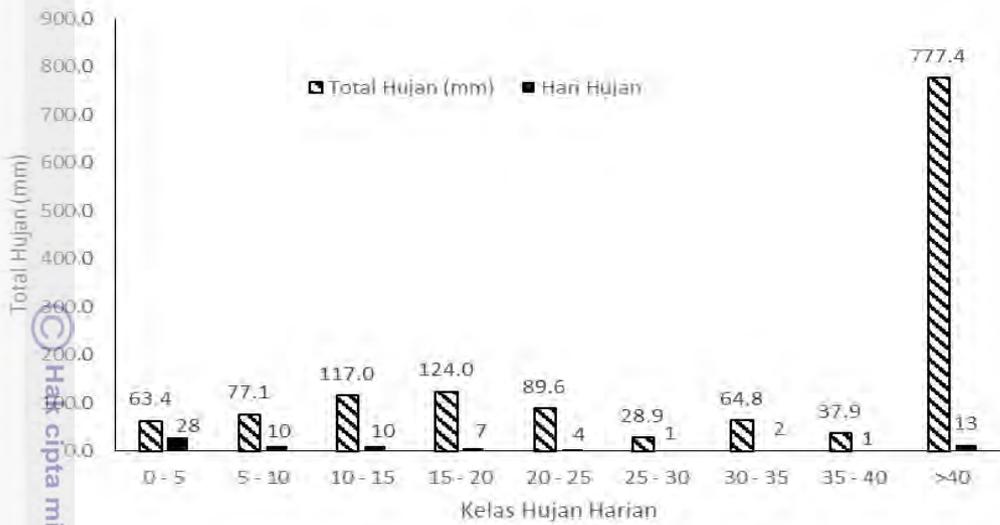
Gambar 10 Distribusi curah hujan bulanan, rata-rata hujan harian dan jumlah hari hujan dari masing-masing bulan selama periode penelitian

Distribusi hujan bulanan tertinggi terjadi pada bulan Desember 2012 yang mencapai 490.15 mm dengan hari hujan sebanyak 15 hari. Curah hujan bulanan terendah terjadi pada bulan November 2012 yang mencapai 170.93 mm dengan hari hujan sebanyak 15 hari. Curah hujan bulanan Januari sampai Maret 2013 relatif sama yaitu berkisar antara 237.40 mm sampai 241.01 mm. Hari hujan terbanyak terjadi pada bulan Januari 2013 yaitu sebanyak 18 hari hujan.

Distribusi hujan harian selama penelitian terkonsentrasi pada curah hujan dibawah 15 mm per hari yang mencapai 48 hari hujan, dengan jumlah kedalaman hujan sebesar 257.5 mm. Jumlah kedalaman hujan harian terbesar adalah pada hujan harian diatas 30 mm yang mencapai 880.1 mm dengan hari hujan sebanyak 16 hari hujan. Gambar 11 menunjukkan bahwa terdapat curah hujan harian dengan intensitas yang besar yang mengakibatkan data hujan menyebar tidak merata dan standar deviasi hujan hariannya menjadi sangat besar.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 11 Distribusi kelas hujan dan hari hujan dari masing masing kelas hujan

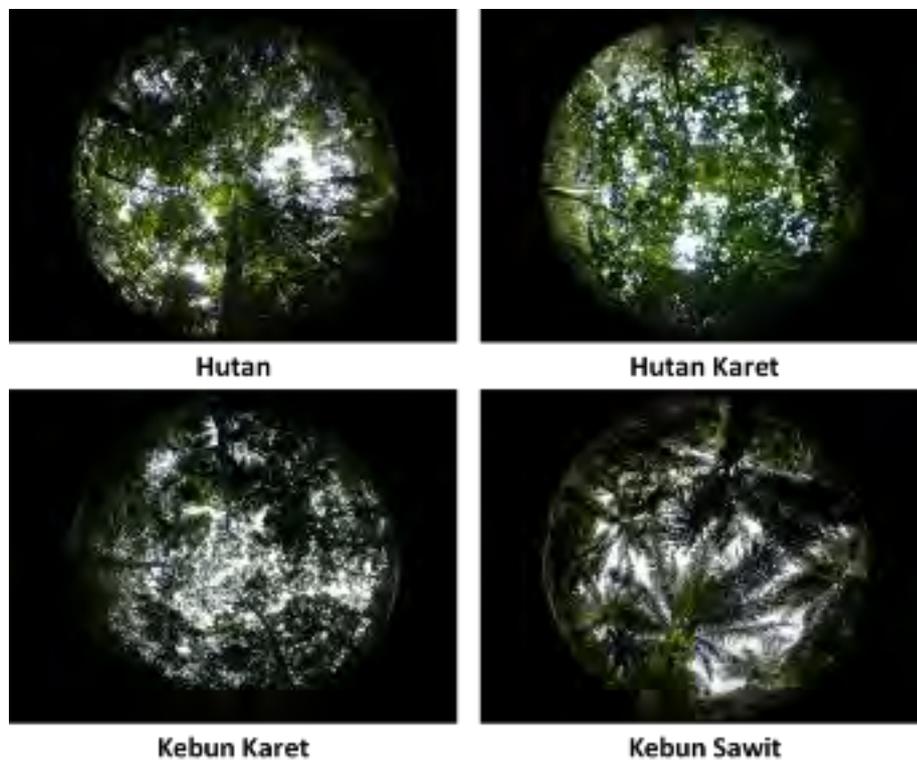
Karakteristik Tanaman

Karakteristik individu tanaman yang diukur berupa Jenis, diameter batang, luas basal area, luasan proyeksi tajuk, kondisi batang dan kondisi kulit batang disajikan pada Tabel 3. Diameter tanaman yang diukur berkisar antara 16.2 cm sampai 82.8 cm, dengan kisaran basal area per individu tanaman antara 206.0 cm² sampai 5382.2 cm². Luas proyeksi tajuk berkisar antara 23.61 m² sampai 98.47 m². Kondisi batang juga beragam mulai dari lurus, agak miring dan bengkok, dengan kondisi kulit batang halus sampai kasar. Pohon F1, R4 dan JR1 adalah yang memiliki basal area terluas dari jenis pohon sedangkan pohon lainnya mempunyai basal areanya lebih rendah lagi. Luas proyeksi tajuk yang terbesar adalah tanaman sawit OP4 yaitu seluas 98.47 m² sedangkan yang terkecil adalah tanaman karet R5 pada bentuk transformasi hutan karet dengan luas tajuk 20.36 m².

Hasil pemotretan tajuk masing-masing bentuk transformasi dengan kamera hemispherical disajikan pada Gambar 12. Hasil perhitungan parameter struktur tegakan dari masing-masing bentuk transformasi disajikan pada Tabel 4.

Tabel 3 Karakteristik tanaman yang diukur *stemflow*

Tutupan Lahan	Kode	Jenis	Dbh (cm)	Basal Area (cm ²)	Luas Proyeksi Tajuk (m ²)	Kondisi Batang	Kondisi Kulit Batang
Hutan	F1	<i>Litsea</i> sp	41.4	1346	23.6	Lurus	Halus
	F2	<i>Litsea</i> sp	25.5	510	28.5	Lurus	Halus
Hutan Karet	JR1	<i>Hevea braziliensis</i>	30.3	721	20.4	Agak miring	Agak kasar
	JR2	<i>Macaranga</i> sp	20.7	336	36.9	Bengkok	halus
Kebun Karet	R1	<i>Hevea braziliensis</i>	25.8	523	36.5	Miring	Kasar
	R2	<i>Hevea braziliensis</i>	24.8	483	57.2	Lurus	Agak kasar
	R3	<i>Hevea braziliensis</i>	26.4	547	38.2	Bengkok	kasar
	R4	<i>Hevea braziliensis</i>	36.0	1017	78.1	Lurus	Agak kasar
	R5	<i>Hevea braziliensis</i>	16.2	206	24.3	Agak miring	kasar
	R6	<i>Archidendron pauciflorum</i>	23.9	448	56.9	Bengkok	halus
Kebun Sawit	OP1	<i>Elaeis guineensis</i> Jacq	68.5	3680	84.6	Lurus	Kasar
	OP2	<i>Elaeis guineensis</i> Jacq	66.9	3511	71.7	Lurus	Kasar
	OP3	<i>Elaeis guineensis</i> Jacq	65.3	3346	77.7	Lurus	Kasar
	OP4	<i>Elaeis guineensis</i> Jacq	82.8	5382	98.5	Lurus	Kasar



Gambar 12 Foto tutupan tajuk hasil pemotretan dengan kamera hemispherical

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Tabel 4 Rataan struktur tegakan masing-masing tutupan lahan

Tutupan Lahan	LAI (m ² /m ²)	CV (%)	GC (%)	CV (%)	(MLA) derajat	CV (%)	BA (m ² /ha)	CV (%)
Hutan	1.69 ± 0.09	5.33	81.31 ± 2.11	2.60	2.31 ± 4.08	176.62	22.94 ± 1.23	5.36
Hutan Karet	1.65 ± 0.22	13.33	73.34 ± 13.50	18.41	18.91 ± 23.10	122.16	14.73 ± 1.23	8.35
Kebun Karet	1.45 ± 0.11	7.59	72.27 ± 8.31	11.50	12.88 ± 18.42	143.01	16.73 ± 0.52	3.11
Kebun Sawit	1.49 ± 0.13	8.72	68.38 ± 6.41	9.37	27.98 ± 19.78	70.69	62.06 ± 1.58	2.55

Keterangan : LAI = leaf area index, GC = canopy cover, MLA = mean leaf Angle, BA = basal area, CV = coefficient of variance

Hasil penelitian menunjukkan bahwa LAI dari yang terkecil sampai dengan yang terbesar secara berturut turut adalah pada kebun karet, kebun sawit, hutan karet dan hutan. Tutupan tajuk (*canopy cover*) dari yang terkecil sampai dengan yang terbesar secara berturut turut adalah kebun sawit, kebun karet, hutan karet dan hutan. Penutupan tajuk pada kebun sawit sekitar 68.38% dan pada tutupan lahan hutan dapat mencapai 81.31%. Kebun sawit monokultur mempunyai gap/celah tajuk yang lebih besar dibandingkan dengan tutupan lainnya. Hutan mempunyai *canopy cover* yang paling tinggi atau paling rapat tutupan tajuknya. Tutupan lahan hutan karet, kebun karet dan kebun sawit mempunyai variabilitas *canopy cover* yang lebih tinggi dibandingkan dengan hutan.

Besarnya MLA dari yang terkecil sampai dengan yang terbesar secara berturut turut adalah hutan, kebun karet, hutan karet dan yang paling besar adalah kebun sawit. Semakin besar rata-rata sudut daunnya maka potensi untuk mengalirkan air ke arah bawah menuju tanah melalui mekanisme *canopy drip* menjadi semakin besar. Bentuk dari pelepah dan daun sawit yang melengkung menyebabkan MLA pada sawit tinggi. MLA bervariasi antar titik pengukuran yang ditunjukkan oleh standar deviasi dan nilai *coefficient of variance* (CV) hasil pengukuran yang besar. Peiffer *et al.* (2014) mengemukakan bahwa sudut daun dapat sangat bervariasi dalam suatu tanaman.

Dimensi pelepah sawit juga menunjukkan adanya variasi (Tabel 5), dimana variasi dimensi pelepah yang diukur ditemukan pada tanaman umur 8 tahun maupun tanaman umur 14 tahun. Variasi pada pelepah terdapat pada panjang bagian pelepah yang tidak berdaun, bagian pelepah yang mulai berdaun, panjang titik lengkung pelepah dari batang dan total panjang pelepah. Rataan panjang pelepah pada umur 8 tahun sekitar 543.9 ± 52.7 cm dan pada umur 14 tahun sekitar 662.9 ± 30.5 cm, rata-rata panjang pelepah mulai melengkung pada umur 8 tahun sekitar 274.3 ± 69.5 cm dan pada umur 14 tahun sekitar 340.4 ± 65.9 cm. Variabilitas pelepah ini juga berdampak pada variabilitas *throughfall* diantara titik pengamatan pada bentuk transformasi yang sama.

Tabel 5 Dimensi pelepah sawit

No	Umur	Panjang bagian pelepah diukur dari batang (cm)			
		Tidak berdaun	Mulai berdaun	Lengkung	Total Panjang
1	Gabungan	106.1 ± 14.6	120.9 ± 16.8	310.3 ± 74.4	608.8 ± 73.1
2	8 tahun	98.6 ± 16.5	113.2 ± 18.4	274.3 ± 69.5	543.9 ± 52.9
3	14 tahun	112.3 ± 9.2	127.3 ± 12.6	340.4 ± 65.9	662.9 ± 30.5

Variabilitas *Stemflow*

Hasil pengukuran volume *stemflow* yang bervariasi baik diantara spesies yang berbeda maupun diantara spesies yang sama ini sesuai dengan hasil penelitian (Crockford dan Richardson 2000; Garcia-Estringana *et al.* (2010); Galdos *et al.* (2012)). Variabilitas ini dapat terjadi karena perbedaan curah hujan, kondisi tanaman serta perbedaan kondisi meteorologi (Levia *et al.* 2010). Nilai absolute dari *stemflow* merupakan pengaruh dari keterkaitan antara lama hujan, intensitas dan karakteristik tanaman (Garcia-Estringana *et al.* 2010). Variasi yang lebar dari hasil *stemflow* ini disebabkan karena perbedaan karakteristik biofisik diantara spesies pohon, termasuk ukuran tajuk, bentuk daun dan orientasinya, sudut cabang dan kekerasan kulit batang (Levia dan Herwitz 2005). Besarnya volume air yang mengalir melalui batang berdampak pada potensi air yang mampu diinfiltrasikan ke dalam tanah (Herwitz 1986). Semakin besar air yang sampai ke permukaan tanah, maka semakin besar potensi air yang dapat diinfiltrasikan ke dalam tanah. Li *et al.* (2009) mengemukakan bahwa *stemflow* konduktif untuk mengkonsentrasikan dan menyimpan air di lapisan tanah yang lebih dalam. Dengan demikian jika volume air yang sampai di permukaan tanah melebihi kapasitas infiltrasi tanahnya, maka air yang sampai ke permukaan tanah akan ditransformasikan menjadi aliran permukaan. Hal ini terutama pada tanaman sawit yang volume *stemflow* pada setiap hari hujannya tinggi.

Volume *stemflow* (*Stemflow yield*)

Volume *stemflow* yang terukur bervariasi baik pada bentuk transformasi yang sama maupun antar tutupan lahan yang berbeda (Tabel 6). Hubungan antara volume *stemflow* (liter) untuk masing-masing tutupan lahan dari setiap curah hujan yang diukur disajikan pada Gambar 13, 14, 15 dan 16.

Rataan hasil volume *stemflow* yang diperoleh pada bentuk transformasi hutan sebesar 2.02 ± 2.80 liter untuk tanaman F2 sampai 4.14 ± 6.48 liter untuk tanaman F1, pada tutupan hutan karet berkisar antara 0.99 ± 1.67 liter pada tanaman JR2 sampai 1.64 ± 2.38 liter pada tanaman JR2, pada tipe tutupan kebun karet berkisar antara 0.68 ± 0.79 liter pada tanaman R5 sampai 2.62 ± 5.33 liter pada tanaman R2, dan pada tipe tutupan kebun sawit berkisar antara 32.61 ± 67.61 liter pada tanaman OP1 sampai 64.53 ± 94.87 liter pada tanaman OP2. Hasil perhitungan standar deviasi dan nilai *coefficient of variance* (CV) pengukuran volume *stemflow* pada masing-masing tanaman menunjukkan volume *stemflow* mempunyai variabilitas yang tinggi.

Rataan hasil volume *stemflow* terbesar ditemukan pada tanaman sawit OP2 dan yang terendah pada tanaman karet R5. Secara umum tanaman sawit menghasilkan *stemflow* yang jauh lebih besar dibandingkan tanaman lainnya untuk curah hujan yang sama. Tanaman sawit mampu menghasilkan volume *stemflow* sebesar 7 sampai 15 kali lipat dibandingkan dengan tanaman pada tipe tutupan hutan, dan dapat mencapai 12 sampai 24 kali lipat volume *stemflow* dari tanaman karet. Tanaman sawit mempunyai bentuk tajuk yang pelepahnya menyerupai talang dan arahnya langsung menuju ke batang utama tanaman, hal ini mengakibatkan adanya akumulasi pengaliran dari pelepah ke batang tanaman, sehingga hasil *stemflow* dari tanaman sawit menjadi tinggi.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritikan atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

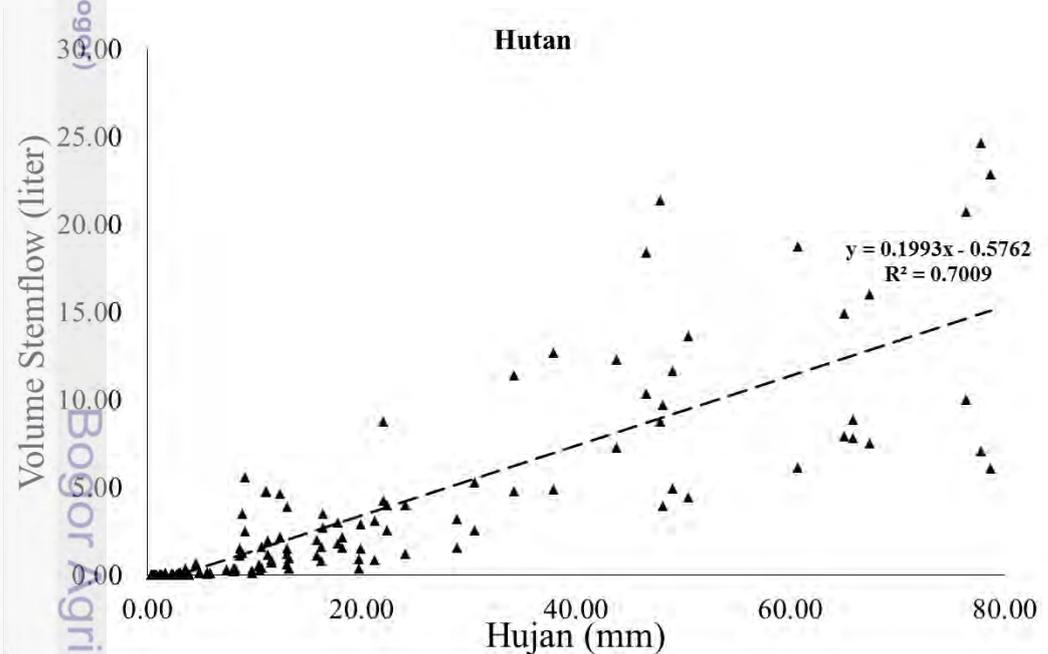
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Tabel 6 Nilai rata-ran parameter *stemflow* dan hasil analisis uji t berpasangan

Kode	Kedalaman <i>Stemflow</i> (mm)	CV (%)	Laju <i>Stemflow</i> (Liter/mm hujan)	CV (%)	<i>Stemflow</i> funnelling ratio (SFR)	CV (%)
F 1	0.18 ± 0.27 a	150.00	0.13 ± 0.13 a	100.00	0.95 ± 0.93a	97.89
F 2	0.07 ± 0.10 b	70.00	0.08 ± 0.10 b	125.00	1.54 ± 1.99 b	129.22
JR 1	0.08 ± 0.12 b	66.67	0.08 ± 0.11 bc	137.50	1.07 ± 1.49 ac	139.25
JR 2	0.03 ± 0.04 c	75.00	0.04 ± 0.02 d	50.00	1.15 ± 0.72 abcd	62.61
R 1	0.04 ± 0.08 d	50.00	0.06 ± 0.09 bce	150.00	1.14 ± 1.74 abcde	152.63
R 2	0.05 ± 0.09 d	55.56	0.07 ± 0.10 bcef	142.86	1.55 ± 2.06 bcdf	132.90
R 3	0.03 ± 0.05 ce	60.00	0.04 ± 0.03 dg	75.00	0.69 ± 0.59 j	85.51
R 4	0.02 ± 0.02 f	100.00	0.05 ± 0.04 efh	80.00	0.52 ± 0.35 k	67.31
R 5	0.03 ± 0.03 d	100.00	0.03 ± 0.02 deg	66.67	1.61 ± 0.77 befg	47.83
R 6	0.02 ± 0.02 ce	100.00	0.05 ± 0.03 efh	60.00	1.18 ± 0.63 abcdefh	53.39
OP 1	0.58 ± 0.85 g	68.24	0.83 ± 1.17 j	140.96	2.24 ± 3.18 bgh	141.96
OP 2	0.76 ± 1.18 h	64.41	2.38 ± 1.71 i	71.85	6.79 ± 4.88 i	71.87
OP 3	0.92 ± 1.33 h	69.17	2.07 ± 1.68 i	81.16	6.20 ± 5.02 i	80.97
OP 4	0.39 ± 0.80 i	48.75	2.33 ± 1.75 i	75.11	4.33 ± 3.25 l	75.06

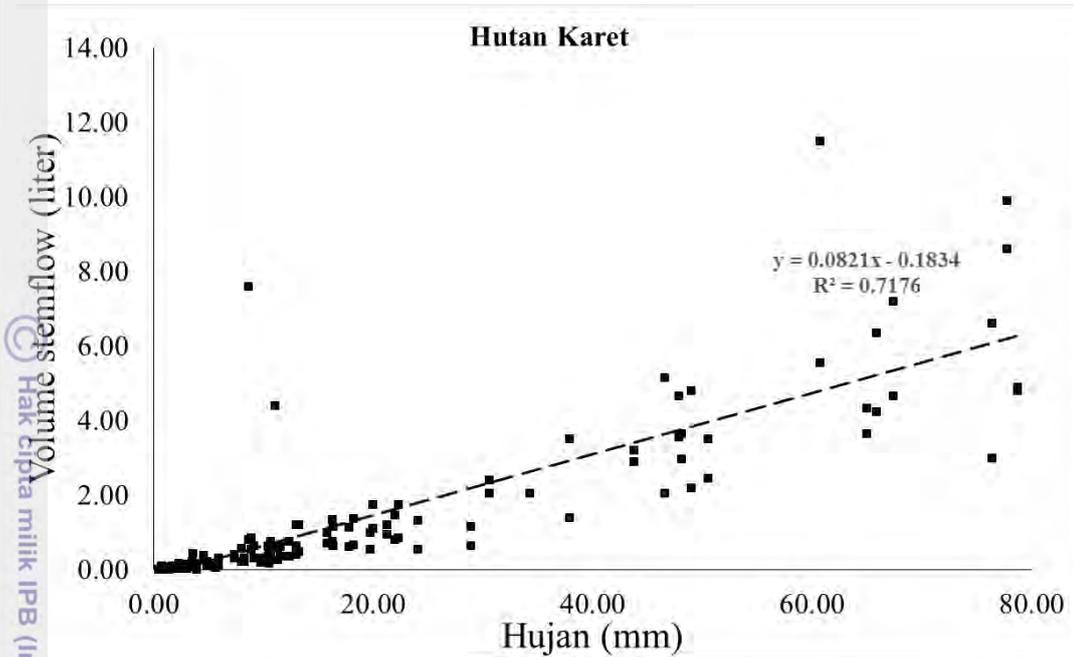
Keterangan : nilai yang diikuti dengan huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata pada $\alpha = 0.05$
 CV = *coefficient of variance*



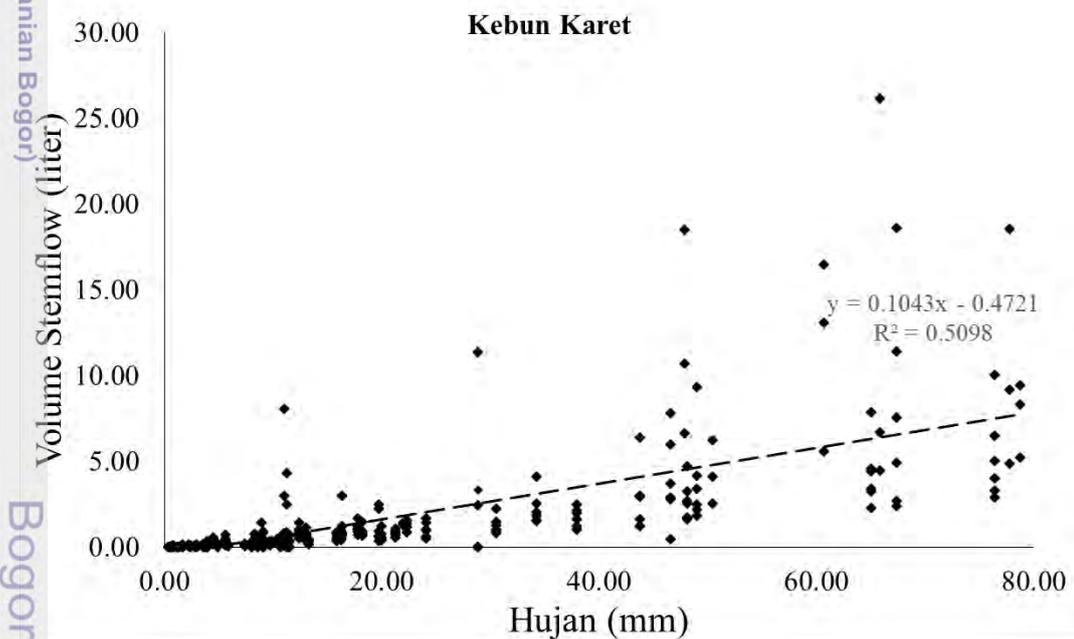
Gambar 13 Hubungan antara volume *stemflow* dengan hujan pada tutupan lahan hutan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

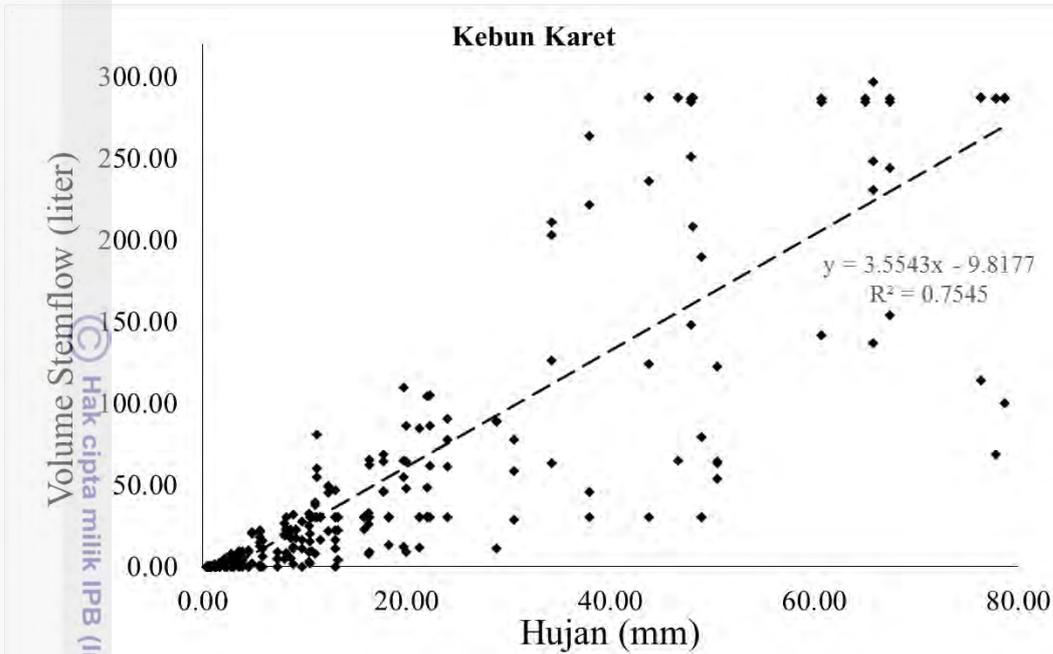
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 14 Hubungan antara volume stemflow dengan hujan pada tutupan lahan hutan karet



Gambar 15 Hubungan antara volume stemflow dengan hujan pada tutupan lahan kebun karet



Gambar 16 Hubungan antara volume *stemflow* dengan hujan pada tutupan lahan kebun sawit

Kedalaman *stemflow* (*Stemflow depth*)

Kedalaman *stemflow* yang terukur bervariasi baik pada bentuk transformasi yang sama maupun antar tutupan lahan yang berbeda (Tabel 6). Kedalaman *stemflow* pada tutupan hutan berkisar antara 0.07 ± 0.10 mm pada tanaman F2 sampai 0.18 ± 0.27 mm pada tanaman F1, pada tutupan hutan karet kedalaman *stemflow* berkisar antara 0.03 ± 0.05 mm pada tanaman JR1 sampai 0.08 ± 0.12 mm pada tanaman JR2, pada tutupan lahan kebun karet kedalaman *stemflow* berkisar antara 0.02 ± 0.02 mm pada tanaman R4 dan R6 sampai 0.05 ± 0.09 mm pada tanaman R2 dan pada bentuk transformasi kebun sawit berkisar antara 0.39 ± 0.81 mm pada tanaman OP1 sampai 0.90 ± 1.32 mm pada tanaman OP2. Hasil perhitungan standar deviasi terhadap data kedalaman *stemflow* menunjukkan nilai yang besar, hal ini berarti bahwa data yang diperoleh mempunyai selang pengukuran yang sangat lebar. Tabel 6 juga menunjukkan bahwa perhitungan nilai CV lebih besar dari 30%. Dengan kata lain kedalaman *stemflow* juga mempunyai variabilitas yang tinggi. Hasil uji t berpasangan menunjukkan kedalaman *stemflow* untuk tanaman di hutan secara nyata berbeda, demikian juga kedalaman *stemflow* pada tutupan hutan karet. Kedalaman *stemflow* di kebun karet untuk tanaman R1, R2 dan R5 tidak berbeda nyata, demikian juga antara R3 dan R6 juga tidak berbeda nyata. Kedalaman *stemflow* di kebun sawit untuk tanaman OP2 dan OP3 menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata.

Karakteristik individu tanaman yang beragam (Tabel 3), menyebabkan variabilitas hasil *stemflow*. Luas proyeksi tajuk berkaitan dengan luasan permukaan yang dapat menangkap air hujan yang jatuh pada tajuk tersebut. Asdak *et al.* (1998) mengemukakan bahwa *stemflow* ditemukan berkorelasi dengan karakteristik fisik pohon seperti diameter, basal area maupun luas proyeksi tajuk. Levia *et al.* (2010) mengemukakan bahwa perbedaan ukuran pohon berpengaruh pada hasil *stemflow*

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

dari jenis pohon yang sama. Tanaman dengan diameter besar pada umumnya tanaman tersebut tinggi. Siles *et al.* (2010) mengemukakan tanaman tinggi cenderung mempunyai proyeksi luas tajuk yang lebih besar sehingga dapat memproduksi volume *stemflow* yang lebih banyak. Meskipun demikian dalam penelitian ini ada tajuk yang luas namun mempunyai kedalaman *stemflow* rendah. Kejadian ini ditemukan pada kedalaman *stemflow* dari tanaman R4, dimana dengan proyeksi tajuk yang lebih luas namun mempunyai kedalaman *stemflow* yang lebih rendah dibandingkan tanaman OP2 (Gambar 17). Hal ini kemungkinan disebabkan perbedaan dalam kerapatan tajuk dan ketebalan tajuknya. Selama penelitian dilakukan tanaman karet mengalami mekanisme menggugurkan daun dan mengakibatkan timbulnya celah pada tajuk karet, sehingga kemampuan tajuk untuk menahan air hujan dan mengalirkannya melalui batang menjadi lebih kecil dibanding tanaman yang lainnya. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perbedaan karakteristik tanaman seperti diameter batang, basal area, luas proyeksi tajuk dan kondisi batang mengakibatkan *stemflow* yang bervariasi, meskipun demikian pola hubungan *stemflow* dengan karakteristik tanaman tersebut belum dipahami sepenuhnya.

Bagian curah hujan yang menjadi *stemflow* berkisar antara 0.04% sampai dengan 3.32%. Secara berturut turut kisaran rata-ran persentase bagian hujan yang menjadi *stemflow* dari yang terkecil sampai terbesar adalah 0.04 – 0.21 % (tanaman karet), 0.10 – 0.38 % (tanaman hutan Karet), 0.28 – 0.54 % (hutan) dan 0.84 – 3.07% (tanaman sawit). Hasil penelitian ini selaras dengan penelitian terdahulu dimana rata-ran persentase *stemflow* terhadap curah hujan hanya 0.4% (Bahmani *et al.* 2012), 0.9 – 2.7% (Park dan Cameron 2008), 0.10 – 1.5% (Molina dan del Campo 2012) dan berkisar 0.3 – 1.4% di hutan alam tropika kalimantan (Asdak *et al.* 1998), sehingga dalam beberapa analisis *stemflow* seringkali diabaikan. Meskipun demikian, besarnya volume air yang dihasilkan melalui *stemflow* harus menjadi bahan pertimbangan manajemen lahan terutama pada tanaman sawit. Pada tanaman sawit besaran volume *stemflow* yang sampai ke permukaan tanah cukup besar yang dapat memicu terjadinya aliran permukaan (*surface run off*). Pada suatu areal yang sama, *stemflow* pada kebun sawit hanya didistribusikan oleh sedikit tanaman karena kerapatan tanamannya lebih rendah dibandingkan dengan bentuk transformasi lainnya. Bagian air hujan yang sampai di permukaan tanah melalui *stemflow* pada kebun sawit terkonsentrasi pada titik-titik pengumpulan yang lebih sedikit dibandingkan pada bentuk transformasi lainnya. Tutupan lahan dengan kerapatan tanaman yang tinggi maka bagian curah hujan yang terdistribusi ke permukaan tanah melalui *stemflow* tersebar ke dalam banyak titik pengumpulan, sehingga volume air yang sampai ke permukaan tanah pada setiap titiknya menjadi lebih kecil.

Hujan mempunyai korelasi yang erat dengan kedalaman *stemflow* meskipun korelasi ini bervariasi untuk setiap tanaman. Hasil analisis regresi hubungan antara kedalaman hujan dengan kedalaman *stemflow* menunjukkan kecenderungan bahwa semakin tinggi curah hujan maka kedalaman *stemflow* semakin meningkat. Slope persamaan regresi antara kedalaman hujan dengan kedalaman *stemflow* pada tanaman sawit jauh lebih besar dibandingkan dengan slope regresi pada tutupan lahan hutan, karet hutan dan karet (Gambar 18, 19, 20 dan 21). Hal ini bermakna bahwa setiap kenaikan satu satuan curah hujan menimbulkan *stemflow* yang lebih besar pada tanaman sawit dibandingkan dengan tanaman lainnya.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

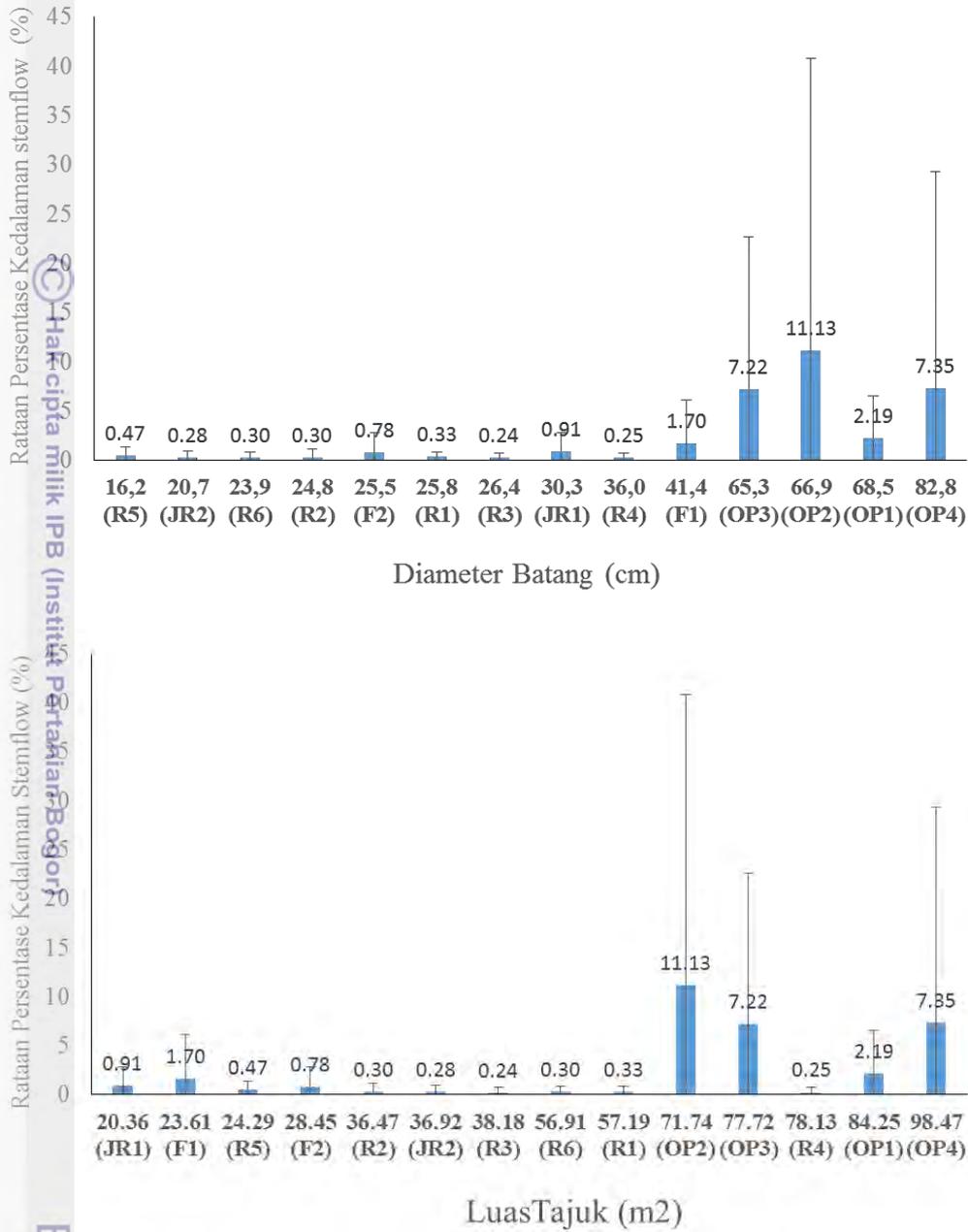
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

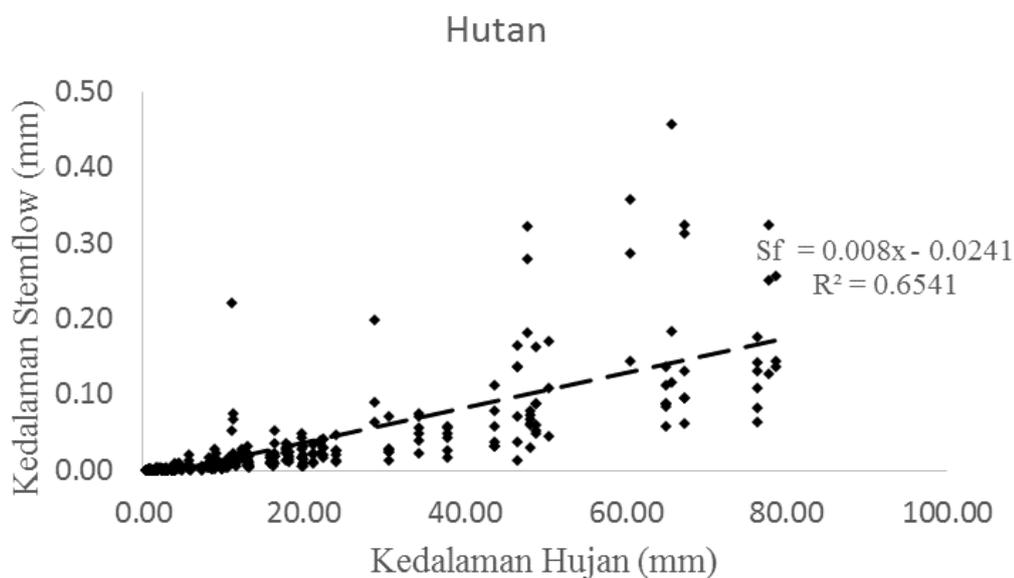
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

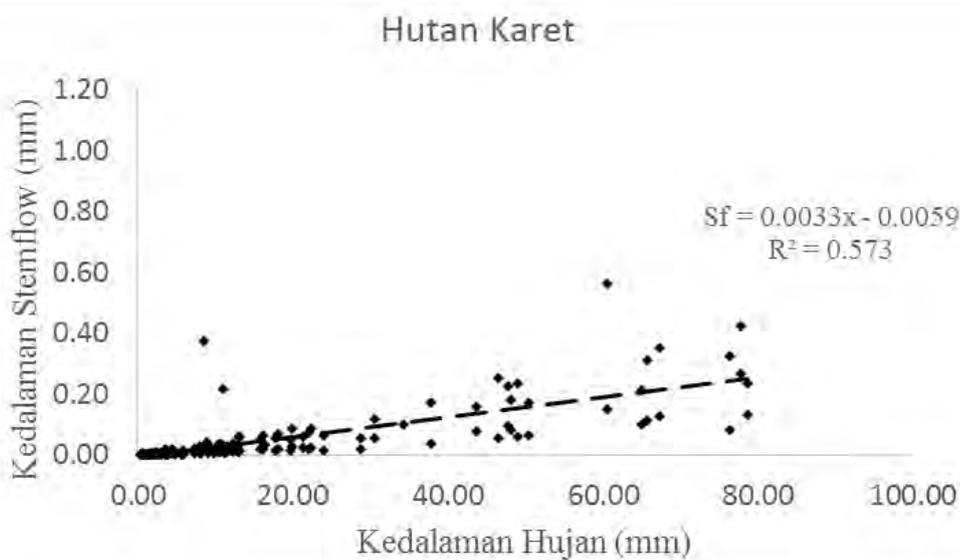
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 17 Rataan persentase kedalaman *stemflow* berdasarkan diameter batang dan luas tajuk



Gambar 18 Hubungan kedalaman hujan (mm) dengan kedalaman *stemflow* (mm) pada tutupan lahan hutan



Gambar 19 Hubungan kedalaman hujan (mm) dengan kedalaman *stemflow* (mm) pada tutupan lahan hutan karet

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

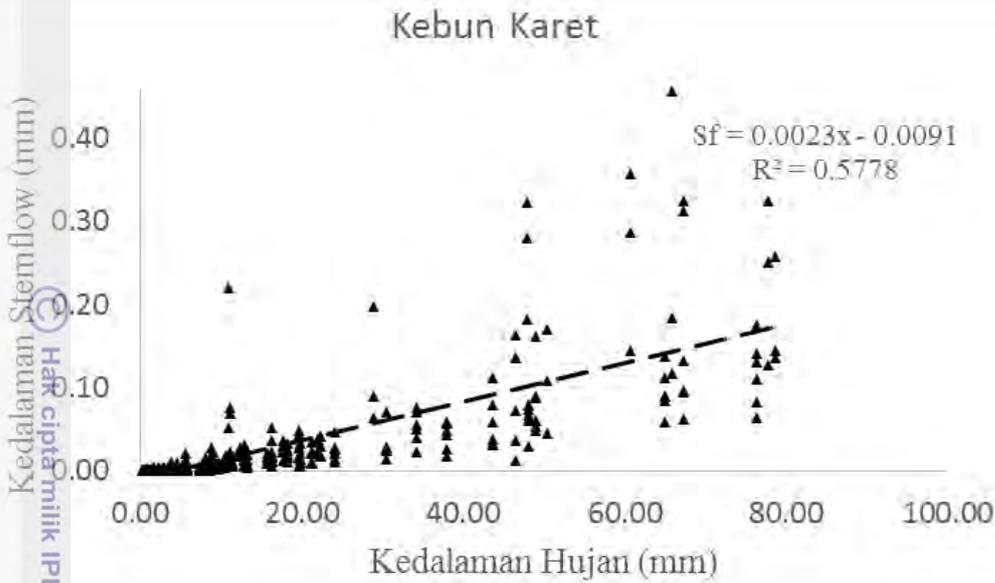
Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

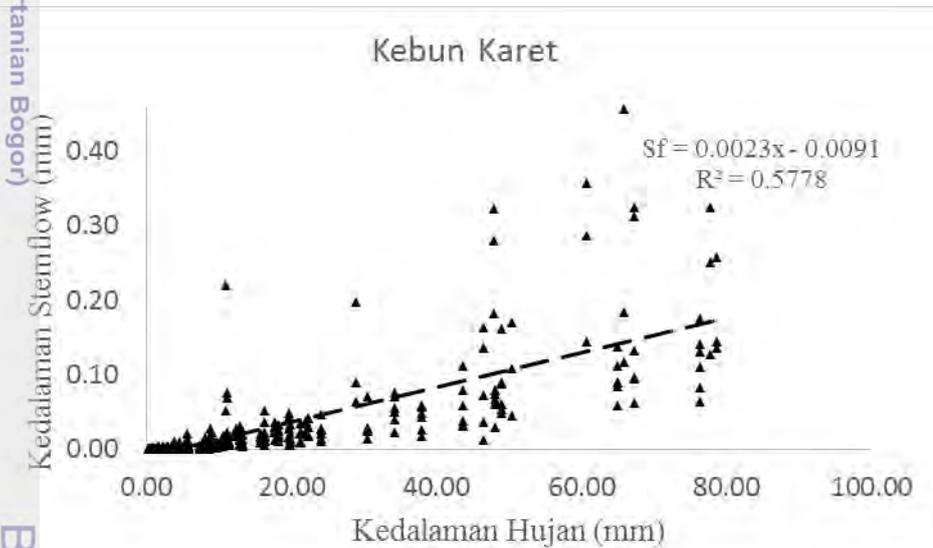
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.





Gambar 20 Hubungan kedalaman hujan (mm) dengan kedalaman *stemflow* (mm) pada tutupan lahan kebun karet



Gambar 21 Hubungan kedalaman hujan (mm) dengan kedalaman *stemflow* (mm) pada tutupan lahan kebun sawit

Beberapa faktor yang menyebabkan perbedaan besarnya *stemflow* adalah karakteristik tajuk dan kondisi batangnya. Batang karet mempunyai kedalaman *stemflow* yang paling rendah karena mempunyai struktur kulit batang yang cukup kasar. Struktur ini terjadi baik karena faktor alami tanaman juga karena aktifitas penyadapan yang dilakukan oleh petani. Batang yang lurus dan halus dapat memperbesar *stemflow* dibandingkan dengan batang yang bengkok dan kasar. Besaran *stemflow* juga berkaitan erat dengan diameter atau luas basal area dari

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

pohon yang diukur. Semakin besar luas basal area maka semakin besar *stemflow* (Asdak *et al.* 1998). *Stemflow* bervariasi antar spesies karena setiap tanaman mempunyai karakteristik yang berbeda (Návar 2011). Variasi ini tergantung pada tanaman dan karakteristik hujannya. Dalam penelitian ini, karena keterbatasan alat ukur maka karakteristik curah hujan hanya diwakili oleh kedalaman hujan pada setiap hari hujan.

Informasi *stemflow* penting untuk manajemen lahan terutama dalam meminimalisasi *run off* dan meningkatkan air yang dapat diinfiltrasikan ke dalam tanah. Pada umumnya kondisi lahan pada kebun sawit dibersihkan dari gulma dan tumbuhan bawah, sehingga memicu *run off* yang lebih besar pada lahan sawit karena variabilitas intrinsik dan infiltrabilitas tanahnya (Banabas *et al.* 2008). Aliran permukaan pada sawit utamanya dimulai dari piringan (*weeded circle*) dimana *stemflow* menyebabkan input air yang sampai di permukaan tanah tinggi namun infiltrabilitasnya cukup rendah. Selain itu aliran permukaan juga dimulai dari jalur panen (*the harvest-path zone*) yang mempunyai infiltrabilitas rendah karena pemadatan tanah. Pada kebun karet dan karet hutan meskipun banyak ditemukan serasah di bawah tegakan, namun karena ada aktifitas manusia yang cukup intensif melakukan penyadapan maka potensi terjadi aliran permukaan juga cukup besar terutama dimulai dari bekas pijakan penyadapan yang berada disekitar batang karet dan juga pada jalur panen. Manajemen pengelolaan lahan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan infiltrabilitas air ke dalam tanah adalah dengan membiarkan tumbuhan bawah hidup di bawah tegakan sawit maupun karet. Kedalaman serasah pada tutupan lahan hutan berkisar 5 – 15 cm. Keberadaan serasah pada lahan hutan penting dalam menahan dan menginfiltrasikan air hujan yang sampai dipermukaan tanah baik melalui *stemflow* maupun *troughfall*. Serasah dapat berfungsi untuk mengurangi bagian curah hujan yang sampai di permukaan menjadi aliran permukaan (Li *et al.* 2014).

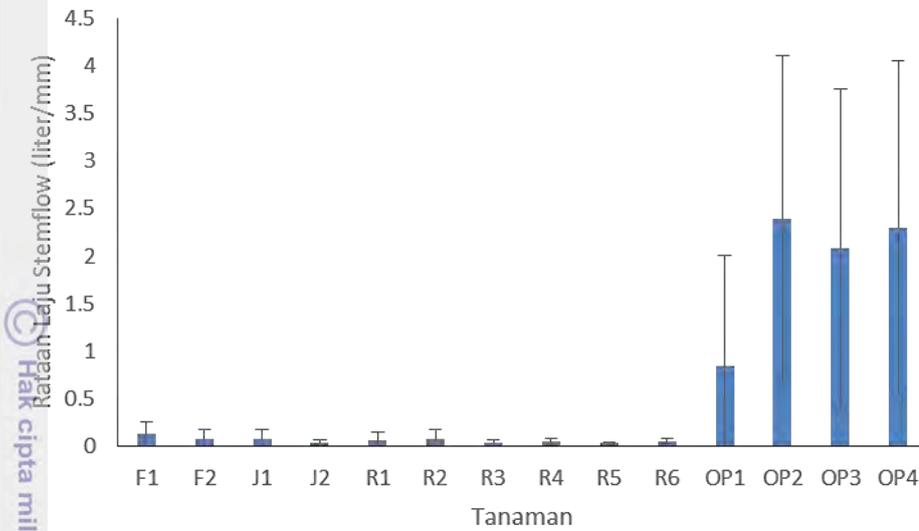
Laju *stemflow* (*Stemflow rate*)

Hasil penghitungan laju *stemflow* menunjukkan adanya variasi yang cukup besar baik pada bentuk transformasi yang sama maupun antar bentuk transformasi yang berbeda (Tabel 6). Rataan laju *stemflow* pada masing-masing tanaman disajikan pada Gambar 22. Hasil uji t berpasangan menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang nyata antar tanaman dalam hutan dan antar tanaman dalam hutan karet, sedangkan di kebun karet tidak terjadi perbedaan laju *stemflow* yang nyata. *Stemflow* pada kebun sawit menunjukkan bahwa OP2 dan OP3 tidak berbeda nyata namun yang lainnya berbeda nyata.

Rataan laju *stemflow* terbesar terjadi pada tanaman sawit, sedangkan yang terkecil terjadi pada tanaman karet. Kejadian hujan dengan kedalaman 1 mm dapat menghasilkan volume *stemflow* sebesar 7.17 liter pada tanaman sawit dan 0.73 liter pada tanaman karet. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman sawit mempunyai laju *stemflow* yang jauh lebih besar dibandingkan dengan tanaman karet. Laju *stemflow* mempunyai variabilitas yang tinggi ditunjukkan oleh besarnya nilai standar deviasi dan CV dari masing-masing pengamatan. Gambar 22 menunjukkan bahwa standar deviasi hasil pengukuran laju *stemflow* lebih besar dari rataannya, kecuali pada tanaman OP2, OP3 dan OP4.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

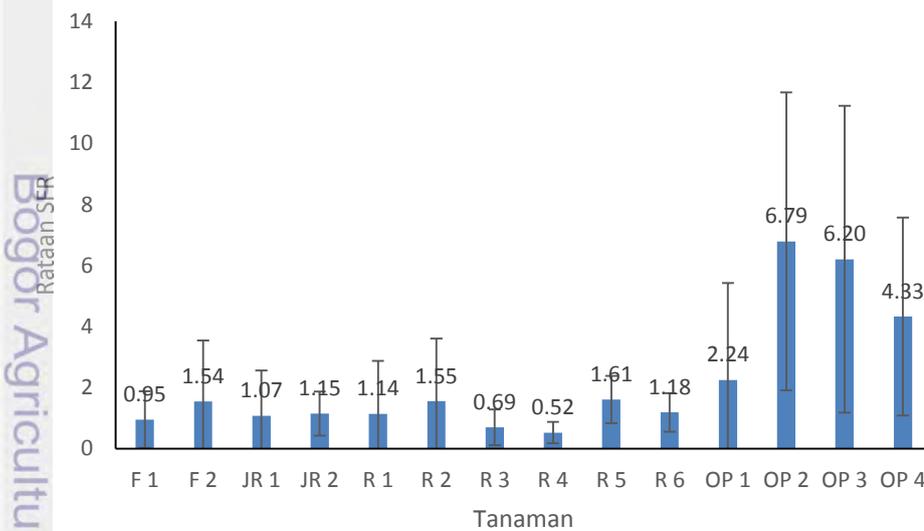
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 22 Rataan laju *stemflow* pada masing-masing tanaman selama periode penelitian

Stemflow funnelling ratio (SFR)

Rataan hasil perhitungan SFR disajikan pada Gambar 23. Rataan SFR menunjukkan bahwa kelompok tanaman sawit mempunyai nilai SFR yang jauh lebih besar daripada tanaman lainnya. Rataan SFR terbesar terjadi pada tanaman sawit OP2 yaitu sebesar 6.79 dan SFR yang terkecil pada tanaman karet R4 dengan besaran 0.52. Tanaman F1, R3, R4 dan R6 mempunyai rataian SFR yang kurang dari 1, hal ini mengindikasikan sedikit air yang turun pada batang menjadi *stemflow*. SFR yang lebih dari menunjukkan bahwa tajuk tanaman mengalirkan air ke batangnya (Garcia-Estringana *et al.* 2010).



Gambar 23 Hasil penghitungan SFR pada masing-masing tanaman

Struktur kanopi sawit yang pelepahnya semua tersusun menuju ke batang dengan bentuk seperti talang dan sudut kemiringannya mengarah ke batang menyebabkan sebagian besar air dari tajuk dikonsentrasikan menuju batang utama. Hal ini mengakibatkan SFR pada tanaman sawit menjadi besar. Tanaman yang lain tidak mempunyai bentuk tajuk seperti sawit sehingga SFR lebih rendah. Pada kejadian hujan yang besar, efek dari pengaliran/SFR adalah terkonsentrasinya hujan pada bagian bawah batang oleh mekanisme *stemflow* yang pada akhirnya meningkatkan koefisien run off (Charlier *et al.* 2009). Semakin tinggi SFR maka distribusi curah hujan yang sampai ke permukaan tanah terakumulasi pada sekitar pangkal tanaman. Tanaman karet dengan nilai rata-rata SFR paling rendah menunjukkan sedikitnya akumulasi air melalui *stemflow* pada batang tanaman, sedangkan pada tanaman sawit terjadi akumulasi air pada pangkal batang. SFR dihitung dari volume *stemflow* namun tidak mempertimbangkan luas permukaan tajuk yang menimbulkan volume ini dan juga tidak memasukkan adaptasi dari tanaman (Garcia-Estringana *et al.* 2010). Hal ini menyebabkan variabilitas SFR dalam jenis tanaman yang sama meskipun mempunyai diameter batang yang hampir serupa. Nívar (2011) mengemukakan bahwa *stemflow* mempengaruhi penerimaan air yang sampai di permukaan tanah 2-7 kali dibandingkan dengan kondisi tanah terbuka. Hal ini terutama pada tanaman yang mempunyai nilai SFR lebih dari 1. Beberapa peneliti lain melaporkan beragamnya nilai SFR dari beragam tanaman di dalam lingkungan yang beragam. Li *et al.* (2009) menyatakan bahwa rata-rata SFR pada tanaman *H. Scoparium* dan *S. Psammophila* secara berturut-turut sebesar 77.8 dan 48.7. Carlyle-Moses dan Price (2006) mengemukakan bahwa SFR secara berturut-turut dapat mencapai 7.3, 20.6 dan 26.6 pada tanaman red oak, sugar maple dan american beech. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tanaman sawit secara hidrologi dapat memicu terjadinya aliran permukaan lebih besar dibandingkan tanaman lainnya yang mempunyai SFR lebih kecil.

Variabilitas *Throughfall* dan Intersepsi

Kontribusi terbesar dari distribusi hujan yang sampai dipermukaan tanah pada setiap bentuk transformasi adalah melalui *throughfall*. Semakin besar *throughfall* maka curah hujan bersih yang sampai di permukaan tanah juga semakin besar, sehingga intersepsi semakin kecil. *Stemflow* pada tutupan lahan hutan, hutan karet dan karet bahkan tidak mencapai 1% dari total curah hujan. Hal ini yang menjadikan *stemflow* sering kali diabaikan dalam perhitungan intersepsi maupun neraca air (Park dan Cameron 2008; Bahmani *et al.* 2012; Molina dan del Campo 2012). Variabilitas *throughfall* dapat dijadikan alat untuk mengetahui variabilitas intersepsi hujan pada suatu tutupan lahan tertentu. Hasil perhitungan intersepsi menunjukkan bahwa rata-rata persentase intersepsi tertinggi terjadi pada karet hutan dan yang terendah pada kebun sawit umur 8 tahun. Rataan intersepsi dari setiap tutupan lahan disajikan pada Tabel 7.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Tabel 7 *Throughfall, stemflow* intersepsi dan persentasenya terhadap hujan

No	Bentuk transformasi	Hujan (mm)	Troughfall (mm)	Stemflow (mm)	Intersepsi (mm)	% TF	%SF	% IC
1	Kebun Sawit umur 14 Tahun (OP 14)	1380.10	1127.74	48.37	203.89	81.72	3.51	14.77
2	Kebun Sawit umur 8 Tahun (OP 8)	1380.10	1157.47	50.28	172.25	83.87	3.64	12.48
3	Kebun Karet (R)	1380.10	1088.25	2.74	289.10	78.85	0.20	20.95
4	Hutan Karet (JR)	1380.10	989.10	4.06	386.94	71.67	0.29	28.04
5	Hutan bekas tebangan (F)	1380.10	1055.92	9.10	315.08	76.51	0.66	22.83

Throughfall terbesar terjadi pada tanaman sawit yaitu 81.72 % dan 83.87% secara berturut-turut untuk umur 14 tahun dan 8 tahun. Hasil penelitian ini hampir serupa dengan hasil penelitian di Papua Nugini dimana *throughfall* pada tanaman sawit mencapai 83% dari curah hujan (Banabas *et al.* 2008). *Stemflow* secara berturut-turut sebesar 3.51% dan 3.64% pada tanaman sawit umur 14 tahun dan umur 8 tahun. Hasil ini berbeda dengan hasil penelitian di Papua New Guinea yang dapat mencapai 11% dari curah hujan (Banabas *et al.* 2008). Proporsi hujan yang menjadi *throughfall* pada kebun karet mencapai 78.83%, dimana persentase ini lebih rendah dibandingkan *throughfall* pada kebun karet di Barat Daya China yang mencapai 83,3% (Liu *et al.* 2008). Proporsi hujan yang menjadi *throughfall* pada hutan karet dan hutan bekas tebangan secara berturut-turut adalah sebesar 71.67% dan 76.51%. *Throughfall* pada kedua lokasi ini lebih rendah dibandingkan dengan *throughfall* dari hutan tropika basah musiman di China Barat daya yang mencapai 78.1% (Liu *et al.* 2008), juga lebih rendah dari *throughfall* di hutan hujan dataran rendah Kalimantan Tengah yang mencapai 82.8% (Vernimmen *et al.* 2007).

Intersepsi hujan dari kebun sawit adalah sebesar 12.48% dan 14.77% secara berturut-turut untuk tanaman umur 14 tahun dan 8 tahun. Intersepsi ini lebih besar dari penelitian di Papua Nugini yang hanya sebesar 6% (Banabas *et al.* 2008). Hasil pengukuran intersepsi pada kebun karet sebesar 20.95% dimana proporsi ini masih lebih rendah dibandingkan dengan intersepsi kebun karet di China Barat Daya yang hanya sebesar 9.4% (Liu *et al.* 2008). Intersepsi di hutan karet dan hutan bekas tebangan di transformasi hutan hujan dataran rendah ini lebih tinggi dari intersepsi di hutan hujan tropika di Sarawak Borneo yang hanya 8.5% - 11.9% (Manfroi *et al.* 2006), juga lebih tinggi dari intersepsi di hutan alam tidak ditebang dan hutan bekas tebangan yang secara berturut-turut sebesar 11.4% dan 6.2% (Asdak *et al.* 1998).

Kebun karet mempunyai intersepsi yang lebih rendah dibandingkan dengan hutan karet dan hutan karena selama penelitian dilakukan pohon karet mengalami proses pengguguran daun yang terjadi jika dalam jangka waktu cukup lama tidak terjadi hujan (Liu *et al.* 2008). Penurunan jumlah daun ini kemungkinan besar mengakibatkan penurunan intersepsi hujan (Deguchi *et al.* 2006). Secara umum transformasi hutan menjadi penggunaan lahan lainnya dapat meningkatkan hujan bersih yang sampai di permukaan tanah melalui mekanisme *throughfall* dan *stemflow* dan menurunkan intersepsinya. Semakin besar proporsi hujan yang sampai di permukaan tanah maka semakin besar potensi air yang dapat diinfiltrasikan ke dalam tanah.

Tabel 8 Variabilitas hujan pada beberapa hari hujan terpilih

No	Tanggal	Hujan (mm)	Rataan <i>throughfall</i> ± Standar deviasi (mm)				
			OP 14	OP 8	R	JR	F
1	04/12/2012	0.65	0.36 ± 0.26	0.60 ± 0.46	0.43 ± 0.16	0.43 ± 0.12	0.12 ± 0.14
2	09/02/2013	2.38	1.99 ± 1.83	1.96 ± 1.69	1.94 ± 1.09	1.77 ± 1.13	0.99 ± 0.75
3	08/02/2013	3.59	2.74 ± 3.03	2.70 ± 2.35	3.28 ± 0.87	2.87 ± 1.52	1.69 ± 1.00
4	01/02/2013	5.86	4.31 ± 3.39	3.70 ± 2.02	2.73 ± 1.21	4.55 ± 1.74	3.57 ± 1.07
5	25/01/2013	10.40	8.49 ± 6.03	7.88 ± 3.98	10.07 ± 5.13	8.77 ± 3.01	9.75 ± 3.24
6	28/01/2013	18.21	16.13 ± 12.13	13.53 ± 9.42	16.25 ± 4.56	17.87 ± 8.33	14.62 ± 4.29
7	22/03/2013	19.93	17.47 ± 8.39	16.65 ± 10.81	14.44 ± 4.54	15.06 ± 3.42	19.28 ± 4.42
8	13/03/2013	24.05	20.31 ± 10.56	19.74 ± 11.37	19.03 ± 5.23	14.30 ± 5.28	15.27 ± 4.54
9	17/03/2013	30.55	26.24 ± 13.18	27.30 ± 19.96	28.27 ± 8.88	26.86 ± 7.64	28.49 ± 7.30

Keterangan : OP14 = kebun sawit umur 14 tahun, OP8 = kebun sawit umur 8 tahun, R = kebun karet, JR = hutan karet, F = hutan.

Throughfall sebagai komponen utama pengukuran intersepsi mempunyai variasi cukup tinggi baik antar hari hujan maupun antar tutupan lahan pada hujan harian yang sama. Tabel 8 menunjukkan bahwa variabilitas hujan terjadi baik antar tutupan lahan yang berbeda pada hujan harian yang sama, maupun antar titik pengamatan *throughfall* pada tutupan lahan dan hari hujan yang sama. Variabilitas *throughfall* antar tipe tutupan pada hari hujan yang sama cukup tinggi, sebagai contoh pada kejadian hujan tanggal 04 Desember 2012 dengan curah hujan 0.65 mm persentase *throughfall* terhadap hujan antar tutupan lahan bervariasi sangat tinggi, dimana persentase terendah terjadi di hutan yang hanya 18.33% dibandingkan dengan tanaman sawit umur 8 tahun yang mencapai 92.50%. Pada kejadian hujan tanggal 22 Maret 2013 persentase *throughfall* terbesar terjadi pada tutupan lahan hutan bekas tebangan yang mencapai 96.74% dan terkecil terjadi pada bentuk transformasi karet sebesar 72.46%.

Hasil pengukuran *throughfall* seperti yang disajikan pada Tabel 8 mengindikasikan bahwa ada beberapa titik pengukuran *throughfall* yang hasilnya dapat mencapai proporsi terhadap curah hujan > 100%. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya dimana dalam beberapa kasus besarnya *throughfall* dapat mencapai ≥ 100% dari curah hujannya (Ziegler *et al.* 2009; Gerrits *et al.* 2010; He *et al.* 2014). Penjelasan yang memungkinkan kejadian ini terjadi adalah karena struktur kanopi mendistribusikan air hujan ke sisi tanaman yang daun dan cabangnya *downfacing* (sudut <90°) dan daun tersebut mengarah ke mulut penakar yang menyebabkan hasil pengukuran kedalaman *throughfall* melebihi kedalaman curah hujan (He *et al.* 2014).

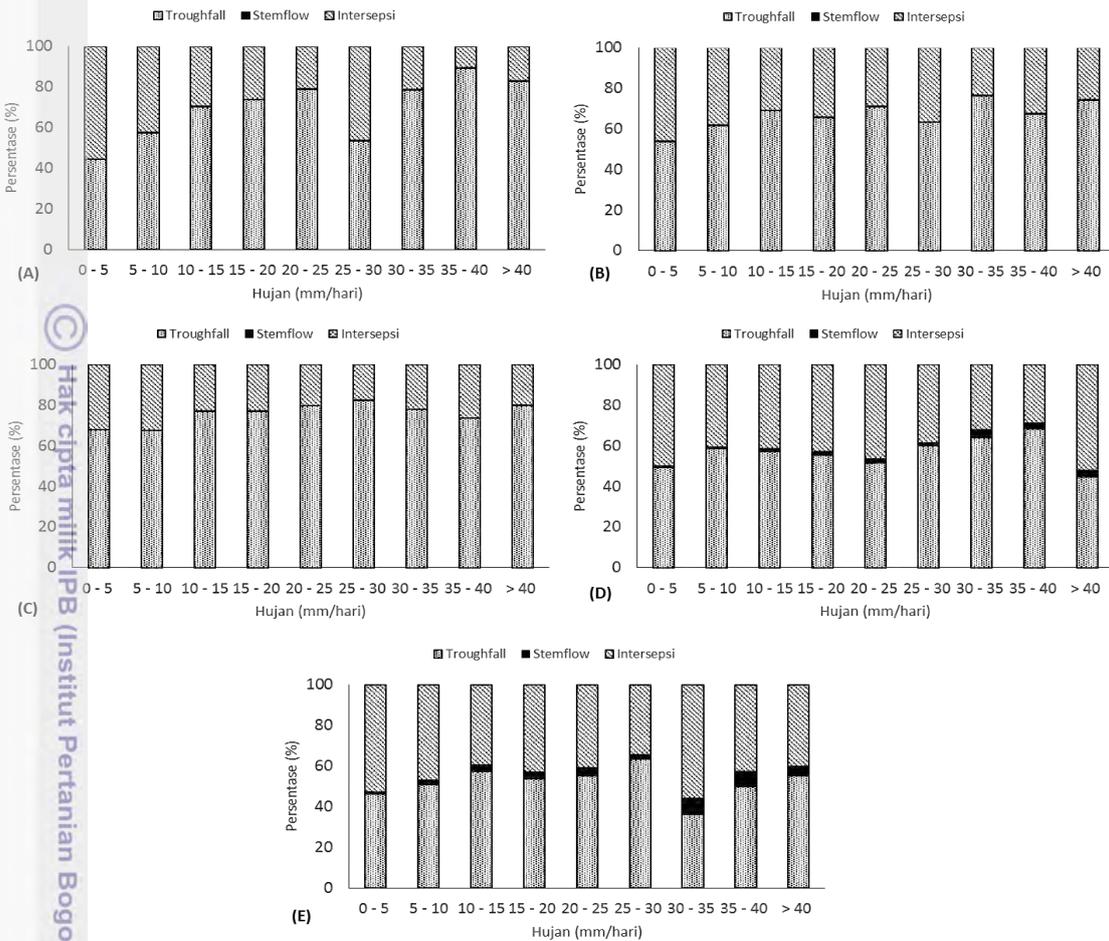
Variabilitas intersepsi dan *throughfall* juga terjadi pada masing-masing kelas hujan seperti yang disajikan pada Gambar 24, dimana terdapat kecenderungan pada kelas hujan yang rendah persentase intersepsi lebih besar daripada kelas hujan harian yang lebih tinggi. Hal ini menyebabkan identifikasi faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya keragaman intersepsi sulit dilakukan (He *et al.* 2014).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 24 Persentase *throughfall*, *stemflow* dan intersepsi pada setiap kelas hujan harian pada hutan bekas tebangan (a), hutan karet (b), kebun karet (c), kebun sawit umur 14 tahun (d) dan kebun sawit umur 8 tahun (e)

Variabilitas spasial *throughfall*

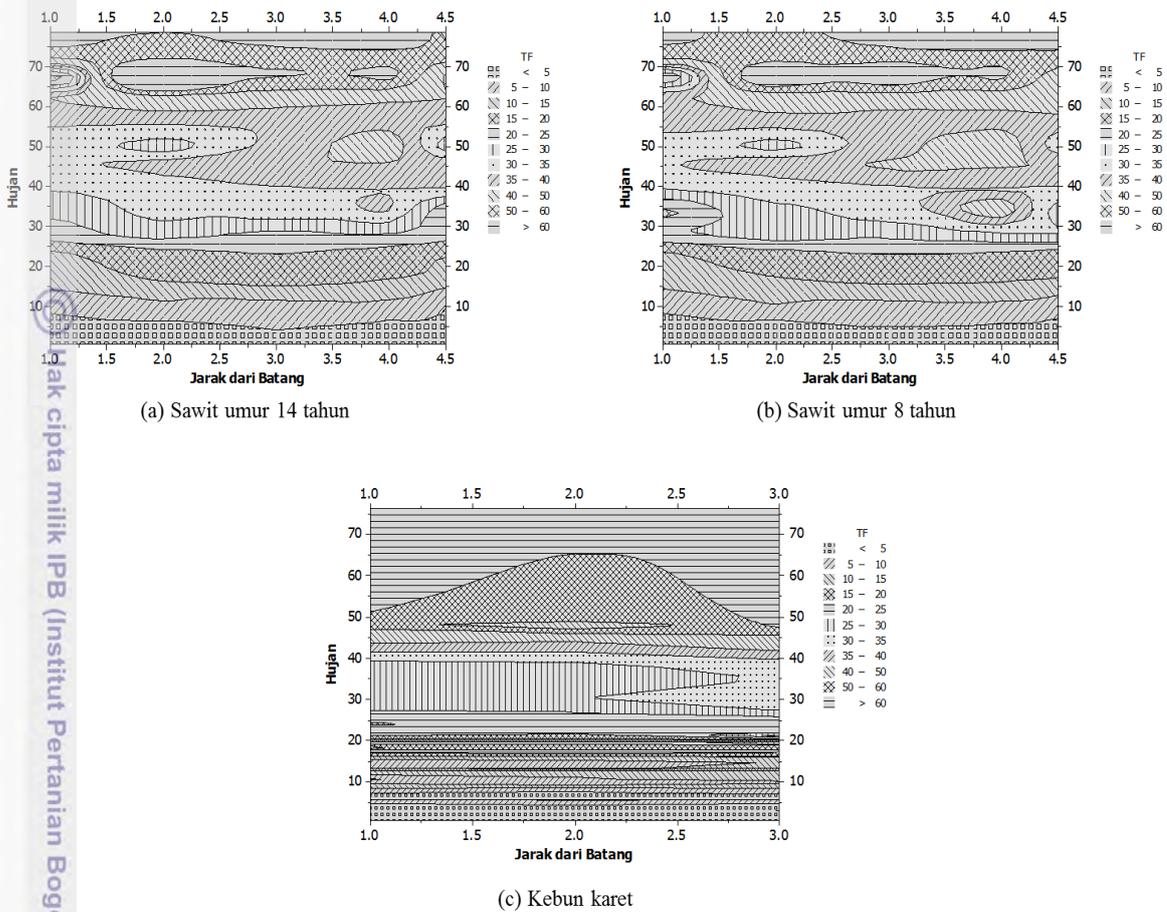
Variabilitas spasial *throughfall* antar titik pengukuran pada masing-masing bentuk transformasi tidak mengikuti suatu pola tertentu terkait dengan parameter LAI, MLA, GC dan jarak dari batang. LAI, MLA dan GC di kebun karet dan kebun sawit juga tidak mengikuti suatu pola tertentu yang jelas dengan bertambahnya jarak dari batang tanaman. Hal inilah yang memungkinkan terjadinya variabilitas spasial *throughfall* antar titik pengukuran pada masing-masing bentuk transformasi. Variabilitas ini menunjukkan bahwa *throughfall* pada kebun sawit dan kebun karet tidak sepenuhnya ditentukan oleh jarak terhadap batang tanaman, namun ditentukan oleh banyak faktor (Gambar 25). Jarak dari batang mempunyai korelasi yang kecil dengan *throughfall* karena jarak dari batang tidak cukup untuk menggambarkan indeks struktur kanopinya (Allen *et al.* 2015), sebaliknya karakteristik hujan mempunyai korelasi yang cukup erat dengan intersepsi dan *throughfall* (Liu *et al.* 2013).

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumarkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 25 Distribusi spasial *throughfall* berdasarkan jarak terhadap batang dan kedalaman hujan pada sawit umur 14 tahun (a) sawit umur 8 tahun (b) dan karet (c)

Variasi spasial yang terjadi antara umur yang berbeda dimungkinkan oleh adanya perbedaan pertumbuhan tanaman itu sendiri. Perbedaan pertumbuhan tanaman menyebabkan bentuk/dimensi pelepah sawit yang bervariasi meliputi pelepah yang tidak berdaun, kondisi daun pada pelepah, jarak lengkung pelepah dari batang dan panjang total pelepah (Tabel 5). Ujung pelepah sawit yang melengkung menyebabkan akumulasi *throughfall* pada titik jatuhnya air dari pelepah tersebut. Daun sawit yang menjulur ke bawah juga mengakibatkan akumulasi air hujan yang jatuh pada titik tersebut.

Hubungan *throughfall* dan intersepsi dengan karakteristik tajuk dan hujan

Parameter vegetasi yang diwakili oleh LAI, GC, dan MLA mempunyai korelasi yang rendah dengan *throughfall*. Parameter vegetasi yang diwakili oleh LAI, GC, dan MLA juga mempunyai korelasi yang rendah dengan intersepsi. Perhitungan intersepsi utamanya ditentukan oleh besarnya *throughfall*, karena proporsi curah hujan yang menjadi *stemflow* kecil dan sering kali diabaikan dalam

penelitian intersepsi. Korelasi antara *throughfall* dengan karakteristik tajuk yang kecil maka korelasi antara intersepsi dengan karakteristik tajuk juga akan kecil.

Parameter vegetasi mempunyai variabilitas yang sangat tinggi. Tabel 4 menunjukkan bahwa hasil pengukuran LAI pada hutan karet mempunyai nilai *coefficient of variance* (CV) yang terbesar, selanjutnya adalah kebun sawit, kebun karet dan yang terkecil adalah hutan. Variabilitas LAI antar titik pengukuran pada tutupan lahan hutan adalah yang paling kecil dibandingkan dengan bentuk transformasi lainnya. Variabilitas GC antar titik pengukuran pada masing-masing bentuk transformasi berdasarkan pada nilai CV dari yang terbesar sampai yang terkecil secara berturut-turut adalah hutan karet, kebun karet, kebun sawit dan yang terkecil adalah pada hutan. Hutan mempunyai tutupan permukaan yang relatif lebih seragam dibandingkan dengan bentuk transformasi lainnya. Variabilitas MLA antar titik pengukuran pada masing-masing bentuk transformasi dari yang terbesar sampai terkecil secara berturut-turut adalah hutan, kebun karet, hutan karet dan yang terkecil adalah pada kebun sawit. Variabilitas inilah yang menyebabkan hubungan antara *throughfall* dan intersepsi mempunyai korelasi yang rendah.

Kecenderungan besarnya *throughfall* dihubungkan dengan besarnya curah hujan harian dianalisis dengan membuat persamaan regresi linier. Persamaan ini dibuat untuk melihat pola hubungan hujan dan *throughfall* serta intersepsi pada masing-masing bentuk transformasi. Tabel 9 dan Gambar 26 menunjukkan hubungan antara hujan harian dengan proporsi curah hujan yang menjadi *throughfall*. Hubungan antara hujan harian dengan intersepsi disajikan pada Tabel 10 dan Gambar 27.

Tabel 9 Persamaan regresi linier penduga *throughfall*

No	Tutupan Lahan	Persamaan Regresi	R ²
1	Hutan	$Y = -1.109 + 0.827 X1$	0.94
2	Hutan Karet	$Y = -0.931 + 0.760 X1$	0.93
3	Kebun Karet	$Y = -0.287 + 0.802 X1$	0.90
4	Kebun sawit 8 tahun	$Y = -0.003 + 0.573 X1$	0.78
5	Kebun sawit 14 tahun	$Y = -0.034 + 0.579 X1$	0.71
6	Kebun sawit gabungan	$Y = -0.294 + 0.623 X1$	0.79

Keterangan : Y = *throughfall*, X1 = Hujan

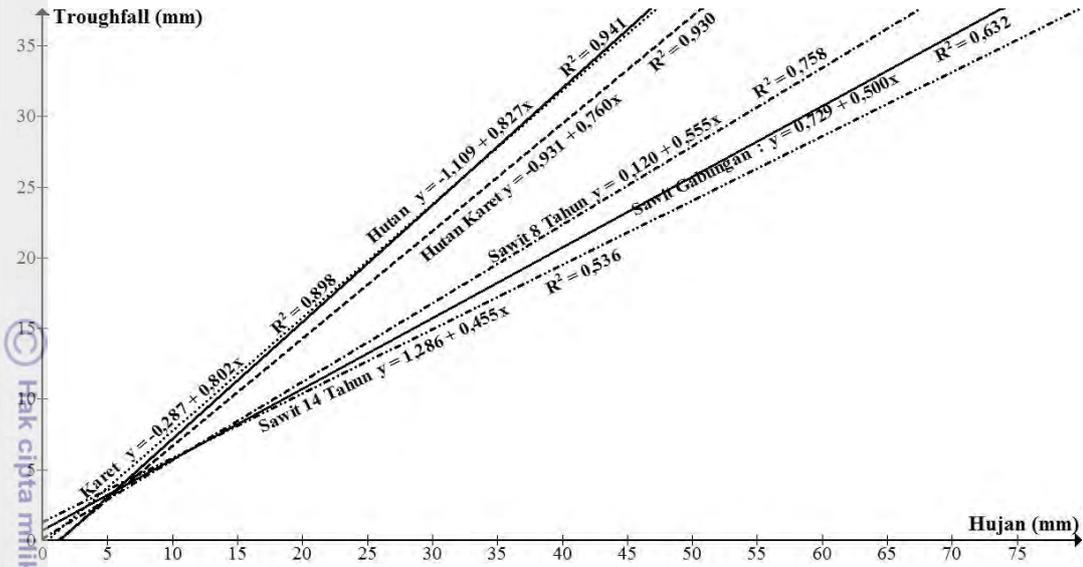
Tabel 10 Persamaan regresi linier penduga intersepsi

No	Tutupan Lahan	Persamaan Regresi	R ²
1	Hutan	$Y = 1.116 + 0.168 X1$	0.39
2	Hutan Karet	$Y = 0.941 + 0.236 X1$	0.56
3	Kebun Karet	$Y = 0.296 + 0.196 X1$	0.35
4	Kebun sawit 8 tahun	$Y = 0.165 + 0.395 X1$	0.61
5	Kebun sawit 14 tahun	$Y = -1.173 + 0.513 X1$	0.59
6	Kebun sawit gabungan	$Y = -0.599 + 0.460 X1$	0.58

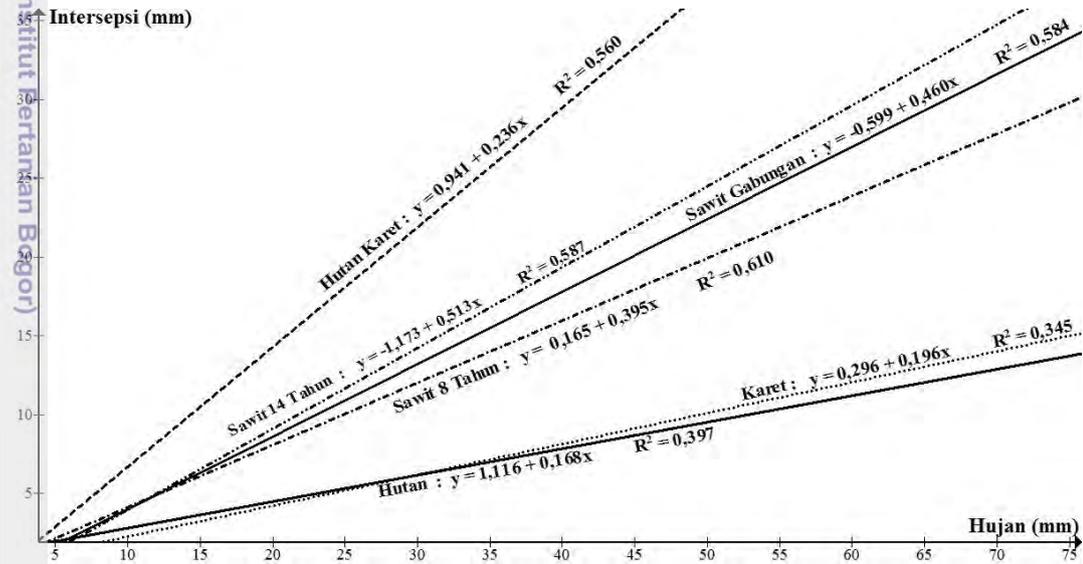
Keterangan : Y = Intersepsi, X1 = Hujan

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 26 Persamaan regresi terpilih antara kedalaman hujan (mm) dengan kedalaman *throughfall* (mm)



Gambar 27 Persamaan regresi terpilih antara kedalaman hujan (mm) dengan kedalaman intersepsi (mm)

Distribusi hujan yang sampai di permukaan melalui mekanisme *throughfall* di suatu tegakan merupakan fungsi dari banyak faktor seperti karakteristik hujan, kondisi meteorologi, struktur vegetasi/karakteristik tajuk dan interaksi dari berbagai faktor-faktor ini (Bulcock dan Jewitt 2012; Sadeghi *et al.* 2015). Karakteristik tajuk dapat diwakili oleh banyak parameter seperti luas tajuk, ketebalan tajuk, keterbukaan tajuk, *leaf area index* (LAI), luas daun, sudut daun, dan luas gap (Deguchi *et al.* 2006; Geibler *et al.* 2013).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan curah hujan harian meningkatkan proporsi curah hujan yang menjadi *throughfall* dan *stemflow*. Hal ini sesuai dengan penelitian terdahulu yang menyebutkan bahwa semakin besar curah hujan maka *throughfall* dan intersepsi juga semakin meningkat (Carlyle-Moses *et al.* 2010; Friesen *et al.* 2012; Véliz-Chávez *et al.* 2014). *Throughfall* dan

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

intersepsi mempunyai keeratan yang rendah dengan karakteristik tajuk (LAI, MLA dan GC). Hal ini selaras dengan penelitian sebelumnya yang menyebutkan bahwa pola intersepsi dan *throughfall* mempunyai asosiasi yang rendah dengan parameter tajuk yang diwakili oleh LAI namun mempunyai korelasi yang erat dengan karakteristik hujannya (Liu *et al.* 2013). Hasil penelitian di hutan spruce pegunungan di China diperoleh hasil bahwa LAI tidak signifikan dalam menduga intersepsi (He *et al.* 2014). Morfologi pohon termasuk LAI dan panjang tajuk tidak mempunyai korelasi dengan kapasitas tajuk untuk mengintersepsikan hujan (Carlyle-Moses *et al.* 2010). Hasil penelitian ini berbeda dengan hasil penelitian Xiao dan McPherson (2011) yang melaporkan bahwa persentase curah hujan yang menjadi *throughfall* dipengaruhi oleh LAI. Deguchi *et al.* (2006) juga mengemukakan bahwa rasio *throughfall* terhadap curah hujan meningkat seiring dengan peningkatan LAI, sebaliknya pada penelitian lain akumulasi *throughfall* cenderung menurun dengan meningkatnya LAI (Siles *et al.* 2010; Geißler *et al.* 2013). Hubungan antara LAI dengan kapasitas tampungan tajuk (*canopy storage capacity*) untuk mengintersepsikan air hujan sangat kompleks (Wang *et al.* 2012), dimana peranan LAI dalam mempengaruhi intersepsi tidak berdiri sendiri namun secara bersama-sama dengan karakteristik tajuk lainnya seperti kekasaran tajuk, sudut bahan, keterbukaan tajuk, hidrophobisitas daun dan ukuran daun (Sadeghi *et al.* 2015). *Throughfall* dan intersepsi tajuk sangat dipengaruhi oleh banyak faktor seperti kapasitas simpan, potensial evaporasi, intensitas hujan dan lama hujan (Bulcock dan Jewitt 2012). Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa *canopy cover* mempunyai korelasi yang rendah dengan *throughfall* pada tutupan lahan hutan bekas tebangan dan hutan karet. Hasil ini berbeda dengan hasil penelitian (Molina dan del Campo 2012) yang mengemukakan bahwa *canopy cover* bersama-sama dengan hujan secara signifikan mempengaruhi nilai *throughfall* yang berarti mempengaruhi intersepsi hujan.

Secara umum hasil penelitian ini menunjukkan bahwa transformasi hutan menjadi kebun karet dan kebun sawit menurunkan intersepsi yang berarti meningkatkan proporsi air hujan yang mencapai permukaan tanah melalui *throughfall* dan *stemflow*. Peningkatan air yang sampai permukaan tanah meningkatkan potensi air yang menjadi aliran permukaan. Manajemen lahan diperlukan untuk mengurangi aliran permukaan dengan cara meningkatkan infiltrasi air ke dalam tanah.

Simpulan

Proporsi curah hujan yang menjadi *stemflow* bervariasi antara 0.04 sampai 3.07% dari total curah hujan yang sampai di permukaan, dimana persentase terendah terjadi pada tanaman karet dan yang terbesar pada tanaman sawit. Kedalaman *stemflow* bervariasi baik antar tanaman yang sama maupun pada tutupan lahan yang berbeda. Kedalaman *stemflow* meningkat seiring dengan peningkatan curah hujan. Laju *stemflow* juga ditemukan adanya variabilitas dimana setiap 1 mm kedalaman hujan secara berturut-turut dapat menyebabkan volume *stemflow* yang bervariasi antara 0.73 liter pada tanaman karet dan 7.17 liter pada tanaman sawit. Parameter SFR juga menunjukkan variabilitas yang tinggi baik antar tanaman dalam tutupan yang sama maupun antara tutupan yang berbeda. Variabilitas *stemflow* dipengaruhi oleh faktor curah hujan dan karakteristik

tanamannya, meskipun hubungan antara karakteristik tanaman dengan *stemflow* belum terlihat dengan jelas.

Hasil penelitian menunjukkan transformasi hutan menjadi kebun karet dan kebun sawit menurunkan intersepsi masing-masing sebesar 7% dan 8% (Kebun sawit 14 tahun), 10% (Kebun sawit umur 8 tahun), sedangkan transformasi hutan menjadi hutan karet meningkatkan intersepsi 5%. Penurunan intersepsi menunjukkan air hujan yang sampai di tanah melalui *stemflow* (SF) dan *throughfall* (TF) meningkat, dan sebaliknya. Proporsi SF di hutan, hutan karet dan kebun karet terhadap hujan masing-masing hanya 0.7%, 0.3% dan 0.2%, sedangkan di kebun sawit > 3%. Struktur tajuk hutan dengan hutan karet dan kebun karet relatif sama sehingga perbedaan SF tidak nyata, namun struktur tajuk tanaman sawit sangat berbeda yang memungkinkan tajuk menangkap air hujan dan diarahkan ke batang sawit dalam volume besar sehingga SF tanaman sawit jauh lebih besar dibandingkan hutan, hutan karet maupun kebun karet. Volume dan laju SF yang besar mengalir terkonsentrasi pada pangkal batang sawit berpotensi menghasilkan tingginya laju aliran permukaan relatif terhadap air yang diinfiltrasikan. Karakteristik tajuk LAI, GC dan MLA mempunyai korelasi yang lemah dengan IF dan TF.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



4 SIFAT HIDRAULIKA TANAH PADA EMPAT BENTUK TRANSFORMASI HUTAN HUJAN TROPIKA DATARAN RENDAH JAMBI

Pendahuluan

Pengelolaan dan perencanaan sumber daya air yang baik memerlukan pengetahuan yang baik tentang sifat hidraulik tanah (Shwetha dan Varija 2015). Sebagian besar penelitian tentang perubahan tutupan lahan adalah mengkaji hubungan antara struktur vegetasi terhadap proses-proses hidrologi (Murakami 2006) dan sedikit yang membahas pengaruh dari perubahan vegetasi terhadap sifat-sifat tanah yang mengendalikan retensi air tanah dan penyimpanannya (Zhang *et al.* 2011). Pergerakan air tak jenuh dalam tanah penting dalam hubungannya dengan pergerakan air menuju akar tanaman, evaporasi, dan redistribusi dalam tanah. Proses-proses pergerakan air ini umumnya sangat kompleks dan sulit dijabarkan secara kuantitatif. Kadar air dan kondisinya selalu berubah setiap saat selama aliran berlangsung yang merupakan hubungan yang kompleks antara variabel-variabel tanah seperti pembasahan, hisapan, dan konduktivitas hidrolis tanah (Hillel 1980). Retensi air adalah sifat hidrofisik tanah yang dapat dijabarkan oleh ketergantungan antara kadar air tanah dan potensial air tanah (Walczak *et al.* 2006)

Penetapan kurva retensi tanah di laboratorium umumnya menggunakan alat *pressure plate apparatus* pada berbagai tekanan pF. Contoh tanah utuh yang berasal dari ring contoh dibagi menjadi empat bagian sama besar dan kemudian bagian tersebut dijadikan sebagai contoh uji yang diberi tekanan sesuai yang diinginkan. Kadar air kemudian diukur dari masing-masing contoh tanah tersebut (Kurnia *et al.* 2006). Pengukuran retensi air tanah di lapangan awalnya dilakukan menggunakan tensiometer konvensional yang pada awalnya menggunakan air raksa (Hg) sebagai indikator manometer. Teknik ini telah diubah menggunakan *pressure transducer* model digital karena alasan keamanan lingkungan (Kirkham 2014).

Retensi air biasanya ditampilkan dalam bentuk kurva, dikenal dengan kurva pF. Dengan demikian, untuk satu contoh tanah perlu dilakukan penetapan kandungan air tanah pada berbagai tekanan. *Soil water retention curve* (SWRC) didefinisikan sebagai hubungan antara kandungan air volumetrik (θ) dan tekanan kapiler tanah (ψ), sementara fungsi konduktivitas hidraulik adalah hubungan antara konduktivitas hidraulik tidak jenuh K dan ψ . Pemahaman hubungan antara kandungan volumetrik air tanah (θ), *pressure head* air tanah (h) dan konduktivitas hidraulik tanah (K) menjadi sangat penting untuk dikaji (Shwetha dan Varija 2015).

Retensi air tanah menentukan indeks kecukupan air khususnya pada pada pF 2,54 dan pF 4,2 dan menentukan teknik konservasi tanah dan air yang diperlukan (Sulaeman *et al.* 2006). SWRC dan fungsi konduktivitas hidraulik diperlukan untuk menggambarkan fenomena fisik dari karakteristik perilaku air dalam tanah tidak jenuh, dan merupakan sifat fisik penting dari materi tanah. SWRC diperlukan untuk memprediksi ketersediaan air bagi tanaman dan pergerakan air dalam tanah (Fernández-Gálvez dan Barahona 2005).

Pengukuran sifat hidraulik retensi tanah ini memerlukan banyak waktu dan membutuhkan biaya yang besar serta memerlukan pekerja yang banyak. Peneliti

kemudian mengembangkan pendekatan fungsi pedotransfer (FPT) untuk menaksir retensi air tanah menggunakan sifat-sifat tanah yang telah tersedia (Sulaeman *et al.* 2006). Model antara retensi air tanah – konduktifitas hidraulik telah dikembangkan oleh beberapa peneliti seperti model van Genuchten yang diturunkan dari kurva penyesuaian empiris (van Genuchten 1980) dan model lognormal yaitu model distribusi yang berbasis pada distribusi radius pori tanah (LN) (Kosugi 1996). Model-model yang tidak diturunkan berdasarkan distribusi radius pori tanah sebenarnya tidak dapat secara efektif digunakan untuk menganalisis karakteristik kelembaban dalam hubungannya dengan distribusi radius pori tanah (Kosugi 1996).

Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sifat hidraulik tanah yang direpresentasikan oleh kurva retensi air tanah dan kurva konduktifitas hidraulik tidak jenuh pada 4 bentuk transformasi tutupan hujan dataran rendah yaitu pada hutan bekas tebangan, hutan karet, kebun karet dan kebun sawit.

Metode Penelitian

Tempat dan Waktu Penelitian

Pengambilan sampel tanah dilakukan di Desa Bungku Kecamatan Bajubang Kabupaten Batanghari. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Fisika dan Konservasi Tanah Institut Pertanian Bogor. Penelitian berlangsung dari bulan Oktober 2012 sampai dengan Maret 2013.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah ring sampel, kantong plastik, cangkul, linggis, dodos, dan parang. Bahan yang digunakan adalah sampel tanah utuh dan sampel tanah terganggu/komposit untuk analisis tanah di laboratorium.

Teknik Pengambilan Sampel Tanah.

Pengambilan sampel tanah dilakukan secara *purposive sampling* dengan 8 ulangan pada 4 bentuk transformasi (hutan bekas tebangan, hutan karet, kebun karet, dan kebun sawit). Pengambilan sampel tanah tidak terganggu dengan menggunakan ring sampel tanah pada kedalaman 5-10 cm, 15-20 cm dan kedalaman 25-30 cm dari permukaan tanah. Pada masing-masing bentuk transformasi tersebut diambil contoh tanah pada 8 titik pengambilan pada 3 kedalaman tanah sehingga diperoleh sebanyak 24 contoh tanah. Total contoh tanah tidak terganggu yang diambil adalah 96 contoh tanah. Selain itu diambil sebanyak 8 sampel tanah komposit pada masing-masing bentuk transformasi hutan sehingga diperoleh 32 sampel tanah komposit.

Sampel tanah utuh digunakan untuk analisis bobot isi (Metode Gravimetri), ruang pori total tanah, kadar air pada berbagai potensial air tanah (pF 2; pF 2.54; pF 4.2) dengan menggunakan alat *pressure plate apparatus* dan *pressure membrane apparatus*, serta pori air tersedia dan pori drainase. Besarnya tekanan biasanya dinyatakan dalam satuan atmosfer (atm) dan dapat juga dipadankan dengan tinggi

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

kolom air (cm) serta nilai pF yang bersangkutan. Nilai pF adalah logaritma (log 10) dari tegangan air tanah yang dinyatakan dalam cm kolom air.

Penentuan aliran air dalam tanah

Sifat hidraulika tanah yang direpresentasikan kurva retensi air tanah pada kondisi jenuh dan tekanan/hisapan tanah pada 10, 100, 300,1000, 5000 and 15000 cm H₂O. Sifat hidraulika tanah digambarkan oleh kadar air jenuh, konduktivitas hidraulika jenuh (Ks), kurva retensi air tanah sebagai hubungan kadar air (θ) dengan potensial matriks (ψ), dan hubungan konduktivitas hidraulik tanah (K) dengan potensial matriks (ψ). Kadar air, potensial matriks tanah, dan konduktivitas hidraulik tanah didapatkan dengan melakukan uji laboratorium terhadap contoh tanah yang diambil di plot penelitian. Kedalaman tanah yang ditentukan adalah 5-10 cm, 15-20 cm dan 25-30 cm. Kadar air (θ_i) pada setiap potensial matriks (ψ_i) diperoleh dengan metode volumetrik sebagai berikut:

$$\theta v = \frac{(BBT - BKT) / \rho}{VT} \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan :

- θv = Kadar air volumetrik (gr/gr atau ml/ml).
- BBT = Berat basah tanah (gr).
- BKT = Berat kering tanur tanah (gr).
- VT = Volume tanah total (ml).
- ρ = Berat jenis air murni (ρ = 1gr/ ml).

Kemudian dibuat hubungan antara kadar air (θ) pada potensial matrik (ψ) tertentu yang digunakan untuk menentukan parameter model lognormal (LN) kurva retensi air tanah (Kosugi 1996) yaitu θ_s, ψ_m, dan σ. Model LN kurva retensi air tanah yang dimaksud adalah :

$$Se = \frac{(\theta - \theta_r)}{(\theta_s - \theta_r)} = Q \left(\frac{\ln(\frac{\psi}{\psi_m})}{\sigma} \right) \dots\dots\dots (7)$$

Dimana :

- Se = Kejenuhan Efektif
- Q = Komplemen fungsi sebaran normal
- $Q(x) = \int_x^\infty \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right) dx \dots\dots\dots (8)$
- θ_r = Kadar air ketika ψ berada dalam kondisi terkecil (saat kering)
- θ_s = Kadar air ketika ψ berada dalam kondisi terbesar (saat jenuh)
- ψ_m = Potensial matriks saat kejenuhan efektif (cmH₂O)
- ψ = Potensial matriks (cmH₂O)
- σ = Simpangan baku dari log radius pori yang ditransformasi $\left(\ln\left(\frac{\psi}{\psi_m}\right)\right)$

Penentuan parameter model LN kurva retensi air tanah dilakukan dengan cara fitting kurva antara kurva θ - Ψ hasil pengukuran dengan kurva model dengan cara meminimumkan jumlah kuadrat selisih (*residual sum square*) θ hasil pengukuran dengan θ hasil pendugaan.

Parameter model LN kurva retensi air tanah θ_s , ψ_m , σ dan K_s selanjutnya digunakan sebagai parameter model LN $K(\psi)$ (Kosugi 1996) sebagai berikut:

$$K(\psi) = K_s \left[Q \left(\frac{1}{\sigma} \ln \left(\frac{\psi}{\psi_m} \right) \right) \right]^\tau \left[Q \left(\frac{1}{\sigma} \ln \left(\frac{\psi}{\psi_m} \right) + \sigma \right) \right]^2 \dots\dots\dots (9)$$

Dimana :

$K(\psi)$ = Konduktivitas hidraulik tidak jenuh (cm/ s).

K_s = Konduktivitas hidraulik tanah jenuh.

τ = Nilai tortousity

Parameter r , σ , s dan ψ_m didapat dengan pendekatan optimasi kurva retensi air tanah dengan cara meminimalkan nilai *residual sum of square* (RSS) antara data kurva retensi hasil pengukuran dengan model. Optimasi menggunakan bantuan solver command perangkat lunak Microsoft Excel.

Hasil dan Pembahasan

Sifat Fisik Tanah

Sifat fisik tanah yang dianalisis adalah sifat – sifat tanah berupa bobot isi (*bulk density*), porositas dan pori air tersedia serta KA pada berbagai hisapan matrik/potensial. Hasil Analisis sifat fisik tanah disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11 Hasil analisis sifat fisisk tanah pada masing-masing tutupan lahan

No	Tutupan lahan	Kedalaman	BI (gr/cm3)	Porositas (%)	Pori air tersedia (%)
1	Hutan	5-10 cm	1.22 ± 0.07	54.13 ± 2.49	9.27 ± 1.66
		15-20 cm	1.32 ± 0.04	50.32 ± 1.61	8.74 ± 0.98
		25-30 cm	1.33 ± 0.06	49.76 ± 2.39	8.94 ± 1.93
		Overall	1.29 ± 0.08	51.40 ± 2.89	8.98 ± 1.52
2	Hutan Karet	5-10 cm	1.21 ± 0.10	54.22 ± 3.85	10.66 ± 2.02
		15-20 cm	1.30 ± 0.08	51.08 ± 2.88	8.30 ± 1.66
		25-30 cm	1.37 ± 0.05	48.24 ± 1.84	6.86 ± 0.89
		Overall	1.29 ± 0.10	51.18 ± 3.78	8.61 ± 2.21
3	Kebun Karet	5-10 cm	1.30 ± 0.05	50.46 ± 1.76	8.39 ± 1.68
		15-20 cm	1.27 ± 0.10	52.02 ± 3.94	9.42 ± 3.94
		25-30 cm	1.28 ± 0.06	51.82 ± 2.26	10.01 ± 2.59
		Overall	1.28 ± 0.07	51.60 ± 2.73	9.27 ± 2.16
3	Kebun Sawit	5-10 cm	1.24 ± 0.05	53.32 ± 1.84	9.85 ± 2.08
		15-20 cm	1.30 ± 0.09	50.91 ± 3.57	8.92 ± 2.20
		25-30 cm	1.38 ± 0.07	47.88 ± 2.69	7.95 ± 1.44
		Overall	1.31 ± 0.09	50.70 ± 3.50	8.82 ± 1.97

Bobot isi (BI) dan Porositas tanah

Hasil analisis bobot isi dan porositas tanah menunjukkan bahwa dari keempat bentuk transformasi tersebut tidak berbeda nyata. Bobot isi terbesar sampai yang terkecil secara berturut turut adalah kebun sawit, hutan karet, hutan dan kebun karet. BI cenderung semakin meningkat dengan semakin dalamnya tanah (Tabel 13),

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumarkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

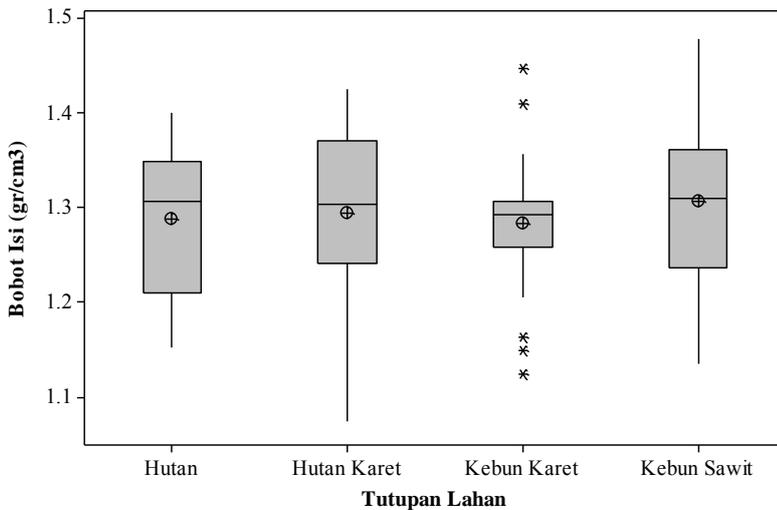
kecuali di kebun karet dimana kecenderungan BI semakin menurun dengan semakin dalamnya tanah. Peningkatan BI pada horison tanah yang lebih dalam karena pada tanah Ultisol terjadi peningkatan fraksi liat yang membentuk horizon argilik yang cukup merugikan karena menghalangi aliran air secara vertikal, sebaliknya aliran horizontal meningkat sehingga memperbesar daya erosivitas (Prasetyo dan Suriadikarta 2006). BI pada kedalaman 5-10 cm di kebun karet dan kebun sawit lebih tinggi dari hutan dan hutan karet, hal ini mengindikasikan adanya pemadatan tanah akibat aktifitas manusia (Tanaka *et al.* 2009). Porositas tanah dari terbesar sampai yang terkecil secara berturut turut adalah kebun karet, hutan, hutan karet dan kebun sawit. Porositas tanah berbanding terbalik dengan BI, hal ini terjadi karena perhitungan porositas tergantung pada bobot isi tanah.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

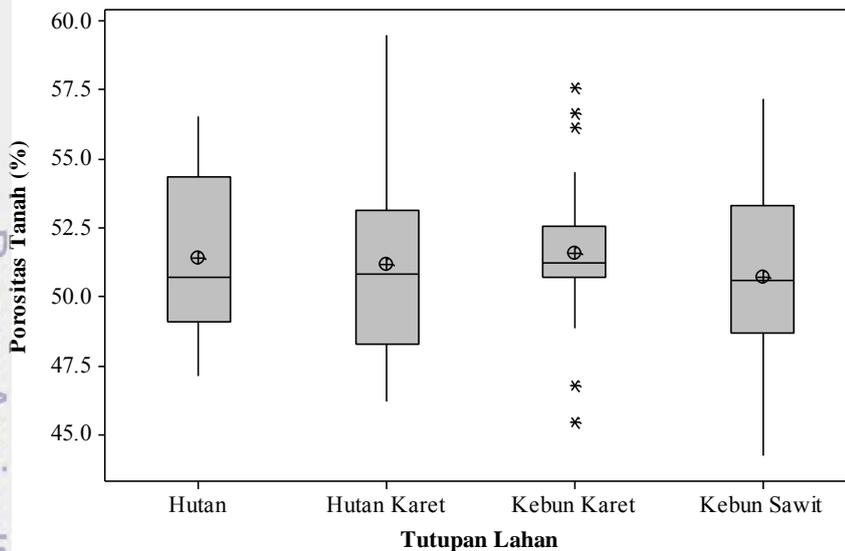
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University



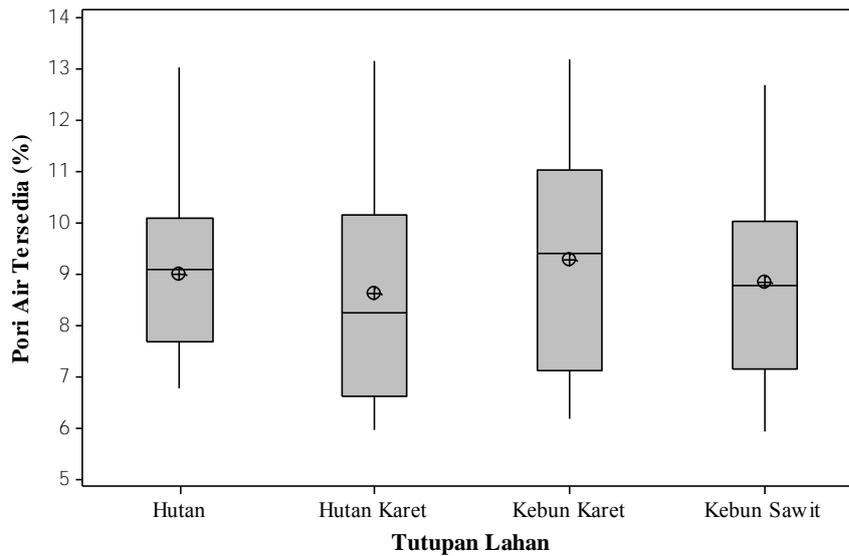
Gambar 28 Bobot isi pada masing-masing bentuk transformasi



Gambar 29 Porositas tanah pada masing-masing bentuk transformasi

Pori Air Tersedia

Hasil analisis pori air tersedia menunjukkan bahwa dari keempat bentuk transformasi tersebut besarnya pori air tersedia tidak berbeda nyata. Pori air tersedia dari yang terbesar sampai yang terkecil secara berturut turut adalah kebun karet, hutan, kebun sawit dan hutan karet. Pori air tersedia cenderung semakin rendah seiring dengan semakin dalamnya tanah dari permukaan kecuali pada kebun karet yang semakin meningkat seiring peningkatan kedalaman tanah (Tabel 13).



Gambar 30 Pori air tersedia pada masing-masing bentuk transformasi

Deskripsi Sifat Fisik dan Sifat Hidraulik Tanah

Hasil analisis statistik deskriptif sifat-sifat hidraulik tanah dari keempat bentuk transformasi di lanskap transformasi hutan hujan dataran rendah disajikan pada Tabel 12. Data ini merupakan gabungan data dari keempat bentuk transformasi yang diteliti pada ketiga lapisan yaitu lapisan (5-10 cm), lapisan (15-20 cm) dan lapisan (25-30 cm). Bobot isi tanah berkisar antara 1.07 g/cm³ sampai 1.48 g/cm³ dengan rata-rata sebesar 1.29 g/cm³. Kandungan karbon organik tanah berkisar dari 0.48% sampai 2.39%, dengan nilai rata-rata 1.11% dari total 32 contoh tanah. Fraksi debu kasar mempunyai persentase terbesar dari keenam fraksi tanah yang diamati dengan rata-rata sebesar 39.50%.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Tabel 12 Deskripsi statistik sifat fisik dan sifat hidraulik tanah dan pada keempat bentuk transformasi

Peubah	N	Minimum	Maksimum	Rataan	Standar Deviasi	Skewness		Kurtosis	
						Statistik	Std. Error	Statistik	Std. Error
Bobot isi (g/cm ³)	96	1.07	1.48	1.29	0.09	-0.27	0.25	-0.11	0.49
Porositas (%)	96	44.22	59.51	51.22	3.22	0.27	0.25	-0.11	0.49
KA (% Volume) PF 1	96	37.76	50.72	43.99	2.48	-0.01	0.25	0.35	0.49
KA (% Volume) PF 2	96	32.01	45.89	37.77	2.68	0.34	0.25	0.12	0.49
KA (% Volume) PF 2.54	96	26.74	36.67	30.80	2.53	0.41	0.25	-0.61	0.49
KA (% Volume) PF 4.2	96	16.94	28.43	21.88	2.20	0.51	0.25	0.31	0.49
Pori Air Tersedia (%)	96	5.91	13.19	8.92	1.97	0.46	0.25	-0.65	0.49
Pori Sangat Cepat (%)	96	2.50	14.24	7.24	2.54	0.39	0.25	-0.40	0.49
Pori Cepat (%)	96	1.20	12.68	6.22	2.27	0.37	0.25	0.16	0.49
Pori Lambat (%)	96	3.13	12.27	6.96	2.21	0.17	0.25	-0.72	0.49
C organik (%)	32	0.48	2.39	1.11	0.44	0.86	0.41	0.95	0.81
Pasir Kasar (%)	32	3.12	22.89	7.34	3.52	2.80	0.41	11.99	0.81
Pasir Halus (%)	32	5.68	19.77	11.02	3.69	1.10	0.41	0.20	0.81
Debu Kasar (%)	32	20.81	50.72	39.50	7.56	-0.84	0.41	0.59	0.81
Debu Halus (%)	32	2.22	18.45	7.29	3.59	1.25	0.41	2.41	0.81
Liat Kasar (%)	32	5.01	26.72	15.33	5.12	0.11	0.41	-0.20	0.81
Liat Halus (%)	32	6.94	40.76	19.53	6.24	1.29	0.41	3.40	0.81

Pori-pori yang berdiameter kurang dari 0.2 mikron umumnya disebut pori tidak berguna, karena akar tanaman tidak dapat mengambil air dari dalam tanah dengan ukuran pori kurang dari 0.2 mikron tersebut. Air dari dalam pori-pori tanah berukuran kurang dari 0.2 mikron hanya dapat dikeluarkan dengan kekuatan atau tekanan hisap lebih dari 15 atm (pF 4.2) (Hillel *et al.* 2004). Daya hisap maksimum akar tanaman untuk mengambil air dari dalam tanah adalah 15 atm (air berada pada pori-pori berdiameter lebih dari 0.2 mikron). Kandungan air pada tekanan 15 atm atau pF 4.2 disebut titik layu permanen atau *permanent wilting point* yang pada penelitian ini terjadi pada kadar air antara 16.94% sampai dengan 28.43% (Tabel 12). Pori-pori tanah yang berdiameter lebih dari 0.2 mikron disebut pori berguna (Sudirman *et al.* 2006), dan secara umum pori-pori tersebut terbagi atas tiga kelompok, terdiri atas:

- a) Pori pemegang air, yaitu pori yang berdiameter antara 0.2 – 8.6 mikron (pF 4.2 – 2.54). Air yang berada dalam pori pemegang air disebut air tersedia bagi tanaman, berada antara titik layu (pF 4.2) dan kapasitas lapang (pF 2.54). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa besarnya air tersedia bagi tanaman berkisar antara 5.91% sampai dengan 13.19% (Tabel 12).
- b) Pori drainase lambat, yaitu pori yang berdiameter antara 8.6 – 28.8 mikron (pF 2.54 – 2.0). Hasil pengukuran Pori drainase lambat pada keempat bentuk transformasi menunjukkan kisaran antara 3.13% sampai dengan 12.27% (Tabel 12).

- c) Pori drainase cepat dan sangat cepat, yaitu pori yang berdiameter lebih dari 28.8 mikron (pF 2.0). Kisaran pengukuran pori drainase cepat dari keempat bentuk transformasi adalah sebesar 1.20% sampai dengan 12.68% (Tabel 12).

Pertumbuhan tanaman yang baik memerlukan oksigen dan aerasi yang cukup, sehingga pori drainase cepat dan pori drainase lambat jangan terlalu lama diisi oleh air.

Hubungan Antara Retensi Air Tanah dan Sifat fisik Tanah

Hasil analisis korelasi pearson menunjukkan bahwa bobot isi (BI) tanah dari keempat bentuk transformasi mempunyai korelasi yang cukup erat dengan kadar air (% volume) pada pF 1, dan persen pori drainase tanah (% volume) sangat cepat, namun mempunyai korelasi yang rendah dengan parameter lainnya (Tabel 13). Sifat hidraulika tanah yang diwakili kurva retensi pada pF 1, pF 2, pF 2.54 dan pF 4.2 pada keempat bentuk transformasi mempunyai korelasi yang rendah dengan kandungan C organik tanah, pasir kasar, pasir halus, debu kasar, debu halus, liat kasar dan liat halus. Bobot isi (BI) berkorelasi cukup erat dengan kada air (persen volume) pada pF 1, namun memiliki korelasi yang sangat rendah dengan pF 2, pF 2.54 dan pF 4.2.

Hasil analisis ini menunjukkan bahwa koefisien korelasi antar peubah yang dianalisis masih rendah. Batas minimal nilai koefisien korelasi untuk menyeleksi peubah penaksir sifat tanah tertentu adalah sebesar 0.7. Jika nilai koefisien korelasi antara sifat tanah dengan karakteristik retensi air 0.7 atau lebih maka sifat tanah itu dapat dijadikan sebagai peubah penaksir. Sebaliknya jika nilai koefisien korelasi antara sifat tanah dengan retensi air kurang dari 0.7 maka sifat tanah tersebut tidak bisa dijadikan sebagai peubah penaksir (Banin dan Amiel 1970). Hasil analisis korelasi dari peubah-peubah sifat tanah di keempat bentuk transformasi nilainya kurang dari 0.7, sehingga peubah yang ada tidak bisa dijadikan sebagai peubah untuk menaksir retensi air tanah.

Nilai korelasi yang rendah kemungkinan disebabkan oleh sampel tanah yang digunakan untuk analisis sifat hidraulik tanah berbeda dengan yang digunakan untuk analisis tekstur tanah dan kandungan C organik tanah. Tempat pengambilan sampel tanah untuk analisis sifat hidraulik dan analisis tekstur berjarak sekitar 1 meter, namun hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sifat tanah sangat bervariasi. Kondisi ini menunjukkan bahwa untuk penelitian pendugaan kurva retensi tanah dengan menggunakan karakteristik sifat tanah lainnya harus menggunakan sampel tanah yang sama.

Kurva Retensi Tanah

Hasil pengukuran retensi tanah, pori drainase dan air tersedia pada masing-masing bentuk transformasi disajikan pada Tabel 14. Kadar air pada pF 1 cenderung menurun seiring dengan peningkatan kedalaman tanah, kecuali pada bentuk transformasi kebun karet. Kadar air pada pF 2 bervariasi baik antara bentuk transformasi maupun antar kedalaman tanah pada tutupan lahan yang sama. Persentase kadar air pada pF 2.54 untuk tutupan lahan hutan dan kebun karet

cenderung meningkat seiring peningkatan kedalaman tanah, sedangkan pada tutupan hutan karet dan kebun sawit kadar air tanah cenderung menurun seiring peningkatan kedalaman tanahnya. Pengukuran kadar air kapasitas lapang di laboratorium dengan sampel tanah utuh setebal kurang lebih 1 cm menggunakan alat "*pressure plate apparatus*" pada pF 2.54 cenderung menghasilkan nilai yang lebih rendah dari hasil pengukuran dengan metode drainase. Hal ini bisa disebabkan oleh pemberian tekanan setara pF 2.54 (1/3 Bar) pada contoh tanah padahal tekanan yang diperlukan agar drainase bebas berhenti dapat berbeda untuk setiap jenis tanah. Air pada contoh tanah yang setebal 1 cm lebih mudah hilang dibandingkan air yang berada dalam kolom tebal pada metode drainase. Pengukuran kadar air kapasitas lapang metode *pressure plate* juga mengabaikan karakteristik profil tanah (Baskoro dan Tarigan 2007).

Tabel 14 menunjukkan bahwa kandungan air titik layu permanen atau *permanent wilting point* terendah terjadi pada tutupan hutan kedalaman 5 – 10 cm yaitu sebesar $19.63 \pm 1.40\%$ dan yang tertinggi pada kebun sawit kedalaman 5 – 10 cm yaitu sebesar $23.10 \pm 2.50\%$. Air tersedia bagi tanaman yang terendah ditemukan pada tutupan hutan karet kedalaman 25 – 30 cm yaitu sebesar $6.68 \pm 0.89\%$ dan yang tertinggi ditemukan pada tutupan hutan karet kedalaman 10.66 ± 2.02%. Hasil pengukuran pori drainase lambat pada keempat bentuk transformasi menunjukkan bahwa rata-rata terbesar ditemukan pada tutupan lahan hutan kedalaman 5 – 10 cm yaitu sebesar $8.79 \pm 2.00\%$ dan yang terendah ditemukan pada tutupan lahan hutan kedalaman 15 – 20 cm yaitu sebesar $5.27 \pm 1.85\%$. Pori drainase cepat terbesar ditemukan pada tutupan lahan hutan karet kedalaman 5 – 10 cm yaitu sebesar $8.12 \pm 2.43\%$ dan yang terendah pada kebun sawit kedalaman 25 – 30 cm yaitu sebesar $4.92 \pm 2.39\%$.

Kadar air tanah sangat dipengaruhi oleh nilai retensinya. Retensi air tanah merupakan kemampuan tanah untuk menahan air yang ada di dalamnya. Semakin tinggi nilai retensi air tanah menyebabkan semakin besar kemampuan tanah untuk menahan air tanah, sehingga kadar air tanah semakin tinggi. Hasil optimasi antara pengukuran retensi tanah di laboratorium yang diwakili oleh pF21, pF 2, pF2.54 dan pF 4.2 terhadap persamaan Kosugi pada masing-masing tutupan lahan di ketiga kedalaman tanah diperoleh parameter θ_r , θ_s , dan σ seperti yang disajikan pada Tabel 15. Rataan kadar air ketika ψ berada dalam kondisi terkecil (saat kering) berkisar antara 0.181 sampai dengan 0.228. Rataan kadar air ketika ψ berada dalam kondisi terbesar (saat jenuh) berkisar antara 0.426 sampai dengan 0.594.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Tabel 13 Hasil analisis korelasi sifat-sifat tanah

	pF 1	pF 2	pF 2.54	pF 4.2	BI	C organik (%)	PK (%)	PH (%)	DH (%)	LK (%)	LH (%)
pF 1											
pF 2											
pF 2.54											
pF 4.2											
BI	-0.630**	-0.297**	-0.376**	0.103							
C organik (%)	0.051	0.036	-0.022	-0.024							
PK	-0.106	-0.058	-0.019	-0.174							
PH	-0.213*	-0.196	-0.256*	-0.332**							
DK	-0.001	-0.067	-0.061	-0.079							
DH	0.130	0.079	0.069	0.083							
LK	0.178	0.258*	0.131	0.142							
LH	-0.034	-0.028	0.089	0.226*							

Keterangan : ** Korelasi nyata pada $\alpha = 0,01$,

* Korelasi nyata pada $\alpha = 0,05$,

pF 1 = Kadar Air (% Volume) pF 1, pF 2 = Kadar Air (% Volume) pF 2, pF 2,54 = Kadar Air (% Volume) pF 2.54, pF 4,2 = Kadar Air (% Volume) pF 4.2,

BI = Bobot isi (g/cm³), PK = Pasir Kasar (%), PH = Pasir Halus (%), DK = Debu Kasar (%), DH = Debu Halus (%), LK = Liat Kasar (%), LH = Liat Halus (%)

Tabel 14 Hasil pengukuran sifat hidraulik tanah untuk masing-masing tutupan lahan

Kedalaman (cm)	Kadar Air (% Volume)			pF 4,2	Waktu tersedia (%)	Hak cipta milik IPB			Pori Drainase (% Volume)		
	pF 1	pF 2	pF 2,54			Bogor	Pori sangat Cepat	Pori cepat	Pori Lambat		
Hutan	5-10	44.09 ± 1.31	37.68 ± 2.67	28.90 ± 1.75	19.63 ± 1.40	9.27 ± 1.66	10.41 ± 2.02	6.40 ± 2.37	8.79 ± 2.00		
	15-20	42.18 ± 3.06	34.98 ± 2.05	29.71 ± 1.16	20.97 ± 2.05	8.74 ± 0.98	8.13 ± 2.18	7.20 ± 3.46	5.27 ± 1.85		
	25-30	42.15 ± 1.94	36.73 ± 2.13	30.48 ± 1.58	21.53 ± 1.09	8.94 ± 1.93	7.60 ± 1.89	5.42 ± 1.95	6.25 ± 3.08		
Hutan Karet	5-10	46.61 ± 2.64	38.49 ± 3.37	32.18 ± 2.92	21.52 ± 1.78	10.66 ± 2.02	7.61 ± 1.96	8.12 ± 2.43	6.31 ± 1.81		
	15-20	43.56 ± 1.76	37.77 ± 2.71	30.77 ± 2.89	22.48 ± 2.49	8.30 ± 1.66	7.52 ± 2.70	5.79 ± 1.77	7.00 ± 2.58		
	25-30	42.11 ± 2.64	36.70 ± 2.27	29.73 ± 2.58	22.87 ± 2.52	6.68 ± 0.89	6.14 ± 2.09	5.41 ± 1.50	6.96 ± 0.91		
Kebun Karet	5-10	44.39 ± 2.20	37.75 ± 2.43	30.51 ± 3.20	22.12 ± 2.28	8.39 ± 1.68	6.57 ± 2.59	6.64 ± 1.55	7.24 ± 1.68		
	15-20	45.50 ± 2.24	39.31 ± 1.95	31.33 ± 1.40	21.91 ± 1.12	9.42 ± 2.07	6.52 ± 3.02	6.18 ± 2.10	7.99 ± 1.62		
	25-30	44.82 ± 1.43	39.68 ± 2.06	32.22 ± 2.63	22.21 ± 2.30	10.01 ± 2.59	7.00 ± 3.19	5.14 ± 1.64	7.46 ± 2.13		
Kebun Sawit	5-10	45.81 ± 2.03	39.05 ± 3.53	32.68 ± 2.44	23.10 ± 2.50	9.58 ± 2.08	7.51 ± 2.28	6.76 ± 2.68	6.37 ± 3.09		
	15-20	43.84 ± 1.72	37.20 ± 2.29	30.51 ± 3.23	21.59 ± 2.80	8.92 ± 2.20	7.06 ± 2.84	6.65 ± 1.91	6.68 ± 2.31		
	25-30	42.76 ± 2.01	37.84 ± 2.20	30.61 ± 2.15	22.66 ± 2.40	7.95 ± 1.44	5.12 ± 1.38	4.92 ± 2.39	7.23 ± 1.91		

1. Dikarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Tabel 15 Parameter θ_r , θ_s , dan σ hasil optimasi kurva retensi air tanah

Tutupan Lahan	Kedalaman (cm)	θ_r	θ_s	σ	$\theta_s - \theta_r$
Hutan	5-10 (cm)	0.182 ± 0.069	0.463 ± 0.040	1.886 ± 1.758	0.281 ± 0.100
	15-20 (cm)	0.182 ± 0.040	0.549 ± 0.187	2.960 ± 2.213	0.367 ± 0.207
	25-30 (cm)	0.190 ± 0.074	0.458 ± 0.054	2.423 ± 1.791	0.268 ± 0.126
Hutan Karet	5-10 (cm)	0.197 ± 0.041	0.594 ± 0.262	2.857 ± 2.126	0.398 ± 0.299
	15-20 (cm)	0.189 ± 0.079	0.486 ± 0.100	2.873 ± 3.239	0.297 ± 0.176
	25-30 (cm)	0.228 ± 0.025	0.426 ± 0.031	1.374 ± 0.340	0.198 ± 0.024
Kebun Karet	5-10 (cm)	0.219 ± 0.022	0.453 ± 0.026	1.615 ± 0.423	0.234 ± 0.016
	15-20 (cm)	0.214 ± 0.020	0.469 ± 0.044	1.608 ± 0.817	0.255 ± 0.059
	25-30 (cm)	0.214 ± 0.030	0.463 ± 0.036	1.746 ± 1.243	0.249 ± 0.058
Kebun Sawit	5-10 (cm)	0.185 ± 0.073	0.593 ± 0.259	2.491 ± 1.725	0.408 ± 0.285
	15-20 (cm)	0.181 ± 0.077	0.480 ± 0.111	2.587 ± 2.753	0.300 ± 0.183
	25-30 (cm)	0.204 ± 0.052	0.444 ± 0.064	2.058 ± 1.984	0.240 ± 0.109

Keterangan :

- θ_r = Kadar air ketika ψ (Potensial matriks) berada dalam kondisi terkecil (saat kering)
- θ_s = Kadar air ketika ψ (Potensial matriks) berada dalam kondisi terbesar (saat jenuh)
- σ = Simpangan baku dari log radius pori yang ditransformasi ($\ln\left(\frac{\psi}{\psi_m}\right)$)

Kurva rata-rata bagi masing-masing kedalaman tanah pada setiap bentuk transformasi disajikan pada Gambar 31. Gambar 31 menunjukkan keragaman terjadi pada kedalaman tanah yang sama maupun pada tutupan lahan yang sama. Hasil penelitian ini menunjukkan terdapat beberapa bentuk kurva retensi hasil fitting yang berbentuk menyerupai garis lurus. Hal ini kemungkinan terjadi karena fitting persamaan yang hanya menggunakan 4 titik pengamatan pF. Untuk menghitung rata-rata kurva retensi tanah pada setiap bentuk transformasi dan pada masing-masing kedalaman bentuk kurva retensi yang menyerupai garis lurus dikeluarkan dari penghitungan.

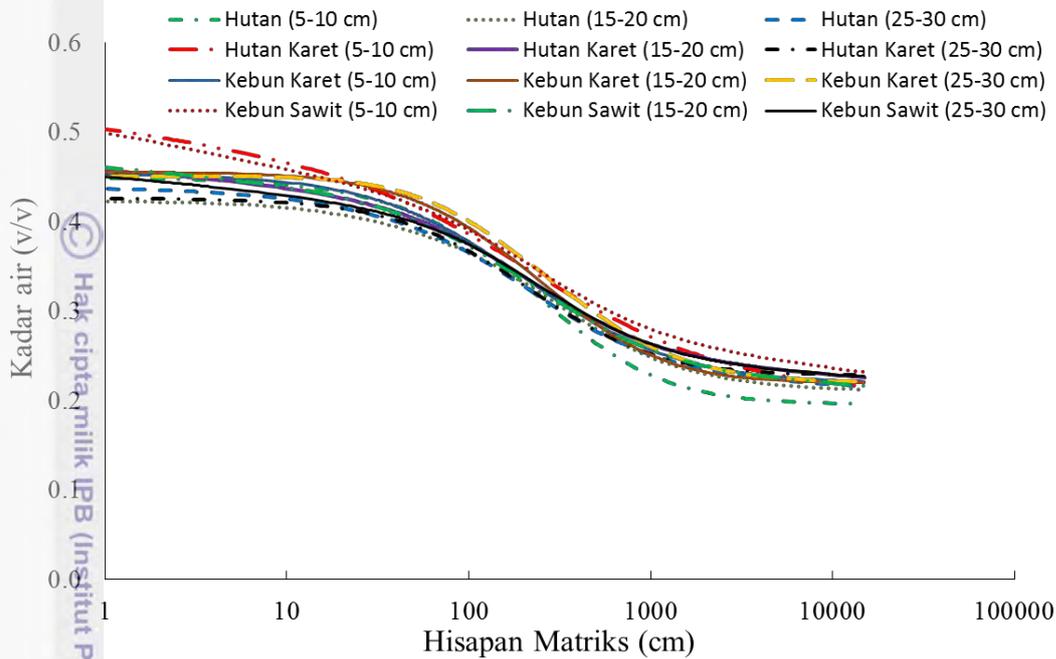
Kadar air ketika ψ berada dalam kondisi terkecil saat kering (θ_r) pada kedalaman 5 - 10cm secara berturut turut dari yang terkecil sampai yang terbesar adalah 18.2% (hutan), 18.5% (kebun sawit), 19.7% (hutan karet) dan 21.9% (kebun karet). Kadar air ketika ψ berada dalam kondisi terkecil saat kering (θ_r) pada kedalaman 15 - 20cm secara berturut-turut dari yang terkecil sampai yang terbesar adalah 18.1% (kebun sawit), 18.2% (hutan), 18.9% (hutan karet) dan 21.4% (kebun karet). Kadar air ketika ψ berada dalam kondisi terkecil saat kering (θ_r) pada kedalaman 25 - 30 cm secara berturut-turut dari yang terkecil sampai yang terbesar 19.0% (hutan), 20.4% (kebun sawit), 21.4% (kebun karet) dan 22.8% (hutan karet).

Kadar air ketika ψ berada dalam dalam kondisi terbesar saat jenuh (θ_s) pada kedalaman 5 - 10cm secara berturut turut dari yang terkecil sampai yang terbesar adalah 45.3% (kebun karet), 46.3% (hutan), 59.3% (kebun sawit) dan 59.4% (hutan karet). Kadar air ketika ψ berada dalam dalam kondisi terbesar saat jenuh (θ_s) pada kedalaman 15 - 20cm secara berturut-turut dari yang terkecil sampai yang terbesar adalah 46.9% (kebun karet), 48.0% (kebun sawit), 48.6% (hutan karet) dan 54.9% (hutan). Kadar air ketika ψ berada dalam dalam kondisi terbesar saat jenuh (θ_s) pada kedalaman pada kedalaman 25 - 30 cm secara berturut-turut dari yang terkecil

sampai yang terbesar 42.6% (hutan karet), 44.4% (kebun sawit), 45.8% (hutan) dan 46.3% (kebun karet).

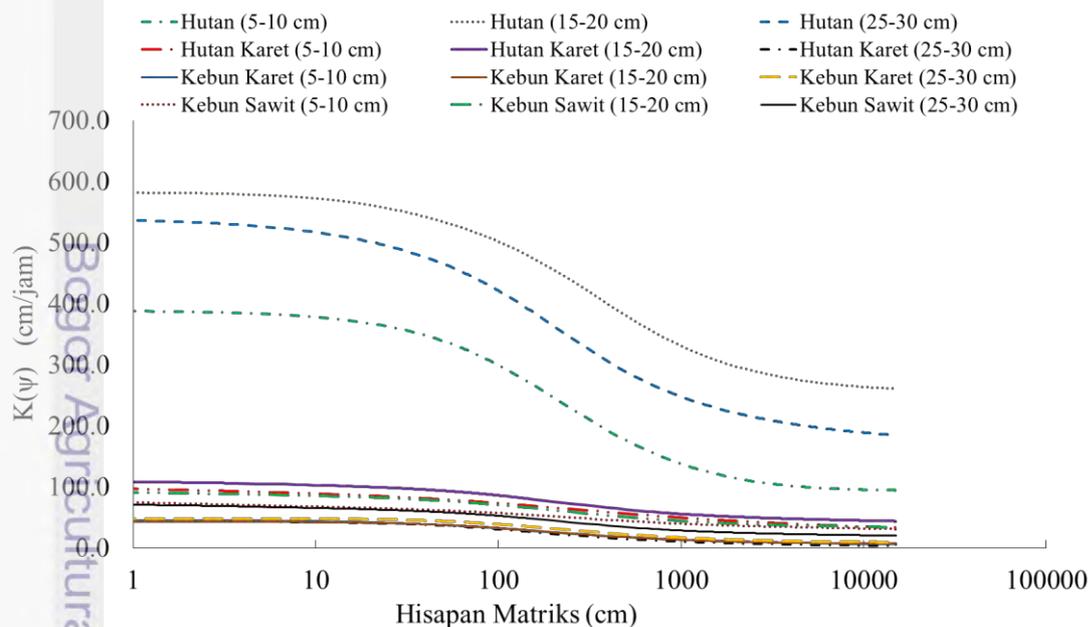
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 31 Rataan kurva retensi tanah dari masing-masing bentuk transformasi

Penghitungan konduktivitas hidraulik tidak jenuh $K(\psi)$ dilakukan dengan menggunakan nilai tortousity sebesar 0.22 berdasarkan hasil penelitian Hendrayanto *et al.* (1999), dan konduktivitas hidraulik tanah jenuh (K_s) menggunakan nilai kapasitas infiltrasi. Hasil penghitungan konduktivitas hidraulik untuk masing-masing tutupan lahan disajikan pada Gambar 32.



Gambar 32 Rataan kurva konduktivitas hidraulik tidak jenuh tanah dari masing-masing bentuk transformasi

Konduktifitas hidraulik tidak jenuh tanah hutan lebih tinggi dibandingkan dengan tutupan lahan lainnya. Penentuan infiltrasi dengan sistem ponding menggunakan ring infiltrometer mempunyai kendala dalam mengetahui besarnya infiltrasi saat kondisi tanah tidak jenuh. Hal ini terjadi karena pada lahan miring di lapangan proses infiltrasi pada areal yang miring sangat jarang terjadi karena penggenangan. Alternatif untuk mendapatkan nilai konduktifitas hidraulik tidak jenuh tanah adalah dengan menggunakan persamaan LN $K(\psi)$ (Kosugi 1996). Penelitian ini masih mempunyai kelemahan dalam menentukan besarnya nilai tortuosity dan K_s , dimana dalam penelitian ini menggunakan pendekatan kapasitas infiltrasi hasil pengukuran di lapangan.

Simpulan

Rata-rata bobot Isi (BI) tanah dari keempat bentuk penggunaan lahan yang diamati dari sampel tanah berukuran 98.125 cm^3 secara statistik tidak berbeda nyata, namun terjadi kecenderungan peningkatan BI akibat transformasi dari hutan menjadi kebun sawit. Rata-rata BI tanah permukaan (kedalaman 5-10 cm) di kebun karet dan kebun sawit lebih tinggi dari hutan dan hutan karet. Konduktifitas hidraulik tidak jenuh pada lahan hutan lebih tinggi dari tutupan lahan lainnya.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPIB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPIB.

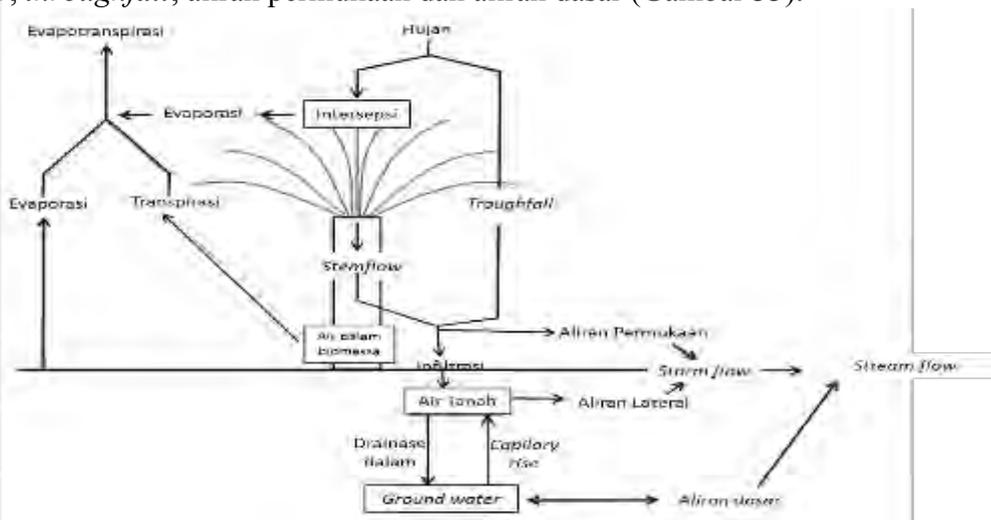


5 ALIRAN PERMUKAAN PADA EMPAT BENTUK TRANSFORMASI HUTAN HUJAN TROPIKA DATARAN RENDAH JAMBI

Pendahuluan

Selama kurun waktu 1990-2005 ekspansi perkebunan sawit sebesar 56% terjadi dengan mengorbankan hutan primer, sekunder dan hutan tanaman, dan sebesar 44% terjadi di lahan pertanian (Koh dan Ghazoul 2008). Petani di lokasi studi Desa Bungku dan sekitarnya Kecamatan Bajubang Kabupaten Batanghari Provinsi Jambi, mengemukakan bahwa berdasarkan pengalaman mereka sejak pengembangan kebun sawit dari areal hutan bekas tebangan di daerahnya telah terjadi permasalahan sumber daya air.

Proses hidrologi di kebun sawit dan kebun karet sejauh ini belum sepenuhnya dipahami. Penelitian hidrologi di kebun sawit dalam skala daerah aliran sungai masih jarang. Informasi yang berkembang adalah bahwa tanaman sawit menggunakan air (evapotranspirasi) yang lebih tinggi dibandingkan dengan hutan sehingga hal inilah yang dituduhkan mengakibatkan masalah sumber daya air. Carr (2011) mengemukakan bahwa tidak mudah untuk mengukur penggunaan air aktual dari tanaman sawit, perkiraan terbaik untuk tanaman sawit yang sudah dewasa besarnya laju evapotranspirasinya sekitar 4 – 5 mm per hari (setara dengan 280 – 350 liter per tanaman per hari). Hasil penelitian Comte *et al.* (2012) yang mengemukakan bahwa tingkat evapotranspirasi antara kebun sawit dewasa dibandingkan dengan hutan tropis adalah serupa. Hal ini menjadi sangat penting untuk melakukan identifikasi komponen siklus hidrologi yang bertanggung jawab terhadap kekurangan air akibat ekspansi kebun sawit dari hutan dan kemungkinan pengembangan praktek pengelolaan yang tepat untuk mitigasinya. Komponen siklus hidrologi yang penting di kebun sawit adalah evapotranspirasi, intersepsi, *stemflow*, *throughfall*, aliran permukaan dan aliran dasar (Gambar 33).



Gambar 33 Siklus hidrologi di kebun sawit. Kotak mengindikasikan cadangan simpanan, tanda panah menunjukkan aliran (Comte *et al.* 2012)

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hasil penelitian di mikro DAS kebun sawit seluas 8.2 ha di Johor Malaysia menunjukkan bahwa aliran dasarnya sebesar 54% dari total aliran (Yusop *et al.* 2007). Konversi hutan menjadi kebun sawit di Thailand menyebabkan peningkatan aliran permukaan sekitar 13% dan menurunkan aliran dasar sekitar 7% (Babel *et al.* 2011). Jumlah aliran permukaan tahunan meningkat dengan dihilangkannya sejumlah biomassa hutan dan menurunnya infiltrasi mengakibatkan pengisian cadangan air tanah (*ground water*) menjadi tidak cukup sehingga mengakibatkan menurunnya aliran dasar pada musim kemarau (Bruijnzeel 2004). Hasil studi di Jambi ditemukan bahwa aliran permukaan dari kebun sawit dan kebun karet lebih tinggi dari aliran permukaan yang bersasal dari lanskap hutan. Pengembangan perkebunan dan aktifitas pemanenan menyebabkan kerusakan tanah dan pemadatan tanah yang tentunya mempengaruhi laju infiltrasinya menjadi lebih kecil. Laju infiltrasi di kebun sawit di laporkan hanya setengah dari laju infiltrasi hutan alam (Sunarti *et al.* 2008). Hasil penelitian Banabas *et al.* (2008) di Papua Nugini terjadi variabilitas spasial yang signifikan antara laju infiltrasi di jalur panen, piringan batang sawit dan gawangan mati tempat penumpukan pelepah sawit. Laju infiltrasi meningkat secara berturut-turut jalur panen < piringan batang sawit < gawangan mati. Laju infiltrasi yang rendah pada piringan batang sawit dan jalur panen terjadi karena pemadatan tanah dan rendahnya tumbuhan bawah akibat bekas pijakan kaki saat aktifitas pemanenan tandan buah maupun bekas roda alat angkut.

Data hidrologi *time series* sebelum dan sesudah terjadinya konversi hutan menjadi hutan karet, kebun karet dan kebun sawit dalam skala daerah aliran sungai (DAS) di lokasi penelitian sangat sulit diperoleh. Data ini sangat penting keberadaannya manakala akan melakukan studi tentang pengaruh konversi hutan terhadap aliran sungai (*streamflow*). Dalam studi ini kami melakukan analisis parameter yang memiliki kecenderungan hubungan yang kuat dengan pembentukan aliran dasar. Dalam penelitian ini dianalisis besaran aliran permukaan, infiltrasi, *stemflow*, *troughfall* dan bobot isi tanah. Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi transformasi hujan menjadi aliran permukaan pada transformasi hutan menjadi hutan karet, kebun karet dan kebun sawit.

Metode Penelitian

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Bungku Kecamatan Bajubang Kabupaten Batanghari. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Fisika dan Konservasi Tanah Institut Pertanian Bogor. Penelitian berlangsung dari bulan oktober 2012 sampai dengan Maret 2014.

Pengukuran Lapangan : skala plot

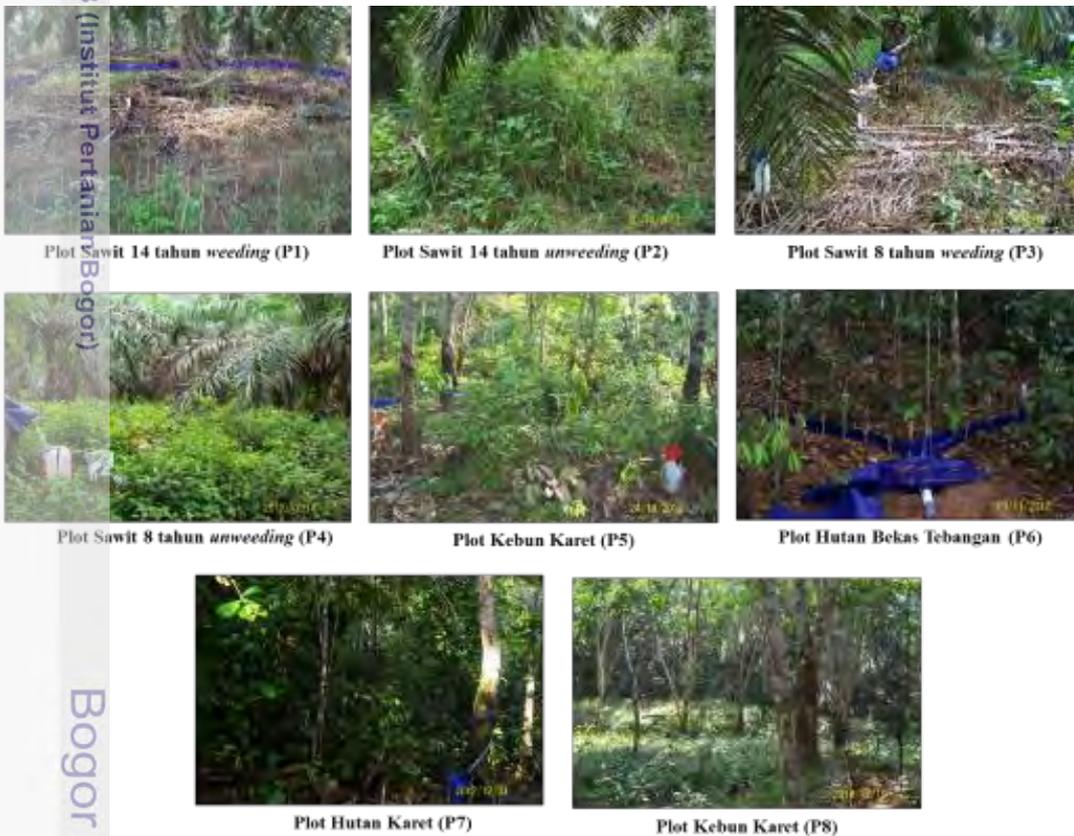
Semua pengukuran parameter hidrologi pada skala plot dilakukan pada saat musim hujan antara Bulan November 2012 sampai dengan Maret 2013. Pengukuran curah hujan dan aliran permukaan dilakukan selama periode ini. Pengukuran kapasitas infiltrasi infiltrasi dan bobot isi tanah juga dilakukan di luar plot untuk menghindari kerusakan struktur tanah pada plot.

Delapan plot berukuran 8 m x 12 m dibuat pada : a) kebun sawit dengan perlakuan pembersihan tumbuhan bawah/gulma (Plot 1 dan 3), b) kebun sawit dengan kondisi tumbuhan bawah dibiarkan (Plot 2 dan 4), c) kebun karet (plot 5

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

dan 8), hutan bekas tebangan (plot 6) dan e) hutan karet (plot 7). Kondisi masing-masing plot disajikan pada Gambar 34.

Kondisi plot mempunyai karakteristik tanah yang cukup sama serta kelerengan yang cukup seragam. Tekstur tanah didominasi oleh tekstur klei berlom dan kelerengan pada semua plot berkisar antara 21% sampai 24 %. Tanaman sawit yang diteliti adalah berumur 14 tahun (plot 1 dan plot 2) dan berumur delapan tahun (plot 3 dan 4). Plot 1 dan plot 3 (perlakuan pembersihan gulma) secara rutin dilakukan penyemprotan dengan herbisida. Pada plot 2 dan plot 4 gulma/tumbuhan bawah sangat sedikit yang dibersihkan yaitu hanya pada piringan (sekitar radius 1 m dari batang sawit), yang lainnya tumbuhan bawah dibiarkan tumbuh. Pada keempat plot ini petani melakukan kegiatan yang serupa seperti pruning yakni memotong pelepah sawit yang kemudian ditaruh pada gawangan mati. Plot 5 dan 8 dibangun pada kebun karet berumur 14 tahun. Plot 6 dan plot 7 mewakili kondisi hutan bekas tebangan dan hutan karet yang tanaman karetinya berumur sekitar 14 tahun. Karakteristik dari masing-masing plot disajikan pada Tabel 16.



Gambar 34 Kondisi plot penelitian pengukuran aliran permukaan

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Tabel 16 Karakteristik masing-masing plot pengukuran aliran permukaan

No plot	Lereng	Perlakuan	Jumlah Tanaman	Tutupan serasah	Tutupan gulma/ tumbuhan bawah	Aktifitas manusia
1	24%	Kebun sawit umur 14 tahun dengan pembersihan gulma	Terdapat dua tanaman sawit dengan jarak tanam \pm 9 meter, diameter 65,4 cm dan 81,5 cm.	Pelepah sawit di tempatkan pada gawangan (pertengahan antara 2 baris tanam)	< 10%	Pemanenan sawit setiap dua minggu sekali dengan bekas jalan yang jelas
2	22%	Kebun sawit umur 14 tahun tanpa pembersihan gulma	Terdapat dua tanaman sawit dengan jarak tanam \pm 9 meter, diameter 65,9 cm dan 79,6 cm.	Pelepah sawit di tempatkan pada gawangan (pertengahan antara 2 baris tanam)	\pm 90%	Pemanenan sawit setiap dua minggu sekali dengan bekas jalan yang jelas
3	24%	Kebun sawit umur 8 tahun dengan pembersihan gulma	Terdapat dua tanaman sawit dengan jarak tanam \pm 9 meter, diameter 58,9 cm dan 60,5 cm.	Pelepah sawit di tempatkan pada gawangan (pertengahan antara 2 baris tanam)	< 10%	Pemanenan sawit setiap dua minggu sekali dengan bekas jalan yang jelas
5	22%	Kebun sawit umur 8 tahun tanpa pembersihan gulma	Terdapat dua tanaman sawit dengan jarak tanam \pm 9 meter, diameter 59,3 cm dan 69,4 cm.	Pelepah sawit di tempatkan pada gawangan (pertengahan antara 2 baris tanam)	\pm 90%	Pemanenan sawit setiap dua minggu sekali dengan bekas jalan yang jelas
5	21%	Kebun Karet	Terdapat 6 pohon dengan jarak tanam sekitar 6 m. Dua tanaman diameternya kurang dari 20 cm dengan tinggi berkisar antara 8 sampai 17 meter dan 4 tanaman berdiameter > 20 cm dengan tinggi berkisar antara 18 sampai 23 meter	Terdapat serasah dari daun yang gugur denganutupan serasah pada permukaan tanah sekitar \pm 50%	20%	Pemanenan setiap 2 hari dengan bekas jalan yang jelas
6	21%	Hutan bekas tebangan	Terdapat 3 tanaman dengan diameter kurang dari 20 cm dan tiga pohon dengan diameter antara 41 cm sampai 47 cm yang tingginya berkisar antara 25 sampai 31 meter	Terdapat serasah dari daun yang gugur denganutupan serasah permukaan tanah sekitar \pm 90% dengan ketebalan serasah berkisar antara 5 sampai 15 cm	Tidak ditemukan gulma	Tidak ada aktifitas manusia namun ada aktifitas binatang
7	23%	Hutan Karet	Dijumpai 20 semai dengan ketinggian \leq 1,5m, terdapat sekitar 71 tanaman dengan diameter \leq 10 cm, dan terdapat enam pohon dengan diameter \geq 20 cm yang tiga diantaranya adalah pohon karet. Tinggi pohon berkisar antara 21 sampai 26 meter	Terdapat serasah dari daun yang gugur denganutupan serasah sekitar 60% dengan ketebalan serasah antara 1 sampai 5 cm	Tidak ditemukan gulma	Pemanenan setiap 2 hari sekali dengan bekas jalan yang cukup jelas pada beberapa bagian plot
	22%	Kebun karet	Terdapat 6 pohon dengan jarak tanam sekitar 6 meter. Sebanyak tiga tanaman berdiameter 10-20 cm dan tiga lainnya berdiameter > 20 cm dengan tinggi tanaman berkisar antara 13-24 m.	Terdapat serasah dari guguran daun denganutupan serasah sekitar 40%.	20%	Pemanenan setiap 2 hari dengan bekas jalan yang jelas

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



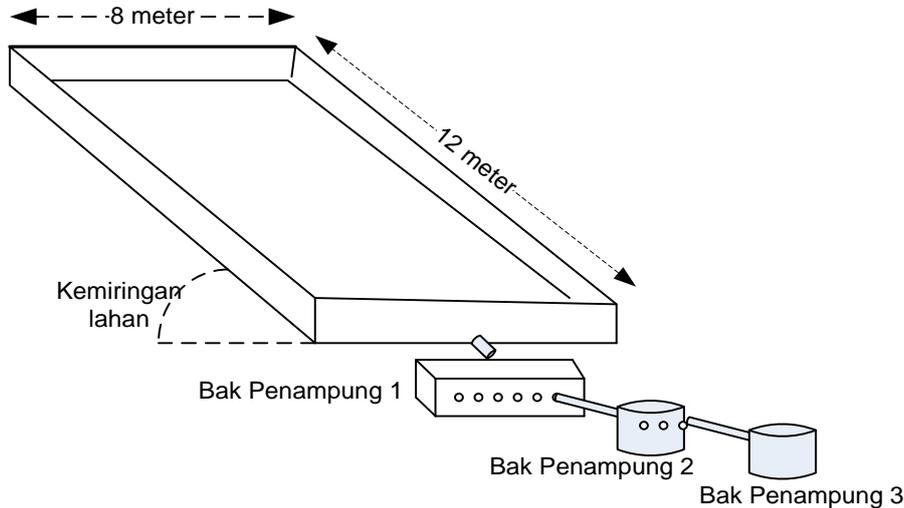
Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Pengukuran Aliran Permukaan

Aliran permukaan diukur pada masing-masing plot dengan menggunakan kolektor aliran permukaan multidivisor yang dipasang pada bagian paling rendah di masing-masing plot. Desain plot pengukuran aliran permukaan yang dibangun adalah seperti yang disajikan pada Gambar 35.



Gambar 35 Desain plot pengukuran aliran permukaan

Pengukuran Debit Skala Mikro DAS

Dua mikro DAS digunakan untuk mengkonfirmasi hasil dari pengukuran skala plot. Mikro DAS pertama adalah yang tutupan lahannya didominasi oleh kebun sawit dengan luas ± 14 ha. Mikro DAS yang kedua adalah yang tutupan lahannya didominasi oleh kebun karet dengan luas ± 5 ha. Lokasi kedua mikro DAS seperti yang disajikan pada Gambar 36. Pada kedua outlet mikro DAS dipasang *rectangular weir* dan *HOBO automatic water level recorder (AWLR)* seperti yang disajikan pada Gambar 37.

Hasil pengukuran dari HOBOW AWLR adalah berupa dinamika tinggi muka air (TMA) mengikuti perubahan TMA di weir. TMA hasil pengukuran HOBOW harus dikonversi ke dalam debit. Dimensi *rectangular weir* yang dipasang mengikuti dimensi yang sudah dikaliberasi oleh El-Ansary *et al.* (2010) sehingga konversi TMA menjadi debit dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut :

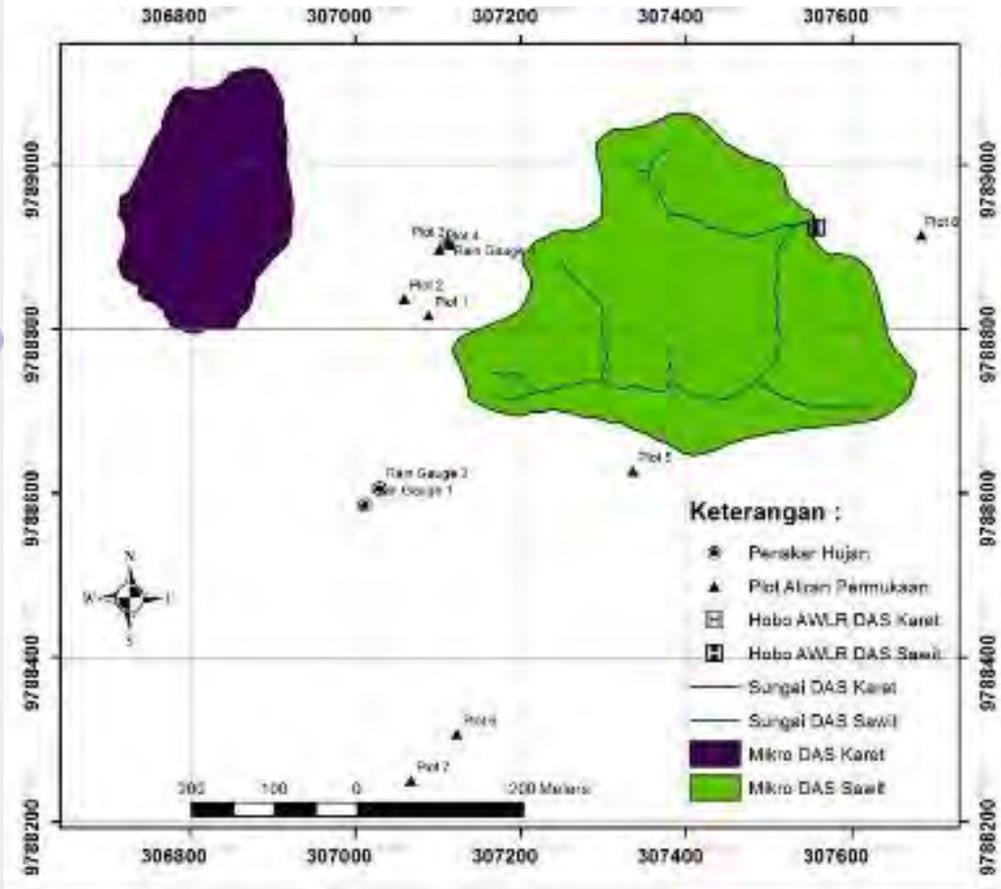
$$Q = 0.5658 H^{1.4446} \quad \text{dengan } R^2 = 0.9997 \quad \dots\dots\dots(10)$$

Dimana :

- Q = Debit dari rectangular weir (liter/detik)
- H = TMA diatas head (cm) atau
- H = TMA dari dasar weir – 15.6 cm

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)



Gambar 36 Lokasi Mikro DAS

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



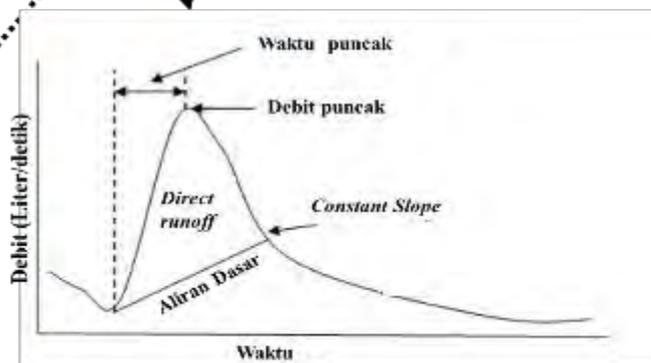
Rectangular weir di Mikro DAS Karet



Hobo AWLR



Rectangular weir di Mikro DAS Sawit



Pemisahan aliran dasar

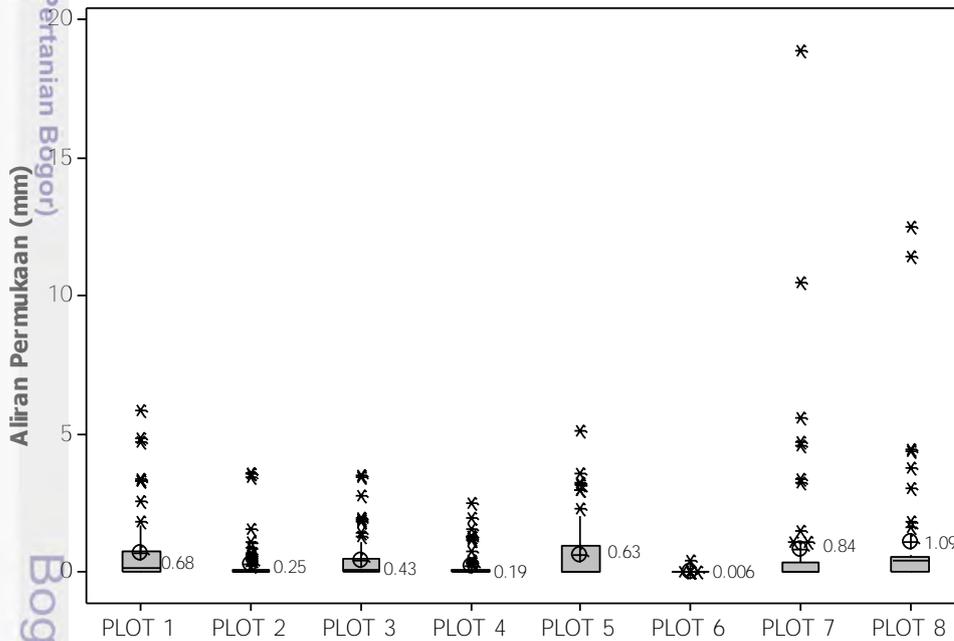
Bogor Agricultural University

Gambar 37 Pemasangan rectangular weir dan HOBOWEIR serta skema pemisahan aliran dasar metode constant slope

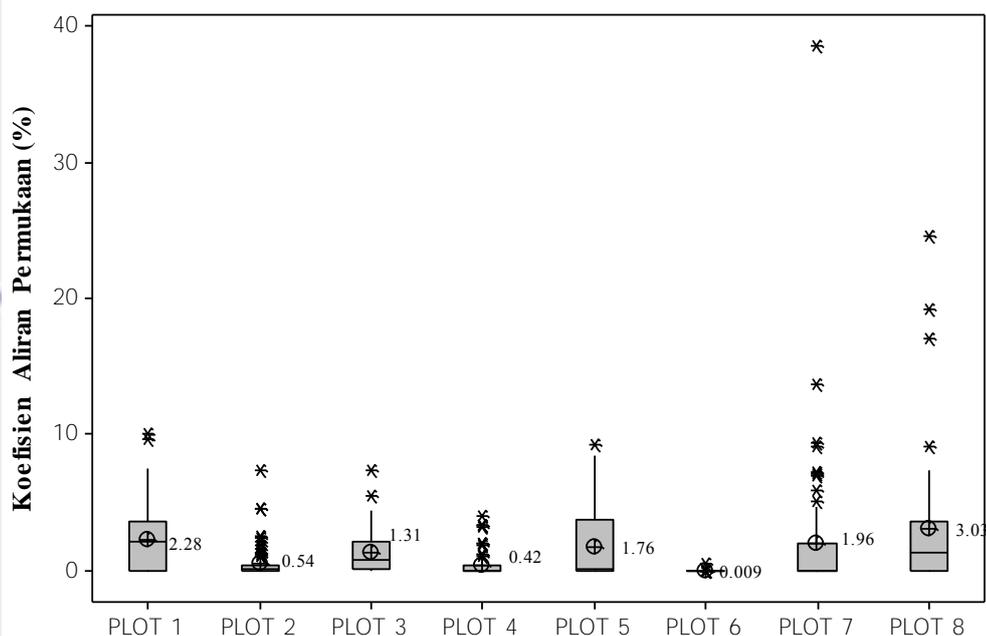
Hasil dan Pembahasan

Aliran Permukaan Skala Plot

Hasil pengukuran aliran permukaan skala plot menunjukkan bahwa tutupan lahan hutan menghasilkan aliran permukaan yang paling kecil dibandingkan plot lainnya. Aliran permukaan disajikan dalam satuan kedalaman (mm) untuk bisa dibandingkan antar plot. Selama kurun waktu pengukuran, aliran permukaan dari tutupan lahan hutan (Plot 6) menghasilkan aliran permukaan 0.006 ± 0.049 mm atau sebesar 0.009 ± 0.063 % dari total curah hujan. Rataan aliran permukaan terbesar ditemukan pada tutupan lahan karet (Plot 8) yaitu sebesar 1.09 ± 2.57 mm atau 3.03 ± 5.14 % dari total curah hujan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hutan dengan tutupan permukaan tanah yang ditutupi oleh banyak serasah mampu menurunkan besarnya aliran permukaan sampai mendekati nol. Keberadaan tumbuhan bawah (gulma) pada lahan kebun sawit (Plot 2 dan Plot 4) juga menunjukkan peran yang penting dalam mereduksi besarnya aliran permukaan dengan besarnya aliran permukaan secara berturut-turut 0.25 ± 0.73 mm (0.54 ± 1.20 %) dan 0.20 ± 0.48 mm (0.42 ± 0.87 %).



Gambar 38 Rataan aliran permukaan dari masing-masing plot



Gambar 39 Koefisien aliran permukaan masing-masing plot

Serasah mempunyai peran yang penting dalam konservasi tanah dan air terutama terhadap erosi atau pencucian. Serasah juga mempunyai peranan yang penting dalam ekosistem hutan terutama terkait nutrisi dan perubahan karbon selama proses dekomposisi, memperbaiki siklus biogeokimia dalam ekosistem (Geddes dan Dunkerley 1999). Tutupan serasah juga dapat berperan sebagai lapisan pelindung untuk menjaga sifat-sifat fisik tanah, seperti retensi air tanah (Ginter *et al.* 1979). Aliran permukaan sebelum saturasi penuh pada lapisan serasah dan tanah mineral kemungkinan mirip dengan aliran hortonian semu yang meliputi aliran biomat dan aliran hortonian. Lapisan serasah dari hutan berdaun lebar memiliki kapasitas penyimpanan air yang lebih tinggi dan bisa menghasilkan aliran lateral yang lebih besar di dalam lapisan serasah, yang kemudian dapat mempengaruhi pembentukan aliran permukaan sebagai aliran biomat (aliran preferensial dangkal yang mengacu gerakan air melalui lapisan dekat permukaan pada areal berlereng) (Kim *et al.* 2014). Aliran biomat umumnya hanya berjalan sekitar 1 meter dan pada skala DAS atau lereng aliran ini tidak signifikan dalam membentuk aliran permukaan. Sehingga dapat dipahami jika pada tutupan hutan yang permukaan tanahnya banyak ditutupi serasah jarang terjadi aliran permukaan hortonian, serasah mendukung terjadinya perkolasi ke dalam tanah dan secara signifikan berhubungan dengan routing air dan implikasi erosi (Sidle *et al.* 2007). Kapasitas infiltrasi dibawah tegakan hutan secara umum tinggi dan sangat tinggi karena efek kombinasi antara suplai kontinyu dari serasah daun, aktifitas fauna tanah dan pembusukan akar. Sebagai hasilnya potensi terjadinya *infiltration-excess overland flow* (HOF) adalah rendah yaitu aliran yang terjadi jika besarnya hujan (intensitas hujan) yang jatuh lebih besar dari kapasitas infiltrasi (Grip *et al.* 2005).

Kebun sawit dengan tutupan permukaan tanah yang didominasi oleh tumbuhan bawah juga mendukung pengurangan aliran permukaan seperti yang terjadi pada Plot 2 dan Plot 4. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Sidle *et al.*

(2007) dimana volume aliran permukaan pada areal berbukit dengan tutupan tumbuhan bawah yang jarang lebih besar dibandingkan dengan aliran permukaan dari areal berbukit yang ditumbuhi pakis dan mempunyai lapisan serasah selama berlangsungnya hujan dengan intensitas tinggi. Kombinasi antara tumbuhan bawah dan serasah juga berpengaruh baik terhadap peningkatan kapasitas infiltrasi tanah dan pengurangan aliran permukaan.

Praktek pengelolaan lahan dapat menyebabkan perubahan drastis dalam produksi serasah dengan memodifikasi komposisi spesies dan produktivitas (Condit *et al.* 1996). Hal ini bisa dilihat pada kebun karet dan hutan karet yang ternyata menghasilkan aliran permukaan yang cukup tinggi dibandingkan dengan plot lainnya. Carr (2012) mengemukakan bahwa tanaman karet menghasilkan serasah melalui proses pengguguran daun. Pohon karet yang sudah berumur lebih dari tiga atau empat tahun akan menggugurkan daunnya yang disebabkan oleh musim kering atau kurang basah karena tidak terjadi hujan. pohon karet kemungkinan tidak berdaun sampai empat minggu bergantung pada cuaca. Suplai serasah dari proses pengguguran daun ini tentunya menyebabkan serasah menutupi permukaan tanah. Namun karena aktifitas manusia yang intensif di areal tersebut maka dapat menyebabkan terjadinya perubahan tutupan serasah di permukaan tanah. Tutupan serasah di kebun karet dan hutan karet tidak merata yang berbeda dengan tutupan serasah di hutan yang lebih merata dan memiliki ketebalan yang lebih tinggi. Aktifitas manusia yang intensif juga menyebabkan pemadatan tanah terutama di sekitar batang karet dan pada jalan setapak antar tanaman.

Aktifitas pengelolaan lahan yang mengakibatkan pemadatan tanah dapat merubah kapasitas infiltrasi dan menghilangkan fungsi hidrologi permukaan untuk meningkatkan infiltrasi. Rab (1994) mengemukakan bahwa aktifitas yang menyebabkan pemadatan tanah dilaporkan secara nyata telah meningkatkan bobot isi (BI) tanah dan menurunkan total porositas dan makroporositas tanahnya. Suryatmojo (2014) mengemukakan bahwa pada tapak-tapak yang terganggu sehingga terjadi pemadatan tanah menyebabkan peluang terjadinya aliran permukaan yang dimulai pada tapak-tapak yang terganggu tersebut.

Pemadatan tanah juga terjadi pada hutan karet, kebun karet dan kebun sawit karena adanya aktifitas manusia yang melakukan kegiatan pemanenan. Pada jalur panen (jalur angkutan) dan sekitar pohon yang dipanen terjadi pemadatan tanah yang menurunkan kapasitas infiltrasi dan kemungkinan besar meningkatkan terjadinya aliran permukaan yang dimulai dari tempat-tempat ini. Hasil pengukuran infiltrasi menunjukkan bahwa hutan mempunyai kapasitas infiltrasi yang paling besar (> 30 cm/jam), sedangkan pada tutupan karet dan sawit infiltrasi mempunyai variasi spasial yang cukup beragam terkait dengan aktifitas manusia dalam pengelolaan lahan. Kapasitas infiltrasi pada kebun karet termasuk rendah (<10 cm/jam). Kapasitas infiltrasi pada kebun sawit yang diukur pada piringan (*weeded circle*) tempat pijakan pemanenan tandan buah segar (TBS) dan pada jalur panen (*harvest path zone*) termasuk yang rendah (<10 cm/jam). Kapasitas infiltrasi pada gawangan mati tempat penumpukan pelepah termasuk tinggi (Tabel 17).

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Tabel 17 Kapasitas infiltrasi

No	Tutupan Lahan	Kapasitas infiltrasi (cm/Jam)
1	Hutan	48.93
2	Karet (jalur Panen)	5.62
3	Karet (antar tanaman)	7.80
4	Sawit (piringan tanaman)	5.52
5	Sawit (jalur panen/gawangan hidup)	9.42
6	Sawit (gawangan mati)	32.13

Kapasitas infiltrasi adalah laju infiltrasi setelah mencapai kondisi nilai yang konstan, dimana pada tanah-tanah liat normalnya tercapai setelah dua jam. Infiltrasi antar pohon karet pada awalnya cukup tinggi pada saat awal pengukuran, namun setelah dua jam pengukuran infiltrasi pada kedua lokasi yaitu jalur panen dan antar pohon mencapai kapasitas sekitar 5.2 cm/jam di jalur panen dan sekitar 7.8 cm/jam antara pohon karet. Kapasitas infiltrasi pada gawangan mati di kebun sawit yang mencapai 32.13 cm/jam berarti termasuk tinggi. Penumpukan pelepah sawit pada gawangan mati menghalangi proses pemadatan tanah akibat aktifitas manusia, dan pembusukan pelepah dapat meningkatkan kemampuan permukaan tanah untuk menginfiltrasikan air.

Penelitian ini juga menemukan bahwa meskipun pada piringan bagian bawah tereng antara kondisi lahan bergulma dan yang sudah dibersihkan mempunyai kapasitas infiltrasi yang hampir sama, namun aliran permukaan dari areal yang gulmannya dibersihkan lebih tinggi dibandingkan dengan yang bergulma. Aliran permukaan pada areal sawit yang bergulma bahkan lebih kecil dari kebun karet. Sebagai tambahan, keberadaan jalur-jalur panen sebagai akibat aktifitas pemanenan pada kebun sawit dan kebun karet memicu tingginya aliran permukaan karena air yang sampai di permukaan tanah lebih besar dari kapasitas infiltrasi. Aliran permukaan jenis ini dikenal dengan *infiltration excess overland flow* atau disebut juga *hortonian flow*. *Hortonian flow* pada kebun sawit aliran permukaan yang dimulai dari jalur panen juga terjadi pada lahan yang diberi perlakuan *unweeded* seperti yang disajikan pada Gambar 40.



Gambar 40 *Hortonian flow* yang terjadi melalui jalur panen dan piringan pada lahan kebun sawit yang tidak dilakukan pembersihan gulma

Hutan karet menghasilkan aliran permukaan dengan beberapa nilai yang ekstrim (Gambar 38). Hal ini terjadi karena setelah beberapa bulan pengukuran dilakukan ditemukan adanya aliran bawah permukaan yang keluar di dalam plot. Hal ini mengakibatkan data aliran pada Plot 7 terutama pada hujan ekstrim menjadi sangat besar dan bahkan membuat bak penampung jebol. Data yang menunjukkan aliran ekstrim dikeluarkan dari analisis dan pada plot dipasang paralon yang berfungsi mengeluarkan air dari lubang mata air ke luar plot (Gambar 41).



Gambar 41 Pemasangan paralon untuk mengeluarkan aliran bawah permukaan pada hutan karet (Plot 7)

Besarnya koefisien aliran permukaan yang terjadi pada masing-masing plot berkisar antara 0% (minimum) sampai 24.61% (maksimum). Gomi *et al.* (2008) melaporkan bahwa ukuran plot berpengaruh terhadap hasil pengukuran koefisien runoff. Penggunaan ukuran plot yang kecil (0.5 m x 2 m) memberikan hasil pengukuran koefisien runoff yang lebih besar (20 – 40%) dibandingkan plot yang lebih besar (8 m x 24-27 m) dengan koefisien runoff secara konsisten lebih kecil (0.1 – 3%). Volume aliran yang tertampung dalam bak penampung kemungkinan juga terdiri dari aliran dekat permukaan (*near surface runoff*) yang mengalir melalui atau melewati serasah karena pada plot pengukuran aliran permukaan dipasang terpal sedalam sekitar 20 cm. Fenomena aliran dekat permukaan (*near surface phenomenon*) disebut dengan aliran permukaan quasi (*quasi-overland flow*) (Badoux *et al.* 2006) atau aliran biomat (Sidle *et al.* 2007). Menurut Levia dan Frost (2003) *stemflow* hanya memberikan kontribusi yang kecil terhadap aliran permukaan (1% sampai 10% dari hujan), namun dalam penelitian ini *stemflow* pada kebun sawit diduga kuat memicu terjadinya aliran permukaan terutama yang dimulai dari piringan tanaman (Gambar 40).

Aliran Permukaan Skala Mikro DAS

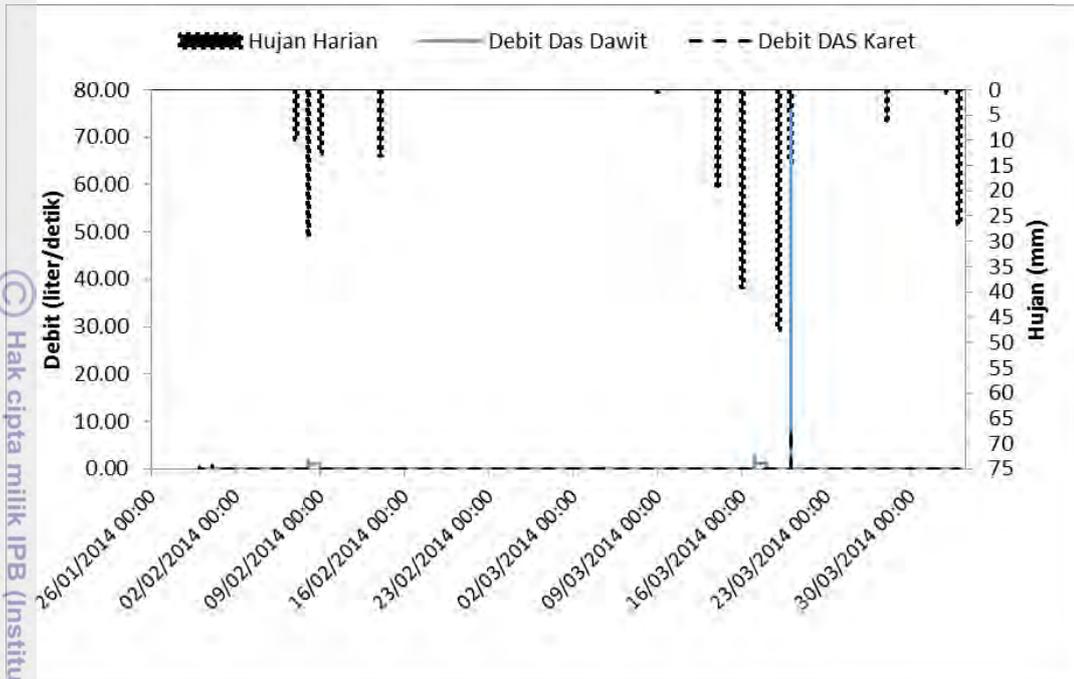
Hasil pengukuran debit aliran pada skala mikro DAS belum memuaskan karena ada kerusakan pada alat ukur hujan otomatis, sehingga analisa hubungan hujan-debit menjadi terbatas. Hasil pengukuran TMA dan debit selama periode 30 Januari 2014 sampai 4 Maret 2014 menunjukkan bahwa kedua DAS memberikan respon hidrologi dengan kecenderungan yang berbeda (Gambar 42 dan 43). Hujan yang diawali dengan kondisi beberapa hari tidak terjadi hujan cenderung untuk mengisi kelembaban tanah terlebih dahulu sehingga tidak terjadi debit.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

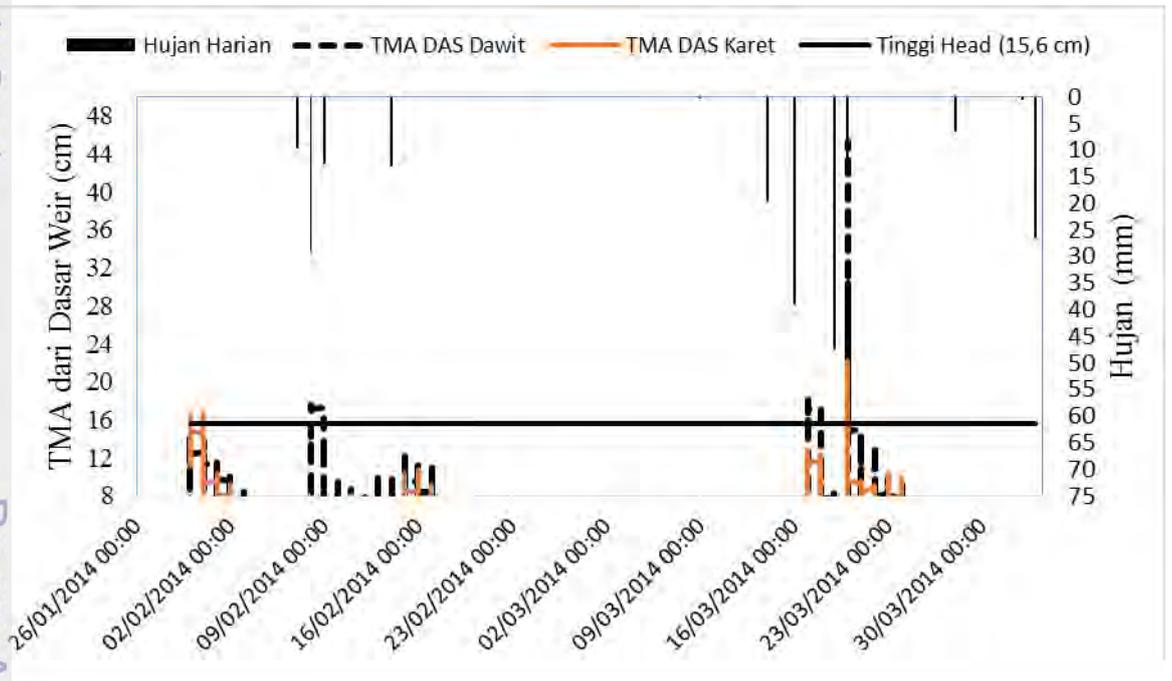
Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 42 Hidrograf debit aliran pada masing-masing Mikro DAS



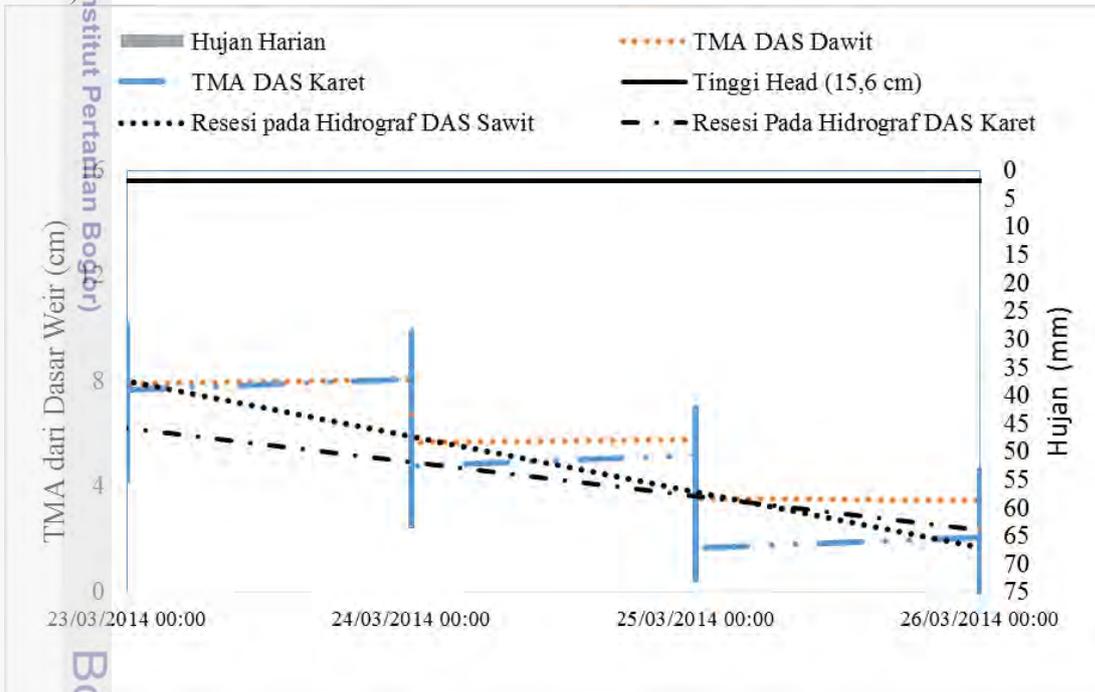
Gambar 43 Hidrograf TMA pada masing-masing Mikro DAS

Mikro DAS Karet masih mengalirkan air melalui outlet meskipun tidak terjadi hujan selama beberapa hari sebelumnya. Sedangkan pada weir Mikro DAS Sawit sudah tidak ada aliran air yang melewati *head* atau dengan kata lain tidak ada lagi debit. Hasil ini menunjukkan bahwa simpanan air dalam tanah di kebun kebun sawit lebih kecil dari kebun karet. Sehingga pada kondisi tidak ada hujan yang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

cukup lama, pada mikro DAS karet masih bisa melepaskan air dari tanah ke outlet pengukuran sedangkan pada Mikro DAS Sawit sudah tidak ada lagi. Penurunan TMA pada DAS Sawit cenderung lebih cepat dibandingkan penurunan TMA pada DAS Karet (Gambar 44).

Kurva resesi mengandung informasi yang integratif tentang bagaimana faktor-faktor yang berbeda mempengaruhi proses terjadinya *outflow* (debit) (Tallaksen 1995). Pola dari resesi hidrograf setelah kejadian hujan memberikan petunjuk tentang hubungan antara limpasan DAS (yang diamati sebagai debit sungai) dan penyimpanan air (tidak secara langsung diamati) dan dapat membantu dalam penilaian dan prediksi sumber daya air (Krakauer dan Temimi 2011). Analisis hidrograf resesi secara luas digunakan dalam penelitian sumber daya air dan perencanaan serta manajemen sumber daya air. Aplikasi yang paling umum adalah peramalan aliran rendah (*low flow*), memperkirakan sumber air tanah di daerah tangkapan air, model limpasan hujan dan analisis hidrograf (Berhail *et al.* 2012). Kapasitas infiltrasi tanah mengendalikan suplai air ke dalam cadangan air tanah, yang kemudian mempengaruhi kondisi aliran dasar. Peningkatan kapasitas infiltrasi berdampak pada lebih tingginya jumlah aliran dasar (Soedarjanto *et al.* 2011).



Gambar 44 Penurunan TMA dibawah *head* pada masing-masing Mikro DAS

Simpulan

Transformasi hutan menjadi kebun karet dan kebun sawit telah merubah respon hidrologi. Hasil pengukuran infiltrasi menggunakan *double ring infiltrometer* menunjukkan kapasitas infiltrasi tanah jenuh di hutan lebih tinggi dari tipe penggunaan lahan lainnya. Hal ini mengindikasikan adanya pemadatan tanah akibat aktifitas manusia.

Aliran permukaan skala plot menunjukkan bahwa hutan menghasilkan aliran permukaan yang paling kecil dibandingkan plot lainnya. Selain karena proporsi air hujan yang sampai di permukaan tanah lebih rendah dari kebun karet dan kebun sawit, hutan (Plot 6) dengan serasah yang tebal mampu mengurangi proses terjadinya aliran permukaan untuk kejadian hujan yang sama dibandingkan dengan kebun karet dan kebun sawit. Kebun sawit yang permukaan tanahnya didominasi oleh tumbuhan bawah (Plot 2 dan Plot 4) mampu mengurangi aliran permukaan cukup besar dibandingkan dengan kebun sawit tanpa tumbuhan bawah (Plot 1 dan Plot 3). Pemadatan tanah pada kebun sawit juga memicu terjadinya *hortonian flow* yang dimulai dari jalur panen dan piringan tanaman yang tanahnya padat dan tidak terdapat tumbuhan bawah maupun serasah. Hasil pengamatan debit pada skala mikro DAS menunjukkan bahwa DAS yang didominasi oleh hutan karet dan kebun karet mampu memperlambat pelepasan air dari dalam DAS dibandingkan dengan DAS yang didominasi oleh kebun sawit.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumarkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



6 STATUS KESUBURAN TANAH PADA EMPAT BENTUK TRANSFORMASI HUTAN HUJAN TROPIKA DATARAN RENDAH JAMBI

Pendahuluan

Perubahan tutupan lahan telah terjadi dengan parah di negara-negara tropika karena peningkatan populasi dan kebutuhan mereka terhadap sumberdaya pangan (Lambin *et al.* 2001). Hutan dengan cepat dikonversi menjadi penggunaan lahan pertanian dan penggunaan lainnya, terutama menjadi perkebunan sawit (Broich *et al.* 2011) dan kebun karet (Miyamoto 2006). Konversi hutan menjadi kebun karet dan kebun sawit dapat berpengaruh terhadap penurunan tutupan kanopi, kerapatan tegakan, tumbuhan bawah, masukan serasah, dan perubahan sifat-sifat tanahnya.

Dampak perubahan tutupan lahan dan penggunaan lahan terhadap sifat-sifat tanah telah cukup banyak diteliti dalam waktu yang berbeda maupun skala spasial yang berbeda. Hartemink *et al.* (2008) melakukan kajian dampak perubahan tutupan lahan terhadap tanah dan hasilnya menunjukkan bahwa konversi vegetasi klimaks menjadi sistem penggunaan lahan intensif mengakibatkan rendahnya stabilitas struktur tanah, penurunan cadangan nutrisi, kehilangan bahan organik tanah dan penurunan C organik tanah. Konversi penggunaan lahan dapat merubah sifat-sifat kimia dan biologi tanah yang penting (Zeng *et al.* 2008), merubah sifat fisik tanah, menurunkan kapasitas infiltrasi sehingga dapat meningkatkan aliran permukaan yang memicu erosi tanah sehingga pada akhirnya tanah menjadi terdegradasi (Wei *et al.* 2007; An *et al.* 2008). Sebaliknya Geissen *et al.* (2009) mengemukakan hasil penelitiannya di Meksiko dimana perubahan penggunaan lahan tidak memicu terjadinya perubahan sifat-sifat kimia tanah namun merubah beberapa sifat fisik tanahnya.

Hasil-hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa sangat sulit untuk membuat satu kesimpulan yang seragam terkait perubahan tutupan lahan dan penggunaan lahan terhadap sifat-sifat tanah. Hal ini memunculkan kebutuhan adanya pelaksanaan penelitian pada tingkat spasial yang lokal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji dampak transformasi hutan menjadi hutan karet, kebun karet dan kebun sawit di lanskap transformasi hutan hujan dataran rendah terhadap status kesuburan tanahnya.

Metode Penelitian

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Bungku Kecamatan Bajubang Kabupaten Batanghari. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Tanah, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Penelitian berlangsung dari bulan Oktober 2012 sampai dengan Maret 2013.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah ring sampel, kantong plastik, cangkul, linggis, dodos, parang dan bor tanah. Bahan yang digunakan antara lain sampel tanah utuh, sampel tanah tidak utuh, dan bahan kimia untuk analisis tanah di laboratorium.

Teknik Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan secara purposive dengan 13 ulangan pada 4 bentuk transformasi (hutan bekas tebangan, hutan karet, kebun karet, dan kebun sawit). Pengambilan sampel tanah tidak terganggu dengan menggunakan ring sampel tanah pada kedalaman 5-10 cm, 15-20 cm dan kedalaman 25-30 cm dari permukaan tanah. Pada masing-masing tutupan lahan diambil contoh tanah tidak utuh sebanyak 8 contoh tanah sehingga diperoleh sebanyak 32 contoh tanah. Sampel tanah tersebut dimasukkan kedalam kantong plastik yang diberi label berdasarkan tempat pengambilannya dan sampel-sampel tanah tersebut dibawa ke laboratorium untuk dianalisis sesuai dengan parameter yang diteliti.

Analisis Sampel Tanah

Sampel tanah terganggu digunakan untuk analisis kandungan karbon organik tanah (Metode Walkley and Black), P total (HCl 25%), kandungan Ca, Mg, K, Na, dan KTK metode N NH₄OAc pH 7.0, kejenuhan basa (KB) dan distribusi ukuran partikel (Metode Pipet) (Kurnia *et al.* 2006).

Hasil dan Pembahasan

Tanah di lokasi penelitian termasuk dalam tanah Ultisol. Tanah ultisol merupakan jenis tanah dengan sebaran yang sangat luas yang mencapai 25% dari luas tanah di Indonesia. Sebaran tanah ultisol di Pulau Sumatera termasuk yang terluas kedua setelah Kalimantan dimana luasannya mencapai 9.469 hektar yang dapat dijumpai pada relief dataran hingga bergunung. Ultisol umumnya belum tertangani dengan baik, dimana untuk skala usaha besar telah dimanfaatkan untuk perkebunan kelapa sawit, karet dan hutan tanaman industri, tetapi pada skala petani salah satu penyebab tidak terkelolanya tanah ini dengan baik adalah karena kendala ekonomi sehingga produktifitasnya kurang (Prasetyo dan Suriadikarta 2006).

Tekstur Tanah

Tekstur tanah pada tutupan lahan hutan adalah berupa tekstur lom berklei, pada hutan karet didominasi oleh tekstur lom klei berdebu, pada kebun karet tekstur bervariasi yaitu terdiri dari lom klei berdebu, klei berdebu, klei dan lom berdebu sedangkan pada kebun sawit didominasi oleh tekstur lom klei berdebu. Hasil analisis tekstur tanah disajikan pada Tabel 18. Fraksi debu cukup mendominasi terhadap contoh tanah yang diambil. Tanah Ultisol mempunyai ciri pembentukan horison argilik. Prasetyo dan Suriadikarta (2006) menyatakan bahwa keberadaan

fraksi liat dan peningkatan fraksi liat akan membentuk argilik pada tanah ultisol yang dapat menghambat aliran air vertikal dan meningkatkan aliran horisontal. Oyonarte *et al.* (2008) mengemukakan bahwa asal usul batuan/litologi tanah menentukan sifat-sifat tanah yang terkait dengan lingkungan geokimia dari bentang tanah seperti tekstur, pH, kompleks pertukaran dan oksida-oksida bebas namun tidak begitu banyak mempengaruhi sifat-sifat organik. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa perbedaan persentase pasir, debu dan liat mempunyai korelasi yang signifikan terhadap nutrisi tanah (Amlin *et al.* 2014). Tekstur tanah mempunyai peran yang penting dalam mengontrol sifat-sifat kimia tanah (Lindell *et al.* 2010).

Tabel 8 Tesktur tanah dari sampel pengukuran pada masing-masing tutupan lahan

Tutupan Lahan	Kandungan Fraksi Tanah			Kelas Tekstur
	Pasir	Liat	Debu	
Hutan	24.19	31.01	44.8	Lom berklei
	20.27	28.46	51.27	Lom berklei
	26.58	35.74	37.68	Lom berklei
	25.61	38.86	35.53	Lom berklei
	27.73	29.09	43.18	Lom berklei
	27.91	28.55	43.54	Lom berklei
	23.59	30.63	45.78	Lom berklei
	25.19	16.49	58.32	Lom berdebu
Hutan Karet	11.17	43.27	45.56	Klei berdebu
	10.22	41.01	48.77	Klei berdebu
	12.07	37.39	50.54	Lom klei berdebu
	12.23	39.85	47.92	Lom klei berdebu
	12.46	28.8	58.74	Lom klei berdebu
	12.32	34.67	53.01	Lom klei berdebu
	12.91	39.05	48.04	Lom klei berdebu
11.8	33.46	54.74	Lom klei berdebu	
Kebun Karet	16.27	55.96	27.77	Klei
	15.29	53.46	31.25	Klei
	15.4	26.86	57.74	lom berdebu
	15.53	41.81	42.66	Klei berdebu
	15.32	40.65	44.03	Klei berdebu
	15.47	36.2	48.33	Lom klei berdebu
	16.09	38.3	45.61	Lom klei berdebu
	18.38	31.86	49.76	Lom klei berdebu
Kebun sawit	31.91	28.61	39.48	lom berklei
	23.1	25.4	51.5	lom berdebu
	17.71	37.3	44.99	Lom klei berdebu
	18.43	30.09	51.48	Lom klei berdebu
	18.73	33.59	47.68	Lom klei berdebu
	19	34.87	46.13	Lom klei berdebu
	16.94	32.38	50.68	Lom klei berdebu
17.64	31.77	50.59	Lom klei berdebu	

Sifat Hara Tanah

Hasil analisis sifat kimia tanah dari setiap tutupan lahan berikut status kandungan haranya disajikan pada Tabel 19. Status kandungan hara yang digunakan adalah menurut kriteria Staf Peneliti Pusat Penelitian Tanah (1983).

Tabel 19 Status kandungan hara pada masing-masing tutupan lahan

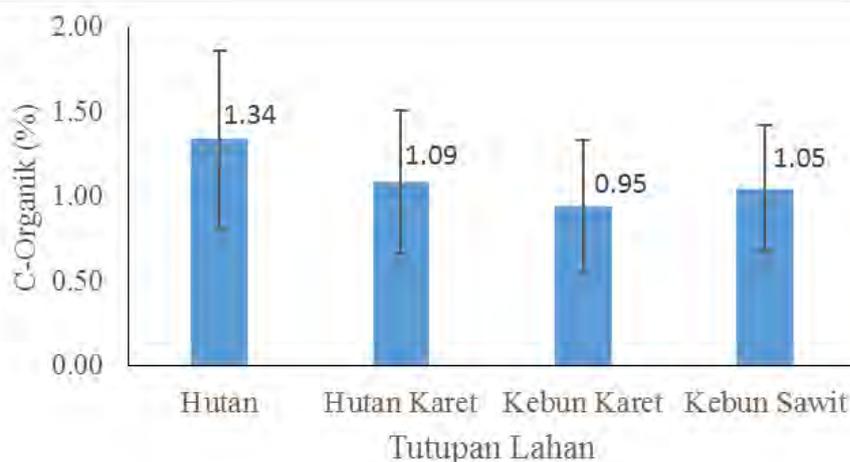
Hara Tanah	Rataan Kandungan Hara				Status Kandungan Hara			
	H	HK	KK	KS	H	HK	KK	KS
C-organik (%)	1.34	1.09	0.95	1.05	R	R	SR	R
Na (me/100g)	0.15	0.17	0.14	0.15	R	R	R	R
Ca (me/100g)	0.55	0.91	0.49	1.26	SR	SR	SR	SR
Mg (me/100g)	0.35	0.39	0.38	0.34	SR	SR	SR	SR
K (me/100g)	0.16	0.13	0.13	0.12	R	R	R	R
KTK (me/100g)	13.24	14.89	14.39	13.94	R	R	R	R
KB (%)	9.25	10.90	8.07	13.42	SR	SR	SR	SR

Keterangan : H = hutan, HK = hutan karet, KR = kebun karet, KS = kebun sawit, SR = sangat rendah, R = rendah, T = tinggi, ST = sangat tinggi
 Status kandungan hara menurut kriteria Staf Peneliti Pusat Penelitian Tanah (1983)

PT. Asiatic Persada (2013) melaporkan bahwa kondisi hara tanah di wilayah studi bervariasi. Kemasaman tanah (pH) tanah cukup bervariasi dari sangat masam sampai agak masam. Kandungan bahan organik dan N-total tanah umumnya tergolong sangat rendah. Kandungan P-tersedia tergolong sangat rendah sampai sedang.

Kandungan C-organik dan P Total tanah

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa transformasi hutan cenderung menurunkan kandungan C-organik tanah seperti yang disajikan pada Gambar 44. Konversi hutan mengakibatkan penurunan kandungan C-organik tanah dari 1.34% (lahan hutan) menjadi 1.09% (hutan karet), 0.95% (kebun karet), dan 1.05% (kebun sawit).



Gambar 45 Kandungan C-organik pada masing-masing tutupan lahan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Kandungan C-organik tanah tertinggi pada hutan diduga karena pada hutan terdapat beranekaragam jenis vegetasi yang tumbuh dan menghasilkan serasah yang banyak melalui guguran daun, batang, ranting, dan sebagainya. Selain itu akar tanaman yang mati akan terdekomposisi sehingga menambah bahan organik tanah. Namun demikian hasil uji beda nilai tengah menunjukkan bahwa kandungan C-organik dari 4 tutupan lahan tidak berbeda secara signifikan pada taraf nyata 0.05. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan tutupan hutan menjadi hutan karet, kebun karet dan kebun sawit tidak merubah kandungan C-Organik tanah. Hasil penelitian Cook *et al.* (2014) menunjukkan bahwa konversi hutan hanya mengindikasikan perubahan yang sangat kecil dari kandungan C-Organik tanah dan tidak signifikan perubahannya.

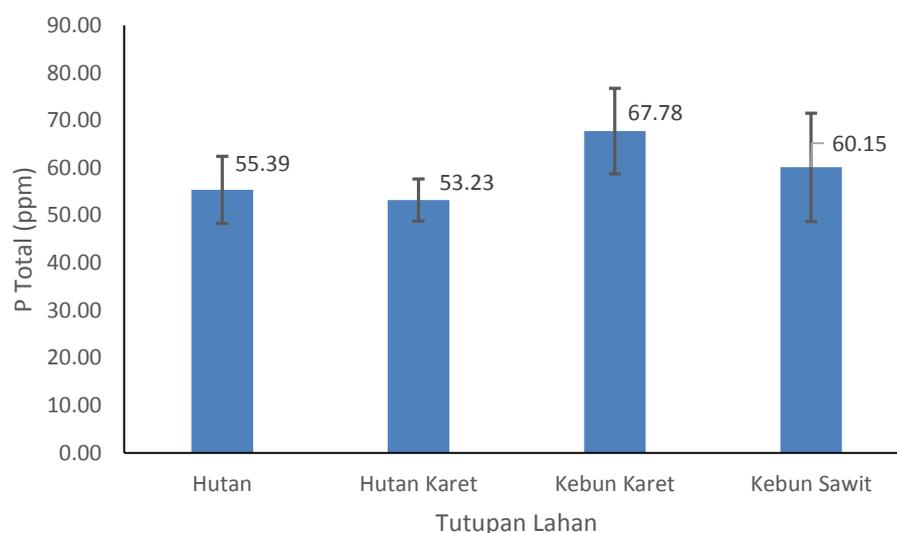
Hasil ini berbeda dengan penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa bahan organik tanah sensitif terhadap penggunaan lahan dan karakteristik tapaknya seperti tekstur tanah (Leifeld dan Kögel-Knabner 2005). *Land clearing* hutan menyebabkan penurunan C-organik tanah sebesar 27% (Handayani 2004), dan konversi hutan menjadi kebun karet telah menurunkan bahan organik tanah sebesar 48.2% selama kurun waktu 40 tahun di Hainan China (Cheng *et al.* 2007). Secara umum hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kandungan C-organik tanah terkategori sangat rendah pada areal kebun karet dan terkategori rendah di hutan, hutan karet dan kebun sawit menurut kriteria Staf Peneliti Pusat Penelitian Tanah (1983).

Perubahan tutupan lahan memberikan respon yang beragam terhadap kandungan P total tanah (Gambar 46). Kandungan P total tanah dari yang paling besar sampai yang paling kecil secara berturut-turut adalah hutan karet, hutan, kebun sawit dan kebun karet. Hasil uji beda nilai tengah menunjukkan bahwa kandungan P total tanah di kebun karet tidak berbeda nyata dengan kebun sawit, namun berbeda nyata dengan tutupan hutan dan hutan karet. Kandungan P total tanah pada hutan tidak berbeda nyata dengan hutan karet dan kebun sawit. Kandungan P total termasuk tinggi tetapi P tersedia pada lokasi studi secara umum tergolong sangat rendah sampai sedang (PT. Asiatic Persada 2013). Ketersediaan P yang rendah berhubungan dengan pH tanah yang rendah. Kemasaman tanah (pH) tanah cukup bervariasi dari sangat masam sampai agak masam. Ketersediaan P akan menurun bila pH tanah lebih rendah dari 5.5. Wahyuningsih (2012) mengemukakan bahwa aplikasi pupuk P alam yang didahului dengan pengapuran akan meningkatkan ketersediaan P tanah. Pemberian kapur dimaksudkan untuk meningkatkan pH dan mengendapkan unsur Al dan Fe. Pemberian pupuk P alam pada tanah masam berakibat pada fiksasi P oleh Al dan Fe.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritikan atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.



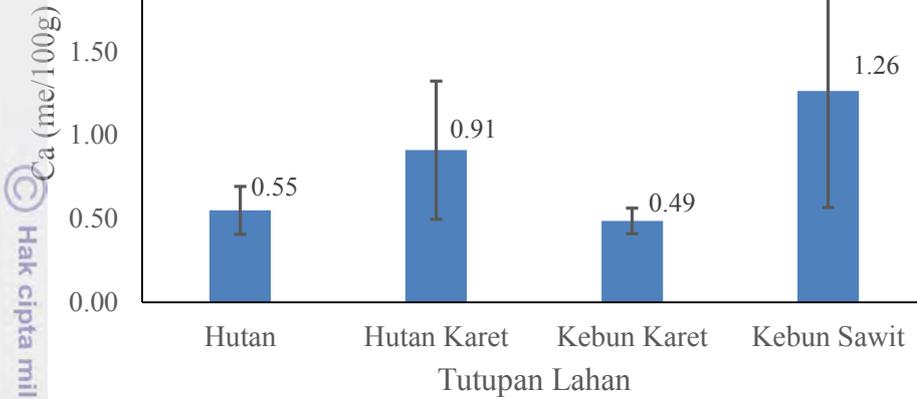
Gambar 46 Kandungan P total tanah pada masing-masing tutupan lahan

Secara umum konversi hutan menjadi hutan karet, kebun karet dan kebun sawit tidak merubah kandungan C-organik tanah dan kandungan P total tanah. Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian Geissen *et al.* (2009) yang melaporkan bahwa tanah dari berbagai tutupan lahan hasil konversi hutan tidak menunjukkan perbedaan yang nyata untuk C organik, total Nitrogen dan rasio C/N.

Kandungan Ca, Mg, K dan Na

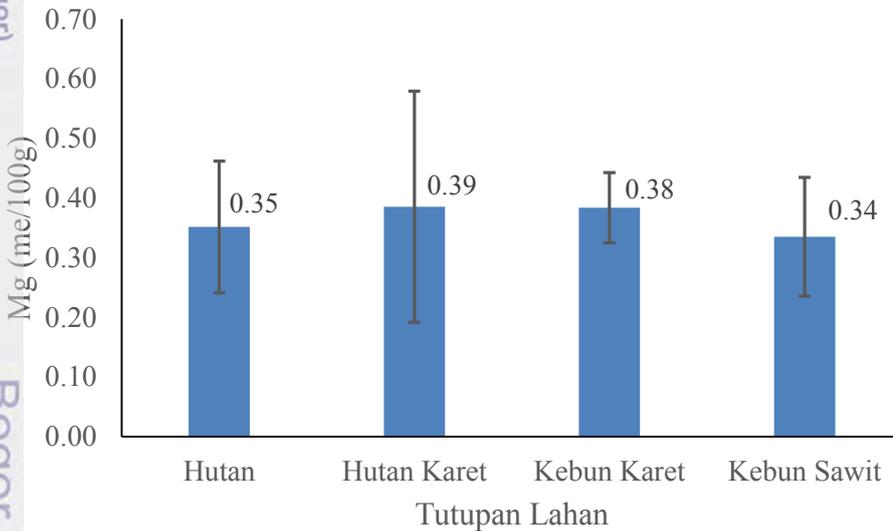
Kandungan Ca tertinggi ditemukan pada kebun sawit dan yang terendah pada kebun karet. Hasil analisis uji beda nilai tengah menunjukkan bahwa tutupan lahan hutan mempunyai kandungan Ca yang tidak berbeda nyata dengan kebun karet dan hutan karet, namun berbeda nyata dengan kebun sawit. Kandungan Ca tanah dari 4 bentuk transformasi terkategori sangat rendah menurut kriteria Staf Peneliti Pusat Penelitian Tanah (1983). Kebun sawit mempunyai rata-rata kandungan Ca yang lebih tinggi karena adanya aktifitas penambahan kapur pada lahan sawit. Pemberian kapur dimaksudkan untuk meningkatkan pH tanah yang rendah, karena kapur banyak mengandung unsur Ca maka pemberian kapur dapat meningkatkan Ca tanah.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 47 Kandungan Ca tanah pada masing-masing tutupan lahan

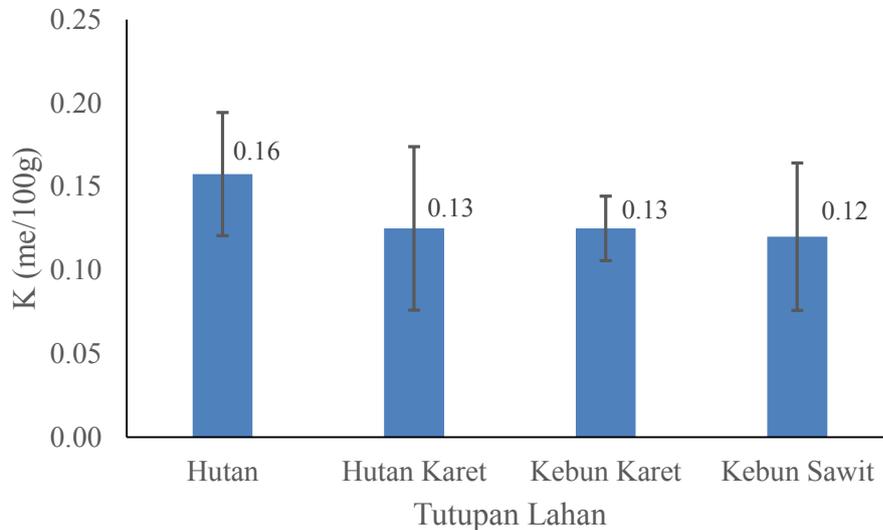
Kandungan Mg tertinggi ditemukan pada tutupan hutan karet dan terendah pada kebun sawit. Namun hasil analisis uji beda nilai tengah menunjukkan bahwa kandungan Mg pada 4 bentuk transformasi tidak berbeda nyata pada taraf nyata 0.05. Hal ini menunjukkan konversi hutan tidak mempengaruhi kandungan Mg dalam tanah. Kandungan Mg tanah dari 4 bentuk transformasi terkategori sangat rendah menurut kriteria Staf Peneliti Pusat Penelitian Tanah (1983).



Gambar 48 Kandungan Mg tanah pada masing-masing tutupan lahan

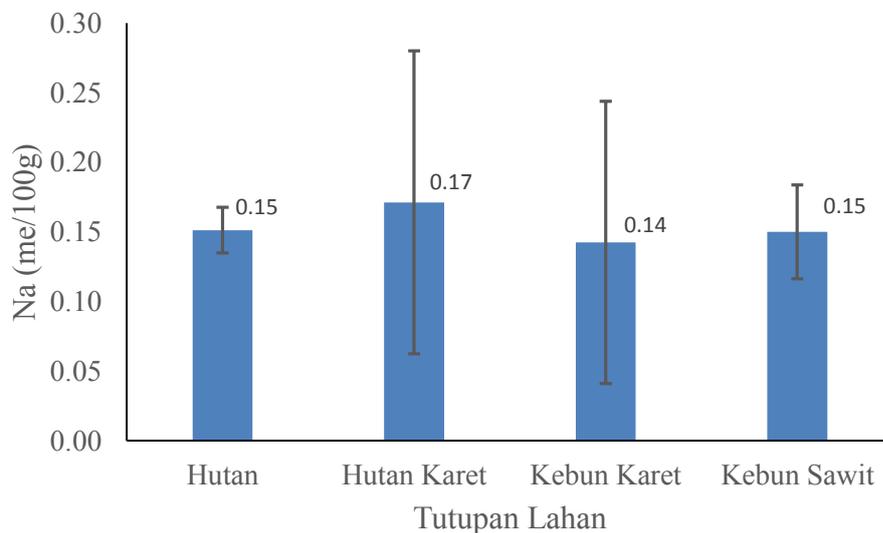
Kandungan K tertinggi ditemukan pada tutupan lahan hutan dan yang paling rendah di kebun sawit. Hasil uji beda nilai tengah menunjukkan bahwa perubahan tutupan hutan menjadi hutan karet, kebun karet dan kebun sawit tidak merubah kandungan K dalam tanah. Kandungan K tanah dari 4 bentuk transformasi terkategori rendah menurut kriteria Staf Peneliti Pusat Penelitian Tanah (1983). Unsur K pada lahan hutan cenderung lebih tinggi karena unsur K pada bentuk

transformasi yang lain hilang melalui erosi dan aliran permukaan. Kehilangan K melalui erosi cukup tinggi karena secara alami konsentrasi K di tanah cukup tinggi dan mudah larut dalam air (Bertol *et al.* 2003).



Gambar 49 Kandungan K tanah pada masing-masing tutupan lahan

Kandungan Na tertinggi ditemukan pada hutan karet dan terendah pada kebun karet. Hasil analisis uji beda nilai tengah menunjukkan bahwa kandungan antar tipe tutupan lahan tidak berbeda nyata. Kandungan Na tanah dari 4 bentuk transformasi perkategori rendah menurut kriteria Staf Peneliti Pusat Penelitian Tanah (1983).



Gambar 50 Kandungan Na tanah pada masing-masing tutupan lahan

Hasil penelitian ini secara umum menunjukkan bahwa perubahan tutupan lahan di lanskap transformasi hutan dataran rendah tidak memberikan perubahan yang signifikan terhadap sifat tanah untuk C organik, Ca, Mg, K dan Na.

Kandungan unsur C organik, Ca, Mg, K dan Na berkisar dari sangat rendah sampai rendah.

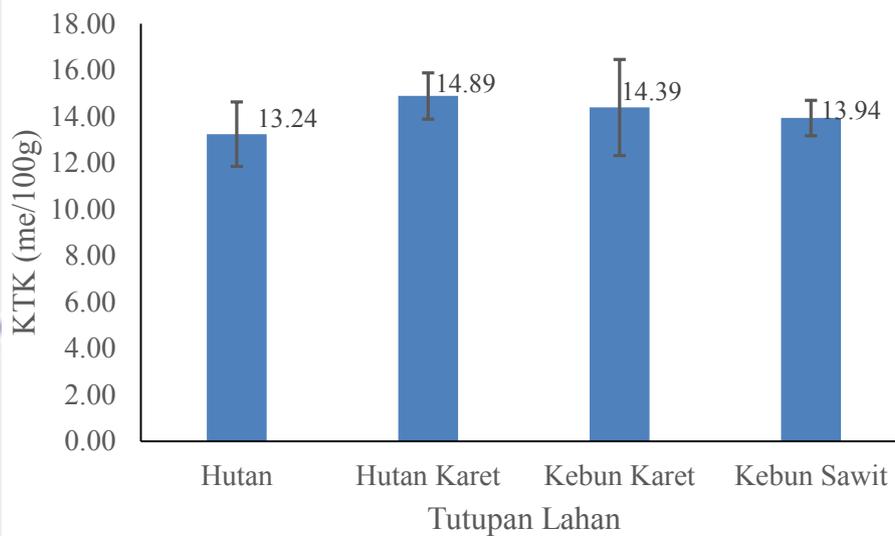
Kapasitas Tukar Kation (KTK) dan Kejenuhan Basa (KB) tanah

KTK tertinggi ditemukan di hutan karet dan yang paling rendah di hutan, namun hasil uji beda nilai tengah menunjukkan bahwa 4 bentuk transformasi tidak berbeda nyata. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan tutupan lahan tidak berpengaruh terhadap KTK tanah. Kandungan KTK tanah dari 4 bentuk transformasi terkategori rendah. KTK tanah dari 4 bentuk transformasi terkategori rendah menurut kriteria Staf Peneliti Pusat Penelitian Tanah (1983). Hasil ini berbeda dengan penelitian Yimer *et al.* (2008) dimana Konversi hutan menjadi lahan pertanian mengakibatkan penurunan KTK sebesar 2.6% yang kemungkinan disebabkan oleh penurunan konsentrasi bahan organik.

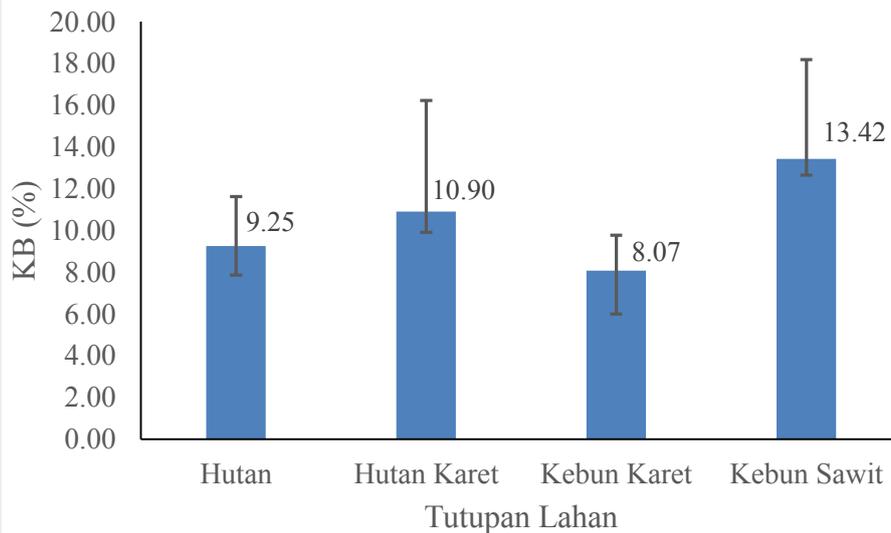
Kejenuhan basa (KB) tanah merupakan presentase dari total kation-kation basa yaitu Ca, Mg, Na, dan K terhadap jumlah total kation yang diikat dan dapat dipertukarkan oleh koloid tanah. Persentase kejenuhan basa mengindikasikan tingkat kesuburan tanah. Kejenuhan basa menentukan kemudahan pelepasan kation terjerap bagi tanaman. Semakin besar nilai KB maka unsur hara esensial lebih tersedia dan mudah dimanfaatkan tanaman. Tanah dikatakan subur apabila kejenuhan basanya lebih atau sama dengan 80% dan tidak subur apabila kejenuhan basanya kurang dari 50% dan agak subur apabila diantara 50%-80% (Tan 2011).

KB tertinggi dijumpai di Kebun sawit dan terendah di kebun karet. Hasil analisis uji beda nilai tengah menunjukkan bahwa KB di kebun sawit, hutan karet dan hutan tidak berbeda nyata. KB di hutan karet berbeda nyata dengan kebun sawit, namun tidak berbeda nyata dengan KB di hutan dan hutan karet. KB tanah dari 4 bentuk transformasi termasuk dalam kategori sangat rendah. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa konversi hutan alam menjadi lahan pertanian secara signifikan meningkatkan persentase kejenuhan basa (KB) (Yimer *et al.* 2008). KB tanah dari 4 bentuk transformasi terkategori sangat rendah menurut kriteria Staf Peneliti Pusat Penelitian Tanah (1983).

Pengaruh dari praktek pengelolaan kebun sawit terhadap sifat-sifat tanah seperti bahan organik tanah dan ketersediaan nutrisi sudah diketahui bervariasi menurut tipe tanah dan posisi topografinya (Comte *et al.* 2013), menurut umur tegakan sawit (Smith *et al.* 2012) dan kemungkinan juga karena pengaruh hujan (Comte *et al.* 2012). Tanah Ultisol umumnya mempunyai nilai kejenuhan basa < 35%, dan beberapa jenis tanah Ultisol mempunyai kapasitas tukar kation < 16 cmol/kg liat (Prasetyo dan Suriadikarta 2006).



Gambar 51 Kapasitas Tukar Kation (KTK) pada masing-masing tutupan lahan



Gambar 52 Kejenuhan basa (KB) pada masing-masing tutupan lahan

Hubungan Antara Tekstur Tanah dengan C-organik, KTK dan KB

Distribusi fraksi tekstur tanah di lokasi penelitian didominasi oleh fraksi lom dan klei. Gambar 53 menunjukkan bahwa kandungan klei memiliki korelasi yang rendah dengan C-organik tanah ($r = -0,322$) sehingga tidak terlihat pola antara persentase klei dengan kandungan C-organik tanahnya. Hal ini berbeda dengan hasil penelitian Six *et al.* (2002) yang mengemukakan bahwa fraksi tekstur tanah yang halus dapat mengikat bahan organik tanah dan menurunkan laju dekomposisi, sehingga semakin tinggi persentase fraksi klei dapat meningkatkan C-organik tanahnya.

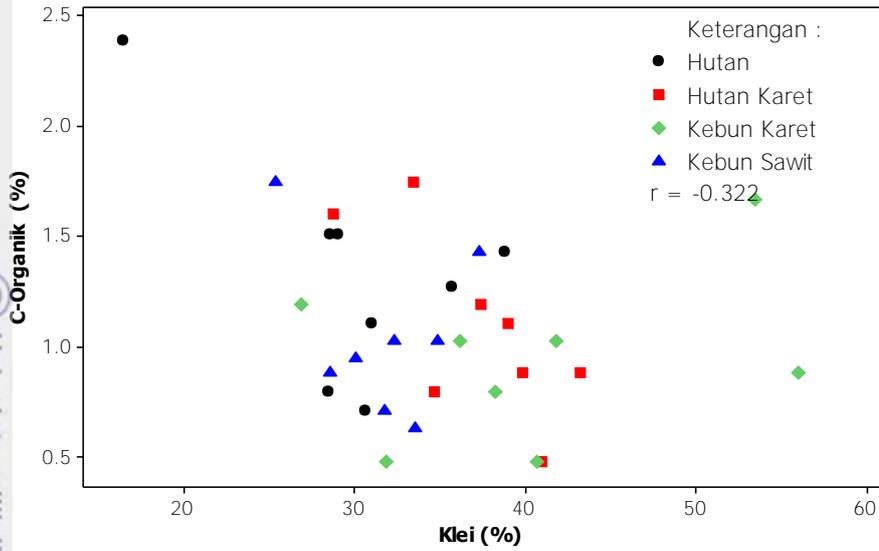
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

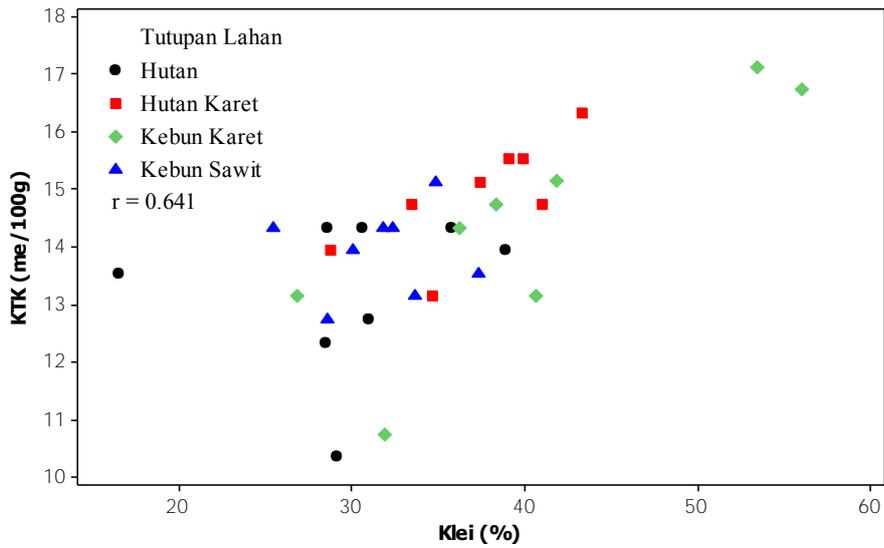
Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

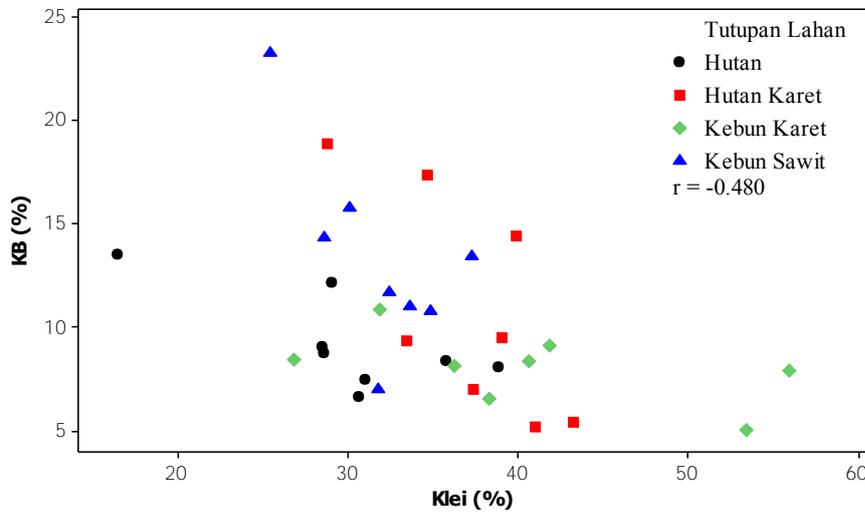


Gambar 53 Kandungan C-organik tanah menurut kandungan klei pada masing-masing bentuk transformasi



Gambar 54 KTK tanah menurut kandungan klei pada masing-masing bentuk transformasi

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



7 PEMBAHASAN UMUM

Transformasi hutan menjadi kebun karet dan kebun sawit telah menyebabkan terjadinya berbagai polemik terkait dampaknya terhadap sumberdaya alam yang lain, terutama sumberdaya air dengan isu banjir dan kelangkaan air dimusim kemarau. Fakta di lapangan menunjukkan bahwa setelah transformasi hutan menjadi kebun sawit masyarakat merasakan semakin sulitnya mendapatkan mata air ketika musim kemarau. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa bahwa laju transpirasi dan evapotranspirasi antara kebun sawit dewasa dibandingkan dengan hutan tropis adalah serupa atau bahkan ada yang lebih rendah (Becker 1996; Cienciala *et al.* 2000; McJannet *et al.* 2007; Dierick dan Hölscher 2009; Comte *et al.* 2012; Niu *et al.* 2015). Transformasi hutan selain karena faktor yang tidak didesain yang dilakukan oleh masyarakat juga terjadi karena desain yang dilakukan oleh Pemerintah yang berwenang melalui peraturan perundang-undangan. Khusus di Provinsi Jambi berdasarkan Perda Provinsi Nomer 10 Tahun 2013 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi Jambi Tahun 2013-2033 terdapat 10 Kabupaten yang dijadikan sebagai kawasan pengembangan perkebunan. Hal ini berimplikasi bahwa ke depan upaya transformasi hutan akan terus terjadi dan perlu tindakan antisipasi khususnya terkait dengan konservasi sumberdaya air dan tanahnya.

Hasil penelitian menunjukkan transformasi hutan menjadi kebun karet dan kebun sawit menurunkan intersepsi masing-masing sebesar 7% dan 8% (Kebun sawit 14 tahun), 10% (Kebun sawit umur 8 tahun), sedangkan transformasi hutan menjadi hutan karet meningkatkan intersepsi 5%. Penurunan intersepsi menunjukkan air hujan yang sampai di tanah melalui *stemflow* (SF) dan *throughfall* (TF) meningkat, dan sebaliknya. Proporsi SF di hutan, hutan karet dan kebun karet terhadap hujan masing-masing hanya 0.7%, 0.3% dan 0.2%, sedangkan di kebun sawit > 3%. Struktur tajuk hutan dengan hutan karet dan kebun karet relatif sama sehingga perbedaan SF tidak nyata, namun struktur tajuk tanaman sawit sangat berbeda yang memungkinkan tajuk menangkap air hujan dan diarahkan ke batang sawit dalam volume besar sehingga SF tanaman sawit jauh lebih besar dibandingkan hutan, hutan karet maupun kebun karet. Volume dan laju SF yang besar mengalir terkonsentrasi pada pangkal batang sawit berpotensi menghasilkan tingginya laju aliran permukaan relatif terhadap air yang diinfiltrasikan. *Stemflow* sebagai salah satu komponen pengukuran intersepsi seringkali diabaikan karena proporsinya yang rendah terhadap total curah hujan (Asdak *et al.* 1998; Park dan Cameron 2008; Molina dan del Campo 2012). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa besarnya volume air yang sampai di permukaan tanah melalui *stemflow* pada tanaman sawit besar dibandingkan dengan tanaman lainnya yang ditunjukkan oleh nilai *stemflow funnelling ratio* (SFR). Kondisi ini dapat memicu terjadinya terjadinya aliran permukaan (*surface run off*) jika kondisi permukaan tanahnya mempunyai kapasitas infiltrasi yang rendah.

Penelitian ini menunjukkan bahwa bobot isi (BI) tanah dari keempat bentuk transformasi yang diamati secara statistik tidak berbeda nyata. Rataan bobot isi terbesar sampai yang terkecil secara berturut turut adalah kebun sawit, hutan karet, hutan dan kebun karet, dengan demikian terjadi kecenderungan peningkatan BI

akibat transformasi dari hutan menjadi kebun sawit. BI pada kedalaman 5-10 cm di kebun karet dan kebun sawit lebih tinggi dari hutan dan hutan karet, hal ini mengindikasikan adanya pemadatan tanah akibat aktifitas manusia (Tanaka *et al.* 2009). Pemadatan tanah menyebabkan penurunan kapasitas infiltrasi (Rab 1994) sehingga meningkatkan aliran permukaan (Suryatmojo 2014).

Aliran permukaan skala plot menunjukkan hutan menghasilkan aliran permukaan yang paling kecil dibandingkan plot lainnya. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa serasah dan tumbuhan bawah dalam mengurangi terjadinya aliran permukaan cukup besar. Hutan (Plot 6) dengan tutupan serasah yang tebal mampu mengurangi proses terjadinya aliran permukaan untuk kejadian hujan yang sama dibandingkan dengan hutan karet, kebun karet dan kebun sawit. Kebun sawit yang permukaan tanahnya didominasi oleh tumbuhan bawah (Plot 2 dan Plot 4) mampu mengurangi terjadinya aliran permukaan cukup besar dibandingkan dengan kebun sawit tanpa tumbuhan bawah (Plot 1 dan Plot 3). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Sidle *et al.* (2007) dimana volume aliran permukaan pada areal dengan tutupan tumbuhan bawah yang jarang lebih besar dibandingkan dengan aliran permukaan dari areal yang ditumbuhi pakis dan mempunyai lapisan serasah selama berlangsungnya hujan dengan intensitas tinggi. Kombinasi antara tumbuhan bawah dan serasah juga berpengaruh baik terhadap peningkatan kapasitas infiltrasi tanah dan pengurangan aliran permukaan. Serasah mempunyai peran yang penting dalam konservasi tanah dan air terutama terhadap erosi atau pencucian. Tutupan serasah juga dapat berperan sebagai lapisan pelindung untuk menjaga sifat-sifat fisik tanah, seperti retensi air tanah (Ginter *et al.* 1979), sehingga dapat dipahami jika hutan yang permukaan tanahnya banyak ditutupi serasah jarang terjadi aliran permukaan hortonian, serasah juga mendukung terjadinya perkolasi ke dalam tanah dan secara signifikan mengurangi erosi ((Sidle *et al.* 2007). Kapasitas infiltrasi dibawah tegakan hutan secara umum tinggi dan sangat tinggi karena efek kombinasi antara suplai kontinyu dari serasah daun, aktifitas fauna tanah dan pembusukan akar. Sebagai hasilnya potensi terjadinya *infiltration-excess overland flow* (HOF) yaitu aliran yang terjadi jika besarnya hujan (intensitas hujan) yang jatuh lebih besar dari kapasitas infiltrasi adalah sangat rendah (Grip *et al.* 2005).

Pengaruh dari praktek pengelolaan kebun sawit terhadap sifat-sifat tanah seperti bahan organik tanah dan ketersediaan nutrisi sudah diketahui bervariasi menurut tipe tanah dan posisi topografinya (Comte *et al.* 2013), menurut umur tegakan sawit (Smith *et al.* 2012) dan kemungkinan juga karena pengaruh hujan (Comte *et al.* 2012). Hasil analisis status kesuburan tanah menunjukkan bahwa kondisi kesuburan dari keempat bentuk transformasi termasuk rendah. Kondisi ini menunjukkan perlu input hara yang cukup besar bagi usaha perkebunan untuk dapat memperoleh hasil panen yang baik. Hasil wawancara dengan masyarakat di lokasi penelitian terungkap bahwa produksi sawit dan karet dari kebun mereka termasuk rendah. Namun demikian petani cenderung mengusahakan lahannya menjadi sawit dibandingkan untuk kebun karet karena tingginya pendapatan yang bisa diperoleh oleh petani independen (non plasma inti) dengan luasan kebun yang kecil, dan lebih menguntungkan bila dibandingkan dengan usaha padi sawah (Feintrenie *et al.* 2010).

Bentuk pengelolaan lahan yang bisa dilakukan berdasarkan hasil penelitian ini untuk mendukung tercapainya *best management practices* (BMP's) pada lahan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

transformasi hutan menjadi kebun sawit adalah pengelolaan yang mampu menurunkan aliran permukaan, meningkatkan aliran dasar dan sekaligus mampu untuk meningkatkan kesuburan tanahnya. Pemanfaatan serasah dan tumbuhan bawah dapat dilakukan untuk menurunkan aliran permukaan dan meningkatkan aliran dasar. Serasah sangat tergantung kondisi tumbuhan di atasnya sehingga pada lahan sawit yang bisa dilakukan adalah pemanfaatan pelepah. Hal ini didukung hasil penelitian bahwa kapasitas infiltrasi pada gawangan mati tempat penumpukan pelepah termasuk tinggi. Selain itu juga perlu adanya tumbuhan bawah yang dibiarkan menutup permukaan tanah. Hasil wawancara dengan beberapa petani terungkap bahwa keberadaan tumbuhan bawah mempengaruhi berat TBS namun keberadaan tumbuhan juga mengundang binatang seperti ular, babi hutan, tikus dan lainnya. Keberadaan tumbuhan bawah juga menjadi pesaing serapan nutrisi dari pupuk yang diberikan petani kepada tanaman sawit. Hal ini yang menyebabkan petani enggan untuk membiarkan tumbuhan bawah tumbuh di bawah tanaman sawit dan cenderung dibersihkan (*weeding*).

Usaha lain yang bisa dilakukan untuk meningkatkan pengisian air tanah dan pengurangan aliran permukaan serta erosi pada kebun sawit adalah dengan membangun rorak/*catch ditch/sediment trap/silt pit* (Sajikumar dan Remya 2015). Pembuatan rorak dimaksudkan untuk mencegah aliran permukaan terutama yang berasal dari aliran preferensial yang dimulai dari piringan tanaman (*weeding circle*) dan jalur panen (*harvesting path zone*) dan menampungnya dalam lubang sehingga mempunyai kesempatan yang lebih besar untuk diinfiltrasikan ke dalam tanah (Gambar 56). Rorak juga dapat dipergunakan untuk penempatan pupuk organik agar tidak mudah hilang terbawa aliran permukaan. Penelitian ini belum dapat mengetahui efektifitas pengurangan aliran permukaan dan peningkatan aliran dasar karena terkendala masalah waktu dan musim.



Gambar 56 Rorak di kebun sawit untuk mencegah aliran permukaan

Penerapan rorak di kebun sawit mampu menunda kekeringan sampai 3.5 bulan dibandingkan dengan tanpa konservasi tanah dan air sama sekali (Murti Laksono *et al.* 2007). Teknik pengendalian aliran permukaan dengan rorak bergulud paling efektif mengurangi aliran permukaan yaitu 88% dibandingkan

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

lahan terbuka tanpa teknik pengendalian aliran permukaan dan tanpa tumbuhan (Noeralam *et al.* 2003). Perlakuan penumpukan pelepah tegak lurus kontur diantara tanaman menghasilkan aliran permukaan sebesar 30.83%, perlakuan penumpukan pelepah sejajar kontur diantara tanaman menghasilkan aliran permukaan sebesar 17.88% dan perlakuan penumpukan pelepah ditambah rorak mampu menurunkan aliran permukaan sampai 10.68% (Soon dan Hoong 2002). Penggunaan tandan buah kosong sebagai mulsa penutup tanah juga dilaporkan sangat efektif dalam menurunkan aliran permukaan (Moradi *et al.* 2012).

Hasil penelitian ini bukan berarti mendukung konversi hutan untuk menjadi kebun sawit, terlebih lagi konversi pada areal yang seharusnya tetap dipertahankan fungsinya sebagai hutan. Hasil penelitian ini dapat dipergunakan untuk menjadi pertimbangan dan acuan pada areal-areal yang sudah terlanjur dikonversi menjadi kebun sawit bagaimana pengelolaan lahan agar tetap mampu untuk mengurangi aliran permukaan dan meningkatkan pengisian air tanah. Peningkatan pengisian air tanah diharapkan dapat mengurangi kelangkaan air pada musim kemarau. Peningkatan infiltrasi juga diharapkan dapat mengurai resiko terjadinya banjir.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPIB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPIB.



8 SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Transformasi hutan menjadi kebun karet dan kebun sawit menurunkan intersepsi masing-masing sebesar 7% dan 8% (Kebun sawit 14 tahun), 10% (Kebun sawit umur 8 tahun), sedangkan transformasi hutan menjadi hutan karet meningkatkan intersepsi 5%. Penurunan intersepsi menunjukkan air hujan yang sampai di tanah melalui *stemflow* (SF) dan *throughfall* (TF) meningkat, dan sebaliknya. Proporsi SF di hutan, hutan karet dan kebun karet terhadap hujan masing-masing hanya 0.7%, 0.3% dan 0.2%, sedangkan di kebun sawit > 3%. Struktur tajuk hutan dengan hutan karet dan kebun karet relatif sama sehingga perbedaan SF tidak nyata, namun struktur tajuk tanaman sawit sangat berbeda yang memungkinkan tajuk menangkap air hujan dan diarahkan ke batang sawit dalam volume besar sehingga SF tanaman sawit jauh lebih besar dibandingkan hutan, hutan karet maupun kebun karet. Volume dan laju SF yang besar mengalir terkonsentrasi pada pangkal batang sawit berpotensi menghasilkan tingginya laju aliran permukaan relatif terhadap air yang diinfiltrasikan. Karakteristik tajuk LAI, GC dan MLA mempunyai korelasi yang lemah dengan IF dan TF.

Rata-rata bobot Isi (BI) tanah dari keempat bentuk penggunaan lahan yang diamati secara statistik dari sampel tanah berukuran 98.125 cm^3 tidak berbeda nyata, namun terjadi kecenderungan peningkatan BI akibat transformasi dari hutan menjadi kebun sawit. Rata-rata BI tanah permukaan (kedalaman 5-10 cm) di kebun karet dan kebun sawit lebih tinggi dari hutan dan hutan karet. Konduktifitas hidraulik tidak jenuh pada lahan hutan lebih tinggi dari tutupan lahan lainnya.

Hasil pengukuran infiltrasi menggunakan *double ring infiltrometer* menunjukkan kapasitas infiltrasi tanah jenuh di hutan lebih tinggi dari tipe penggunaan lahan lainnya. Aliran permukaan skala plot menunjukkan bahwa hutan menghasilkan aliran permukaan yang paling kecil dibandingkan plot lainnya. Selain karena proporsi air hujan yang sampai di permukaan tanah lebih rendah dari kebun karet dan kebun sawit, hutan (Plot 6) dengan serasah yang tebal mampu mengurangi proses terjadinya aliran permukaan untuk kejadian hujan yang sama dibandingkan dengan kebun karet dan kebun sawit. Kebun sawit yang permukaan tanahnya didominasi oleh tumbuhan bawah (Plot 2 dan Plot 4) mampu mengurangi aliran permukaan cukup besar dibandingkan dengan kebun sawit tanpa tumbuhan bawah (Plot 1 dan Plot 3). Pemadatan tanah pada kebun sawit juga memicu terjadinya *hortonian flow* yang dimulai dari jalur panen dan piringan tanaman yang tanahnya padat dan tidak terdapat tumbuhan bawah maupun serasah. Hasil pengamatan debit pada skala mikro DAS menunjukkan bahwa DAS yang didominasi oleh hutan karet dan kebun karet mampu memperlambat pelepasan air dari dalam DAS dibandingkan dengan DAS yang didominasi oleh kebun sawit.

Kesuburan tanah pada keempat tutupan lahan terkategori rendah. Kondisi ini menunjukkan bahwa perlu usaha pengelolaan lahan yang mampu mengkonservasi tanah dan air dengan baik serta dapat meningkatkan kesuburan tanahnya.

Transformasi hutan menjadi kebun karet dan kebun sawit menurunkan intersepsi dan kapasitas infiltrasi tanah jenuh serta meningkatkan aliran permukaan. Isu kelangkaan air yang terjadi akibat transformasi hutan menjadi kebun sawit

bukan disebabkan akibat tingginya konsumsi air oleh tanaman sawit, namun karena rendahnya intersepsi, tingginya air hujan yang sampai di permukaan, menurunnya kapasitas infiltrasi akibat pemadatan tanah dan akhirnya mengakibatkan tingginya aliran permukaan dan rendahnya infiltrasi untuk mengisi air tanah.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, disampaikan saran-saran penelitian lanjutan sebagai berikut:

Hasil penelitian aliran permukaan dalam skala mikro DAS masih perlu penelitian lanjutan, selain melanjutkan penelitian transformasi hujan-limpasan juga penelitian dinamika kelengasan tanah dan air tanah dikaitkan dengan sifat hidraulika tanah dan akifernya.

Tanaman sawit mengakibatkan aliran yang sampai di permukaan tanah melalui aliran batang jauh lebih besar dibandingkan dengan tanaman karet maupun tanaman berkayu lainnya, sehingga perlu dilakukan penelitian perbedaan energi kinetik aliran batang kaitannya dengan erosi dan percepatan aliran permukaan.

Untuk pengelolaan limpasan yang terjadi di kebun sawit, perlu penelitian lanjutan tentang efektifitas pembuatan rorak terhadap aliran permukaan dengan jangka waktu penelitian yang cukup panjang, dan upaya praktek pengelolaan terbaik (*best management practices*) pengelolaan kebun dari mulai pembukaan lahan sampai umur tanaman sawit tidak produktif.

DAFTAR PUSTAKA

- Abood SA, Lee JSH, Burivalova Z, Garcia-Ulloa J, Koh LP. 2015. Relative Contributions of the Logging, Fiber, Oil Palm, and Mining Industries to Forest Loss in Indonesia. *Conservation Letters*. 8(1): 58-67. doi: 10.1111/conl.12103
- Allen ST, Keim RF, McDonnell JJ. 2015. Spatial patterns of throughfall isotopic composition at the event and seasonal timescales. *Journal of Hydrology*. 522: 58-66. doi: 10.1016/j.jhydrol.2014.12.029
- Amlin G, Suratman MN, Isa NNM. 2014. Soil chemical analysis of secondary forest 30 years after logging activities at Krau Wildlife Reserve, Pahang, Malaysia. *APCBEE Procedia*. 9: 75-81. doi: 10.1016/j.apcbee.2014.01.014
- An S, Zheng F, Zhang F, Van Pelt S, Hamer U, Makeschin F. 2008. Soil quality degradation processes along a deforestation chronosequence in the Ziwojing area, China. *Catena*. 75: 248-256. doi: 10.1016/j.catena.2008.07.003
- Andréassian V. 2004. Waters and forests: from historical controversy to scientific debate. *Journal of Hydrology*. 291: 1-27. doi: 10.1016/j.jhydrol.2003.12.015
- Asdak C, Jarvis PG, van Gardingen P, Fraser A. 1998. Rainfall interception loss in unlogged and logged forest areas of Central Kalimantan, Indonesia. *Journal of Hydrology*. 206: 237-244. doi: 10.1016/S0022-1694(98)00108-5
- Babel MS, Shrestha B, Perret SR. 2011. Hydrological impact of biofuel production: A case study of the Khlong Phlo Watershed in Thailand. *Agricultural Water Management*. 101: 8-26. doi: 10.1016/j.agwat.2011.08.019
- Badoux A, Witzig J, Germann PF, Kienholz H, Lüscher P, Weingartner R, Hegg C. 2006. Investigations on the runoff generation at the profile and plot scales, Swiss Emmental. *Hydrological processes*. 20(2): 377-394. doi: 10.1002/hyp.6056
- Bahmani SMHG, Attarod P, Bayramzadeh V, Ahmadi MT, Radmehr A. 2012. Throughfall, stemflow, and rainfall interception in a natural pure forest of chestnut-leaved oak (*Quercus castaneifolia* C.A. Mey.) in the Caspian Forest of Iran. *Annals of Forest Research*. 55(2): 197-206. doi: 10.15287/afr.2012.60.
- Banabas M, Turner MA, Scotter DR, Nelson PN. 2008. Losses of nitrogen fertiliser under oil palm in Papua New Guinea: 1. Water balance, and nitrogen in soil solution and runoff. *Australian Journal of Soil Research*. 46: 332-229. doi: 10.1071/SR07171
- Banin A, Amiel A. 1970. A correlative study of the chemical and physical properties of a group of natural soils of Israel. *Geoderma*. 3(3): 185-198. doi: 10.1016/0016-7061(70)90018-2
- Bäse F, Elsenbeer H, Neill C, Krusche AV. 2012. Differences in throughfall and net precipitation between soybean and transitional tropical forest in the southern Amazon, Brazil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 159: 19-28. doi: 10.1016/j.agee.2012.06.013
- Baskoro DPT, Tarigan SD. 2007. Karakteristik kelembaban tanah pada beberapa jenis tanah. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 9(2): 77-81.

- Becker P. 1996. Sap flow in Bornean heath and dipterocarp forest trees during wet and dry periods. *Tree Physiology*. 16: 295--299. doi: 10.1093/treephys/16.1-2.295
- Berhail S, Ouerdachi L, Boutaghane H. 2012. The use of the recession index as indicator for components of flow. *Energy Procedia*. 18: 741-750. doi: 10.1016/j.egypro.2012.05.090
- Bertol I, Mello EL, Guadagnin JC, Zapparoli ALV, Carrafa MR. 2003. Nutrient losses by water erosion. *Scientia Agricola*. 60: 581-586. doi: 10.1590/S0103-90162003000300025
- Bormann H, Klaassen K. 2008. Seasonal and land use dependent variability of soil hydraulic and soil hydrological properties of two Northern German soils. *Geoderma*. 145: 295–302. doi: 10.1016/j.geoderma.2008.03.017
- Broich M, Hansen MC, Potapov P, Adusei B, Lindquist E, Stehman SV. 2011. Time-series analysis of multi-resolution optical imagery for quantifying forest cover loss in Sumatra and Kalimantan, Indonesia. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 13(2): 277-291. doi: 10.1016/j.jag.2010.11.004
- Bruijnzeel LA. 2004. Hydrological functions of tropical forests: not seeing the soil for the trees? *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 104: 185-228. doi: 10.1016/j.agee.2004.01.015
- Bryant ML, Bhat S, Jacobs JM. 2005. Measurements and modeling of throughfall variability for five forest communities in the southeastern US. *Journal of Hydrology*. 312: 95-108. doi: 10.1016/j.jhydrol.2005.02.012
- Bulcock HH, Jewitt GPW. 2012. Modelling canopy and litter interception in commercial forest plantations in South Africa. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*. 9(7): 8293-8333. doi: 10.5194/hessd-9-8293-2012
- Carlyle-Moses DE, Laureano JSF, Price AG. 2004. Throughfall and throughfall spatial variability in Madrean oak forest communities of northeastern Mexico. *Journal of Hydrology*. 297: 124–135. doi:10.1016/j.jhydrol.2004.04.007
- Carlyle-Moses DE, Park AD, Cameron JL. 2010. Modelling rainfall interception loss in forest restoration trials in Panama. *Ecohydrology*. 3(3): 272-283. doi: 10.1002/eco.105
- Carlyle-Moses DE, Price AG. 2006. Growing-season stemflow production within a deciduous forest of southern Ontario. *Hydrological Processes*. 20(17): 3651-3663. doi: 10.1002/hyp.6380
- Carr MKV. 2011. The water relations and irrigation requirements of oil palm (*Elaeis guineensis*): a review. *Experimental Agriculture*. 47(04): 629-652. doi: 10.1017/S0014479711000494
- Carr MKV. 2012. The water relations of rubber (*Hevea brasiliensis*): a review. *Experimental Agriculture*. 48(2): 176-193. doi: 10.1017/S0014479711000901
- Charlier J-B, Moussa R, Cattani P, Cabidoche Y-M, Voltz M. 2009. Modelling runoff at the plot scale taking into account rainfall partitioning by vegetation: application to stemflow of banana (*Musa spp.*) plant. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*. 6: 4307-4347.
- Cheng C-m, Wang R-s, Jiang J-s. 2007. Variation of soil fertility and carbon sequestration by planting *Hevea brasiliensis* in Hainan Island, China.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumarkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

- Journal of Environmental Sciences*. 19(3): 348-352. doi: 10.1016/s1001-0742(07)60057-6
- Cienciala E, Kučera J, Malmer A. 2000. Tree sap flow and stand transpiration of two *Acacia mangium* plantations in Sabah, Borneo. *Journal of Hydrology*. 236: 109-120. doi: 10.1016/S0022-1694(00)00291-2
- Climate-Data.org. 2015. *Iklim: Muara Bulian*. <http://id.climate-data.org/location/972260/>. Tanggal akses: 14 Juli 2015.
- Comte I, Colin F, Grünberger O, Follain S, Whalen JK, Caliman J-P. 2013. Landscape-scale assessment of soil response to long-term organic and mineral fertilizer application in an industrial oil palm plantation, Indonesia. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 169: 58-68. doi: 10.1016/j.agee.2013.02.010
- Comte I, Colin F, Whalen JK, Grünberger O, Caliman J-P. 2012. Agricultural practices in oil palm plantations and their impact on hydrological changes, nutrient fluxes and water quality in Indonesia: A review. Di dalam: L. S. Donald, editor. *Advances in Agronomy*. Burlington (AS): Academic Press. hlm 71-124.
- Condit R, Hubbell SP, Foster RB. 1996. Assessing the response of plant functional types to climatic change in tropical forests. *Journal of Vegetation Science*. 7(3): 405-416. doi: 10.2307/3236284
- Cook RL, Binkley D, Mendes JCT, Stape JL. 2014. Soil carbon stocks and forest biomass following conversion of pasture to broadleaf and conifer plantations in southeastern Brazil. *Forest Ecology and Management*. 324: 37-45. doi: 10.1016/j.foreco.2014.03.019
- Cosandey C, Andreassian V, Martin C, Didon-Lescot JF, Lavabre J, Folton N, Mathys N, Richard D. 2005. The hydrological impact of the mediterranean forest: a review of French research. *Journal of Hydrology*. 301: 235-249. doi: 10.1016/j.jhydrol.2004.06.040
- Cowan IR. 1965. Transport of water in the soil-plant-atmosphere system. *Journal of Applied Ecology*. 2(1): 221-239. doi: 10.2307/2401706
- Crockford RH, Richardson DP. 2000. Partitioning of rainfall into throughfall, stemflow and interception: effect of forest type, ground cover and climate. *Hydrological Processes*. 14(16-17): 2903-2920. doi: 10.1002/1099-1085(200011/12)14:16/17<2903::AID-HYP126>3.0.CO;2-6
- Dasanto BD, Pramudya B, Boer R, Suharnoto Y. 2014. Effects of forest cover change on flood characteristics in the upper Citarum watershed. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*. 20(3): 141-149. doi: 10.7226/jtfm.20.3.141
- Deguchi A, Hattori S, Park H-T. 2006. The influence of seasonal changes in canopy structure on interception loss: Application of the revised Gash model. *Journal of Hydrology*. 318(1-4): 80-102. doi: 10.1016/j.jhydrol.2005.06.005
- Denmead O, Shaw RH. 1962. Availability of soil water to plants as affected by soil moisture content and meteorological conditions. *Agronomy Journal*. 54(5): 385-390. doi: 10.2134/agronj1962.00021962005400050005x
- Descroix L, Barrios JLG, Vandervaere JP, Viramontes D, Bollyer A. 2002. An experimental analysis of hydrodynamic behaviour on soils and hillslopes in a subtropical mountainous environment (Western Sierra Madre, Mexico). *Journal of Hydrology*. 266: 1-14. doi: 10.1016/S0022-1694(02)00099-9

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

- Dierick D, Hölscher D. 2009. Species-specific tree water use characteristics in reforestation stands in the Philippines. *Agricultural and Forest Meteorology*. 149(8): 1317-1326. doi: 10.1016/j.agrformet.2009.03.003
- Dietz J, Holscher D, Leuschner C, Hendrayanto. 2006. Rainfall partitioning in relation to forest structure in differently managed montane forest stands in Central Sulawesi, Indonesia. *Forest Ecology and Management*. 237: 170-178. doi: 10.1016/j.foreco.2006.09.044
- El-Ansary MY, Awad MA, Nassar AA, Farag AA. 2010. Calibration of three common flow measurement devices for open channels. *Misr Journal of Agricultural Engineering*. 27(1): 151 - 169.
- Feintrenie L, Chong WK, Levang P. 2010. Why do farmers prefer oil palm? Lessons learnt from Bungo district, Indonesia. *Small-scale forestry*. 9(3): 379-396. doi: 10.1007/s11842-010-9122-2
- Fernández-Gálvez J, Barahona E. 2005. Changes in soil water retention due to soil kneading. *Agricultural Water Management*. 76(1): 53-61. doi: 10.1016/j.agwat.2005.01.004
- Fitzherbert EB, Struebig MJ, Morel A, Danielsen F, Brühl CA, Donald PF, Phalan B. 2008. How will oil palm expansion affect biodiversity? *Trends in Ecology & Evolution*. 23(10): 538-545. doi: 10.1016/j.tree.2008.06.012
- Friesen P, Park A, Sarmiento-Serrud AA. 2012. Comparing rainfall interception in plantation trials of six tropical hardwood trees and wild sugar cane *Saccharum spontaneum* L. *Ecohydrology*. doi: 10.1002/eco.1297
- Galdos FV, Álvarez C, García A, Revilla JA. 2012. Estimated distributed rainfall interception using a simple conceptual model and Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS). *Journal of Hydrology*. 468–469: 213–228. doi: 10.1016/j.jhydrol.2012.08.043
- Garcia-Estringana P, Alonso-Blázquez N, Alegre J. 2010. Water storage capacity, stemflow and water funneling in Mediterranean shrubs. *Journal of Hydrology*. 389: 363–372. doi: 10.1016/j.jhydrol.2010.06.017
- Geddes N, Dunkerley D. 1999. The influence of organic litter on the erosive effects of raindrops and of gravity drops released from desert shrubs. *Catena*. 36(4): 303-313. doi: 10.1016/S0341-8162(99)00050-8
- Geissen V, Sánchez-Hernández R, Kampichler C, Ramos-Reyes R, Sepulveda-Lozada A, Ochoa-Goana S, de Jong BHJ, Huerta-Lwanga E, Hernández-Daumas S. 2009. Effects of land-use change on some properties of tropical soils — An example from Southeast Mexico. *Geoderma*. 151(3-4): 87-97. doi: 10.1016/j.geoderma.2009.03.011
- Geißler C, Nadrowski K, Kuhn P, Baruffol M, Bruelheide H, Schmid B, Scholten T. 2013. Kinetic energy of throughfall in subtropical forests of SE China - Effects of tree canopy structure, functional traits, and biodiversity. *PloS one*. 8(2): e49618. doi: 10.1371/journal.pone.0049618
- Germer S, Elsenbeer H, Moraes JM. 2006. Throughfall and temporal trends of rainfall redistribution in an open tropical rainforest, south-western Amazonia (Rondonia, Brazil). *Hydrology and Earth System Sciences*. 10: 383-393. doi:10.5194/hess-10-383-2006
- Germer S, Werther L, Elsenbeer H. 2010. Have we underestimated stemflow? Lessons from an open tropical rainforest. *Journal of Hydrology*. 395: 169-179. doi: 10.1016/j.jhydrol.2010.10.022

- Gerrits AMJ, Pfister L, Savenije HHG. 2010. Spatial and temporal variability of canopy and forest floor interception in a beech forest. *Hydrological Processes*. 24(21): 3011-3025. doi: 10.1002/hyp.7712
- 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. doi: 10.1016/0378-1127(79)90033-1
- Gomi T, Sidle RC, Miyata S, Kosugi Ki, Onda Y. 2008. Dynamic runoff connectivity of overland flow on steep forested hillslopes: Scale effects and runoff transfer. *Water Resources Research*. 44(8): 1-16. doi: 10.1029/2007WR005894
- Grip H, Fritsch J, Bruijnzeel L. 2005. Soil and water impacts during forest conversion and stabilisation to new land use. Di dalam: M. Bonell and L. A. Bruijnzeel, editor. *Forests, water and people in the humid tropics. Past, present and future hydrological research for integrated land and water management*. Cambridge (UK): Cambridge University Press. hlm 561-589.
- Guardiola-Claramonte M, Troch PA, Ziegler AD, Giambelluca TW, Durcik M, Vogler JB, Nullet MA. 2010. Hydrologic effects of the expansion of rubber (*Hevea brasiliensis*) in a tropical catchment. *Ecohydrology*. 3: 306-314. doi: 10.1002/eco.110
- Handayani IP. 2004. Soil quality changes following forest clearance in Bengkulu, Sumatra. *Biotropia*. 22: 15-28.
- Hartemink AE, Veldkamp T, Bai Z. 2008. Land cover change and soil fertility decline in tropical regions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 32: 195-213.
- He Z-B, Yang J-J, Du J, Zhao W-Z, Liu H, Chang X-X. 2014. Spatial variability of canopy interception in a spruce forest of the semiarid mountain regions of China. *Agricultural and Forest Meteorology*. 188: 58-63. doi: 10.1016/j.agrformet.2013.12.008
- Hendrayanto, Kosugi K, Uchida T, Matsuda S, Mizuyama T. 1999. Spatial Variability of Soil Hydraulic Properties in a Forested Hillslope. *Journal of Forest Research*. 4: 107-114.
- Herwitz SR. 1986. Infiltration-excess caused by stemflow in a cyclone-prone tropical rainforest. *Earth Surface Processes And Landforms*. 11: 401-412. doi: 10.1002/esp.3290110406
- Hillel D. 1980. *Fundamentals of soil physics*. London (GB): Academic Press.
- Hillel D, Rosenzweig C, Powlson DS, Scow K, Singer M, Sparks DL. 2004. *Encyclopedia of soils in the environment*. London (GB): Academic Press.
- Hofmann F, Wanek W, Drage S, Huber W, Weissenhofer A, Richter A. 2012. Controls of hydrochemical fluxes via stemflow in tropical lowland rainforests: Effects of meteorology and vegetation characteristics. *Journal of Hydrology*. 452-453: 247-258. doi: 10.1016/j.jhydrol.2012.05.057
- Hu W, Shao M, Wang Q, Fan J, Horton R. 2009. Temporal changes of soil hydraulic properties under different land uses. *Geoderma*. 149: 355-366. doi: 10.1016/j.geoderma.2008.12.016
- Kim JK, Onda Y, Kim MS, Yang DY. 2014. Plot-scale study of surface runoff on well-covered forest floors under different canopy species. *Quaternary International*. 344: 75-85. doi: 10.1016/j.quaint.2014.07.036

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

- Kirkham MB. 2014. Chapter 5 - Tensiometers. Di dalam: M. B. Kirkham, editor. *Principles of Soil and Plant Water Relations (Second Edition)*. Boston (US): Academic Press. hlm 53-69.
- Koh LP, Ghazoul J. 2008. Biofuels, biodiversity, and people: understanding the conflicts and finding opportunities. *Biological conservation*. 141(10): 2450-2460. doi: 10.1016/j.biocon.2008.08.005
- Koh LP, Levang P, Ghazoul J. 2009. Designer landscapes for sustainable biofuels. *Trends in Ecology & Evolution*. 24(8): 431-438. doi: 10.1016/j.tree.2009.03.012
- Koh LP, Wilcove DS. 2009. Oil palm: disinformation enables deforestation. *Trends in Ecology and Evolution*. 24(2): 67-68. doi: 10.1016/j.tree.2008.09.006
- Komatsu H, Shinohara Y, Kume T, Otsuki K. 2008. Relationship between annual rainfall and interception ratio for forests across Japan. *Forest Ecology and Management*. 256: 1189-1197. doi: 10.1016/j.foreco.2008.06.036
- Kosugi K. 1996. Lognormal distribution model for unsaturated soil hydraulic properties. *Water Resources Research*. 32(9): 2697-2703. doi: 10.1029/96wr01776
- Krakauer NY, Temimi M. 2011. Stream recession curves and storage variability in small watersheds. *Hydrology and Earth System Sciences*. 15(7): 2377-2389. doi:10.5194/hess-15-2377-2011
- Kurnia U, Agus F, Adimihardja A, Dariah A. 2006. *Sifat fisik tanah dan metode analisisnya*. Bogor (ID): Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- Lambin EF, Turner BL, Geist HJ, Agbola SB, Angelsen A, Bruce JW, Coomes OT, Dirzo R, Fischer G, Folke C *et al.* 2001. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change*. 11: 261-269. doi: 10.1016/S0959-3780(01)00007-3
- Lee JSH, Abood S, Ghazoul J, Barus B, Obidzinski K, Koh LP. 2014. Environmental Impacts of Large-Scale Oil Palm Enterprises Exceed that of Smallholdings in Indonesia. *Conservation Letters*. 7(1): 25-33. doi: 10.1111/conl.12039
- Leifeld J, Kögel-Knabner I. 2005. Soil organic matter fractions as early indicators for carbon stock changes under different land-use? *Geoderma*. 124(1-2): 143-155. doi: 10.1016/j.geoderma.2004.04.009
- Levia DF, Frost EE. 2003. A review and evaluation of stemflow literature in the hydrologic and biogeochemical cycles of forested and agricultural ecosystems. *Journal of Hydrology*. 274(1-4): 1-29. doi: 10.1016/S0022-1694(02)00399-2
- Levia DF, Herwitz SR. 2005. Interspecific variation of bark water storage capacity of three deciduous tree species in relation to stemflow yield and solute flux to forest soils. *Catena*. 64(1): 117-137. doi: 10.1016/j.catena.2005.08.001
- Levia DF, Van Stan JT, Mage SM, Kelley-Hauske PW. 2010. Temporal variability of stemflow volume in a beech-yellow poplar forest in relation to tree species and size. *Journal of Hydrology*. 380: 112-120. doi: 10.1016/j.jhydrol.2009.10.028
- Li X-Y, Yang Z-P, Li Y-T, Lin H. 2009. Connecting ecohydrology and hydrogeology in desert shrubs: stemflow as a source of preferential flow

- in soils. *Hydrology and Earth System Sciences*. 13(7): 1133-1144. 10.5194/hess-13-1133-2009
- Li X, Niu J, Xie B. 2014. The effect of leaf litter cover on surface runoff and soil erosion in Northern China. *PloS one*. 9(9): e107789. doi: 10.1371/journal.pone.0107789
- Lin Y, Wei X. 2008. The impact of large-scale forest harvesting on hydrology in the Willow watershed of Central British Columbia. *Journal of Hydrology*. 359: 141-149. doi: 10.1016/j.jhydrol.2008.06.023
- Lindell L, Astrom M, Oberg T. 2010. Land-use versus natural controls on soil fertility in the Subandean Amazon, Peru. *The Science of the total environment*. 408(4): 965-975. 10.1016/j.scitotenv.2009.10.039
- Liu G, Du S, Peng S, Wang G. 2013. Rainfall interception in two contrasting forest types in the Mount Gongga area of Eastern Tibet, China. *Journal of Waste Water Treatment & Analysis*. 4(4): 1-6. doi: 10.4172/2157-7587.1000161
- Liu W, Liu WY, Li JT, Wu ZW, Li HM. 2008. Isotope variations of throughfall, stemflow and soil water in a tropical rain forest and a rubber plantation in Xishuangbanna, SW China. *Hydrology Research*. 39(5-6): 437. doi: 10.2166/nh.2008.110
- Manfredi OJ, Kuraji K, Suzuki M, Tanaka N, Kume T, Nakagawa M, Kumagai T, Nakashizuka T. 2006. Comparison of conventionally observed interception evaporation in a 100-m² subplot with that estimated in a 4-ha area of the same Bornean lowland tropical forest. *Journal of Hydrology*. 329(1-2): 329-349. doi: 10.1016/j.jhydrol.2006.02.020
- McJannet D, Fitch P, Disher M, Wallace J. 2007. Measurements of transpiration in four tropical rainforest types of north Queensland, Australia. *Hydrological Processes*. 21(26): 3549-3564. doi: 10.1002/hyp.6576
- Miyamoto M. 2006. Forest conversion to rubber around Sumatran villages in Indonesia: Comparing the impacts of road construction, transmigration projects and population. *Forest Policy and Economics*. 9(1): 1-12. doi: 10.1016/j.forpol.2005.01.003
- Molina A, Vanacker V, Balthazar V, Mora D, Govers G. 2012. Complex land cover change, water and sediment yield in a degraded Andean environment. *Journal of Hydrology*. 472-473(0): 25-35. doi: 10.1016/j.jhydrol.2012.09.012
- Molina AJ, del Campo AD. 2012. The effects of experimental thinning on throughfall and stemflow: A contribution towards hydrology-oriented silviculture in Aleppo pine plantations. *Forest Ecology and Management*. 269: 206-213. doi: 10.1016/j.foreco.2011.12.037
- Montzka C, Moradkhani H, Weihermüller L, Franssen H-JH, Canty M, Vereecken H. 2011. Hydraulic parameter estimation by remotely-sensed top soil moisture observations with the particle filter. *Journal of Hydrology*. 399: 410-421. doi: 10.1016/j.jhydrol.2011.01.020
- Moradi A, Sung CTB, Joo GK, Hanif AHM, Ishak CF. 2012. Evaluation of four soil conservation practices in a non-terraced oil palm plantation. *Agronomy Journal*. 104(6): 1727-1740. doi: 10.2134/agronj2012.0120
- Morris C, Mooney SJ. 2004. A high-resolution system for the quantification of preferential flow in undisturbed soil using observations of tracers. *Geoderma*. 118: 133-143. doi: 10.1016/S0016-7061(03)00189-7

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya sebagai atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

- Murakami S. 2006. A proposal for a new forest canopy interception mechanism: Splash droplet evaporation. *Journal of Hydrology*. 319(1-4): 72-82. doi: 10.1016/j.jhydrol.2005.07.002
- Murtalaksono K, Siregar H, Darmosarkoro W. 2007. Model neraca air di perkebunan kelapa sawit. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*. 14(2): 21-36.
- Nanko K, Hotta N, Suzuki M. 2006. Evaluating the influence of canopy species and meteorological factors on throughfall drop size distribution. *Journal of Hydrology*. 329(3-4): 422-431. doi: 10.1016/j.jhydrol.2006.02.036
- Návar J. 2011. Stemflow variation in Mexico's northeastern forest communities: Its contribution to soil moisture content and aquifer recharge. *Journal of Hydrology*. 408: 35-42. doi: 10.1016/j.jhydrol.2011.07.006
- Nieschulze J, Erasmi S, Dietz J, Hölscher D. 2009. Satellite-based prediction of rainfall interception by tropical forest stands of a human-dominated landscape in Central Sulawesi, Indonesia. *Journal of Hydrology*. 364(3-4): 227-235. doi: 10.1016/j.jhydrol.2008.10.024
- Niu F, Röhl A, Hardanto A, Meijide A, Köhler M, Hendrayanto, Hölscher D. 2015. Oil palm water use: calibration of a sap flux method and a field measurement scheme. *Tree physiology*. 00: 1-11. doi: 10.1093/treephys/tpv013
- Noeralam A, Arsyad S, Iswandi A. 2003. Teknik pengendalian aliran permukaan yang efektif pada usahatani laban kering berlereng. *Jurnal Tanah dan Lingkungan*. 5 (1): 13-16.
- Opakunle JS. 1989. Throughfall, stemflow and rainfall interception in a cacao plantation in south western Nigeria. *Tropical Ecology*. 30(2): 244-252.
- Oyonarte C, Aranda V, Durante P. 2008. Soil surface properties in Mediterranean mountain ecosystems: Effects of environmental factors and implications of management. *Forest Ecology and Management*. 254(2): 156-165. doi: 10.1016/j.foreco.2007.07.034
- Park A, Cameron JL. 2008. The influence of canopy traits on throughfall and stemflow in five tropical trees growing in a Panamanian plantation. *Forest Ecology and Management*. 255: 1915-1925. doi: 10.1016/j.foreco.2007.12.025
- Peiffer M, Bréda N, Badeau V, Granier A. 2014. Disturbances in European beech water relation during an extreme drought. *Annals of Forest Science*. 71(7): 821-829. doi: 10.1007/s13595-014-0383-3
- Prasetyo BH, Suriadikarta DA. 2006. Karakteristik, potensi, dan teknologi pengelolaan tanah Ultisol untuk pengembangan pertanian lahan kering di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian*. 25(2): 39-47.
- PT. Asiatic Persada. 2013. *Analisis dampak lingkungan (ANDAL) Addendum peningkatan kapasitas pabrik kelapa sawit dari 42 ton TBS/jam menjadi 60 ton TBS/jam PT Asiatic Persada di Kecamatan Bajubang Kabupaten Batanghari Jambi*. Jambi (ID): PT Asiatic Persada.
- Pusdatin Kementan. 2013. *Outlook Komoditi Karet*. Jakarta (ID): Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Pusdatin Kementan. 2014. *Outlook Komoditi Kelapa Sawit*. Jakarta (ID): Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Sekretariat Jenderal, Kementerian Pertanian.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

- Rab MA. 1994. Changes in physical properties of a soil associated with logging of Eucalyptus regnan forest in southeastern Australia. *Forest Ecology and Management*. 70(1–3): 215-229. doi: 10.1016/0378-1127(94)90088-4
- Rahmani R, Sadoddin A, Ghorbani S. 2011. Measuring and modelling precipitation components in an Oriental beech stand of the Hyrcanian region, Iran. *Journal of Hydrology*. 404: 294-303. doi: 10.1016/j.jhydrol.2011.04.036
- Ramdani F, Hino M. 2013. Land Use Changes and GHG Emissions from Tropical Forest Conversion by Oil Palm Plantations in Riau Province, Indonesia. *PloS one*. 8(7): e70323. 10.1371/journal.pone.0070323
- Robinson JL, Slater LD, Schäfer KVR. 2012. Evidence for spatial variability in hydraulic redistribution within an oak–pine forest from resistivity imaging. *Journal of Hydrology* 430–431: 69-79. doi: 10.1016/j.jhydrol.2012.02.002
- Romijndel E, Ainembabazi JH, Wijaya A, Herold M, Angelsen A, Verchot L, Murdiyarso D. 2013. Exploring different forest definitions and their impact on developing REDD+ reference emission levels: A case study for Indonesia. *Environmental Science & Policy*. 33: 246-259. doi: 10.1016/j.envsci.2013.06.002
- Sadeghi SMM, Attarod P, Van Stan II JT, Pypker TG, Dunkerley D. 2015. Efficiency of the reformulated Gash's interception model in semiarid afforestations. *Agricultural and Forest Meteorology*. 201: 76-85. doi: 10.1016/j.agrformet.2014.10.006
- Saito T, Matsuda H, Komatsu M, Xiang Y, Takahashi A, Shinohara Y, Otsuki K. 2013. Forest canopy interception loss exceeds wet canopy evaporation in Japanese cypress (Hinoki) and Japanese cedar (Sugi) plantations. *Journal of Hydrology*. 507: 287-299. doi: 10.1016/j.jhydrol.2013.09.053
- Sajikumar N, Remya RS. 2015. Impact of land cover and land use change on runoff characteristics. *Journal of Environmental Management*. xxx: 1-9. doi: 10.1016/j.jenvman.2014.12.041
- Sayer J, Ghazoul J, Nelson P, Boedhihartono AK. 2012. Oil palm expansion transforms tropical landscapes and livelihoods. *Global Food Security*. 1(2): 114-119. doi: 10.1016/j.gfs.2012.10.003
- Schwen A, Bodner G, Scholl P, Buchan GD, Loiskandl W. 2011. Temporal dynamics of soil hydraulic properties and the water-conducting porosity under different tillage. *Soil & Tillage Research*. 113: 89–98. doi: 10.1016/j.still.2011.02.005
- Shachnovich Y, Berliner PR, Bar P. 2008. Rainfall interception and spatial distribution of throughfall in a pine forest planted in an arid zone. *Journal of Hydrology*. 349: 168-177. doi: 10.1016/j.jhydrol.2007.10.051
- Shwetha P, Varija K. 2015. Soil water retention curve from saturated hydraulic conductivity for sandy loam and loamy sand textured soils. *Aquatic Procedia*. 4: 1142-1149. doi: 10.1016/j.aqpro.2015.02.145
- Sidle RC, Hirano T, Gomi T, Terajima T. 2007. Hortonian overland flow from Japanese forest plantations—an aberration, the real thing, or something in between? *Hydrological Processes*. 21: 3237-3247. doi: 10.1002/hyp.6876
- Siles P, Vaast P, Dreyer E, Harmand J-M. 2010. Rainfall partitioning into throughfall, stemflow and interception loss in a coffee (*Coffea arabica* L.) monoculture compared to an agroforestry system with *Inga densiflora*. *Journal of Hydrology*. 395: 39-48. doi: 10.1016/j.jhydrol.2010.10.005

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPR.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPR.

- Siriwardena L, Finlayson BL, McMahon TA. 2006. The impact of land use change on catchment hydrology in large catchments: The Comet River, Central Queensland, Australia. *Journal of Hydrology*. 326: 199-214. doi: 10.1016/j.jhydrol.2005.10.030
- Six J, Conant RT, Paul EA, Paustian K. 2002. Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. *Plant and Soil*. 241: 155–176. doi: 10.1023/A:1016125726789
- Smith DR, Townsend TJ, Choy AWK, Hardy ICW, Sjögersten S. 2012. Short-term soil carbon sink potential of oil palm plantations. *GCB Bioenergy*. 4(5): 588-596. doi: 10.1111/j.1757-1707.2012.01168.x
- Soedarjanto S, Sartohadi J, Hadi MP, Danoedoro P. 2011. The role of vegetation cover and catchment characteristics on baseflow in Bali island. *Indonesian Journal of Geography*. 43(2): 97-110.
- Soon BBF, Hoong HW. 2002. Agronomic practices to alleviate soil and surface runoff losses in an oil palm estate. *Malaysian Journal of Soil Science*. 6: 53-64.
- Staf Peneliti Pusat Penelitian Tanah. 1983. *Terms of reference klasifikasi kesesuaian lahan*. Bogor (ID): Pusat Penelitian Tanah, Proyek Penelitian Pertanian Menunjang Transmigrasi (P3MT), Departemen Pertanian.
- Sudirman, Sutono S, Juarsah I. 2006. Penetapan retensi air tanah di laboratorium. Di dalam: U. Kurnia, F. Agus, A. Adimihardja and A. Dariah, editor. *Sifat fisik tanah dan metode analisisnya*. Bogor (ID): Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian. hlm 167-176.
- Sulaeman Y, Hikmatullah, Suganda H. 2006. Identifikasi penaksir retensi air tanah pada Inceptisols Indonesia. *Jurnal Tanah dan Iklim*. 24: 21-28.
- Sumargo W, Nanggara SG, Nainggolan FA, Apriani I. 2011. *Potret keadaan hutan Indonesia periode tahun 2000-2009*. Jakarta (ID) Forest Watch Indonesia.
- Sunarti, Sinukaban N, Sanim B, Tarigan SD. 2008. Konversi hutan menjadi lahan usaha tani karet dan kelapa sawit serta pengaruhnya terhadap aliran permukaan dan erosi tanah di DAS Batang Pelepat. *Jurnal Tanah Tropika*. 13(3): 253-260.
- Suryatmojo H. 2014. Recovery of forest soil disturbance in the intensive forest management system. *Procedia Environmental Sciences*. 20: 832-840. doi: 10.1016/j.proenv.2014.03.101
- Tallaksen L. 1995. A review of baseflow recession analysis. *Journal of hydrology*. 165(1): 349-370. doi: 10.1016/0022-1694(94)02540-R
- Tan KH. 2011. *Principles of soil chemistry*. Boca Raton (US): CRC Press.
- Tanaka S, Tachibe S, Wasli MEB, Lat J, Seman L, Kendawang JJ, Iwasaki K, Sakurai K. 2009. Soil characteristics under cash crop farming in upland areas of Sarawak, Malaysia. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 129: 293-301. doi: 10.1016/j.agee.2008.10.001
- Taufik M, Setiawan BI. 2012. Interpretasi kandungan air tanah untuk indeks kekeringan: Implikasi untuk pengelolaan kebakaran hutan. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*. 18(1): 31-38. doi: 10.7226/jtfm.18.1.31
- Trabucco A, Zomer RJ, Bossio DA, Straaten Ov, Verchot LV. 2008. Climate change mitigation through afforestation/reforestation: A global analysis of

- hydrologic impacts with four case studies. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 126: 81-97. doi: 10.1016/j.agee.2008.01.015
- Uber M, Levia DF, Zimmermann B, Zimmermann A. 2014. The influence of tree morphology on stemflow generation in a tropical lowland rainforest. Di dalam: *European Geosciences Union General Assembly 2014*; 27 April – 02 May 2014; Vienna, Austria. Vienna (AT): Copernicus Gesellschaft mbH. hlm. 2110
- van Genuchten MT. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal*. 44(5): 892-898. doi: 10.2136/sssaj1980.03615995004400050002x
- Véliz-Chávez C, Mastachi-Loza CA, González-Sosa E, Becerril-Piña R, Ramos-Salinas NM. 2014. Canopy storage implications on interception loss modeling. *American Journal of Plant Sciences*. 5: 3032-3048. doi: 10.4236/ajps.2014.520320
- Vernimmen RRE, Bruijnzeel LA, Romdoni A, Proctor J. 2007. Rainfall interception in three contrasting lowland rain forest types in Central Kalimantan, Indonesia. *Journal of Hydrology*. 340(3-4): 217-232. doi: 10.1016/j.jhydrol.2007.04.009
- Wahyuningih S. 2012. Prospek batuan fosfat sebagai penyediaharap di lahan hutan tanaman industri (HTI) bergatra tanah Ultisol. *Tekno Hutan Tanaman*. 5(1): 15-21.
- Walczak RT, Moreno F, Sławiński C, Fernandez E, Arrue JL. 2006. Modeling of soil water retention curve using soil solid phase parameters. *Journal of Hydrology*. 329: 527-533. doi: 10.1016/j.jhydrol.2006.03.005
- Wang X-p, Zhang Y-f, Hu R, Pan Y-x, Berndtsson R. 2012. Canopy storage capacity of xerophytic shrubs in Northwestern China. *Journal of Hydrology*. 454-455: 152-159. doi: 10.1016/j.jhydrol.2012.06.003
- Wei W, Chen L, Fu B, Huang Z, Wu D, Gui L. 2007. The effect of land uses and rainfall regimes on runoff and soil erosion in the semi-arid loess hilly area, China. *Journal of Hydrology*. 335: 247-258. doi: 10.1016/j.jhydrol.2006.11.016
- Wollschläger U, Pfaff T, Roth K. 2009. Field scale effective hydraulic parameterisation obtained from TDR time series and inverse modelling. *Hydrology & Earth System Sciences Discussions*. 6(2): 1489-1522. doi: 10.5194/hess-13-1953-2009
- Xiao Q, McPherson EG. 2002. Rainfall interception by Santa Monica's municipal urban forest. *Urban Ecosystems*. 6: 291-302. doi: 10.1023/B:UECO.0000004828.05143.67
- Xiao Q, McPherson EG. 2011. Rainfall interception of three trees in Oakland, California. *Urban Ecosystems*. 14: 755-769. doi: 10.1007/s11252-011-0192-5
- Yimer F, Ledin S, Abdelkadir A. 2008. Concentrations of exchangeable bases and cation exchange capacity in soils of cropland, grazing and forest in the Bale Mountains, Ethiopia. *Forest Ecology and Management*. 256: 1298-1302. doi: 10.1016/j.foreco.2008.06.047
- Yusop Z, Chan CH, Katimon A. 2007. Runoff characteristics and application of HEC-HMS for modelling stormflow hydrograph in an oil palm catchment. *Water Science & Technology*. 56(8): 41-48. doi: 10.2166/wst.2007.690

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

- Zeng DH, Hu YL, Chang SX, Fan ZP. 2008. Land cover change effects on soil chemical and biological properties after planting Mongolian pine (*Pinus sylvestris* var. *mongolica*) in sandy lands in Keerqin, northeastern China. *Plant and Soil*. 317: 121-133. doi: 10.1007/s11104-008-9793-z
- Zhang M, Wei X, Sun P, Liu S. 2012. The effect of forest harvesting and climatic variability on runoff in a large watershed: The case study in the Upper Minjiang River of Yangtze River basin. *Journal of Hydrology*. 464–465: 1-11. doi: 10.1016/j.jhydrol.2012.05.050
- Zhang W, An S, Xu Z, Cui J, Xu Q. 2011. The impact of vegetation and soil on runoff regulation in headwater streams on the east Qinghai–Tibet Plateau, China. *Catena*. 87: 182-189. doi: 10.1016/j.catena.2011.05.020
- Ziegler AD, Giambelluca TW, Nullet MA, Sutherland RA, Tantasarin C, Vogle JB, Negishi JN. 2009. Throughfall in an evergreen-dominated forest stand in northern Thailand: Comparison of mobile and stationary methods. *Agricultural and Forest Meteorology*. 149: 373-384. doi: 10.1016/j.agrformet.2008.09.002
- Zimmermann A, Germer S, Neill C, Krusche AV, Elsenbeer H. 2008. Spatio-temporal patterns of throughfall and solute deposition in an open tropical rain forest. *Journal of Hydrology*. 360: 87-102. doi: 10.1016/j.jhydrol.2008.07.028
- Zimmermann A, Zimmermann B. 2012. Optimum throughfall sampling procedures for detecting differences in canopy interception in a gradient of forest complexity. Di dalam: *European Geosciences Union General Assembly 2012*; 22 – 27 April 2012; Vienna, Austria. Vienna (AT): Copernicus Gesellschaft mbH. hlm. 1492

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta milik IPN (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil analisis uji t berpasangan kedalaman *stemflow*

		Paired Samples Test				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Paired Differences							
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	F1 - F2	.10441	.18851	.02162	.06133	.14748	4.829	75	.000
Pair 2	F1 - JR1	.09505	.18688	.02144	.05235	.13776	4.434	75	.000
Pair 3	F1 - JR2	.14884	.23470	.02692	.09521	.20247	5.529	75	.000
Pair 4	F1 - R1	.13172	.21359	.02450	.08292	.18053	5.376	75	.000
Pair 5	F1 - R2	.12996	.21135	.02424	.08166	.17826	5.361	75	.000
Pair 6	F1 - R3	.14830	.23441	.02689	.09474	.20187	5.515	75	.000
Pair 7	F1 - R4	.14673	.21230	.03064	.08509	.20837	4.788	47	.000
Pair 8	F1 - R5	.13473	.20076	.02898	.07644	.19302	4.650	47	.000
Pair 9	F1 - R6	.14363	.21119	.03048	.08230	.20495	4.712	47	.000
Pair 10	F1 - OP4	-.40866	.66442	.07621	-.56049	-.25683	-5.362	75	.000
Pair 11	F1 - OP3	-.58586	.95476	.10952	-.80403	-.36768	-5.349	75	.000
Pair 12	F1 - OP2	-.74696	1.10259	.12648	-.99891	-.49501	-5.906	75	.000
Pair 13	F1 - OP1	-.21363	.60778	.06972	-.35252	-.07475	-3.064	75	.003
Pair 14	F2 - JR1	-.00936	.06977	.00800	-.02530	.00659	-1.169	75	.246
Pair 15	F2 - JR2	.04443	.07037	.00807	.02835	.06051	5.505	75	.000
Pair 16	F2 - R1	.02732	.06363	.00730	.01278	.04186	3.743	75	.000
Pair 17	F2 - R2	.02555	.06303	.00723	.01115	.03996	3.534	75	.001
Pair 18	F2 - R3	.04389	.06983	.00801	.02794	.05985	5.480	75	.000
Pair 19	F2 - R4	.05367	.07901	.01140	.03072	.07661	4.706	47	.000
Pair 20	F2 - R5	.04167	.06766	.00977	.02202	.06131	4.267	47	.000
Pair 21	F2 - R6	.05056	.07766	.01121	.02801	.07311	4.511	47	.000
Pair 22	F2 - OP4	-.51307	.77382	.08876	-.68989	-.33624	-5.780	75	.000
Pair 23	F2 - OP3	-.69026	1.10598	.12686	-.94299	-.43754	-5.441	75	.000
Pair 24	F2 - OP2	-.85137	1.25030	.14342	-1.13707	-.56566	-5.936	75	.000
Pair 25	F2 - OP1	-.31804	.73768	.08462	-.48661	-.14947	-3.759	75	.000
Pair 26	JR1 - JR2	.05379	.08131	.00933	.03521	.07237	5.767	75	.000
Pair 27	JR1 - R1	.03667	.06445	.00739	.02194	.05140	4.960	75	.000
Pair 28	JR1 - R2	.03491	.07148	.00820	.01857	.05124	4.258	75	.000
Pair 29	JR1 - R3	.05325	.08852	.01015	.03302	.07348	5.244	75	.000
Pair 30	JR1 - R4	.05496	.06934	.01001	.03482	.07509	5.491	47	.000
Pair 31	JR1 - R5	.04296	.06071	.00876	.02533	.06059	4.903	47	.000
Pair 32	JR1 - R6	.05185	.07002	.01011	.03152	.07219	5.131	47	.000
Pair 33	JR1 - OP4	-.50371	.77524	.08893	-.68086	-.32656	-5.664	75	.000
Pair 34	JR1 - OP3	-.68091	1.09227	.12529	-.93050	-.43131	-5.435	75	.000
Pair 35	JR1 - OP2	-.84201	1.23878	.14210	-1.12509	-.55894	-5.926	75	.000
Pair 36	JR1 - OP1	-.30868	.72367	.08301	-.47405	-.14332	-3.719	75	.000
Pair 37	JR2 - R1	-.01712	.04737	.00543	-.02794	-.00629	-3.151	75	.002
Pair 38	JR2 - R2	-.01888	.06151	.00706	-.03294	-.00483	-2.676	75	.009
Pair 39	JR2 - R3	-.00054	.03154	.00362	-.00775	.00667	-.149	75	.882
Pair 40	JR2 - R4	.00569	.01227	.00177	.00212	.00925	3.210	47	.002
Pair 41	JR2 - R5	-.00631	.01524	.00220	-.01074	-.00189	-2.870	47	.006
Pair 42	JR2 - R6	.00258	.01392	.00201	-.00146	.00662	1.286	47	.205
Pair 43	JR2 - OP4	-.55750	.82402	.09452	-.74580	-.36920	-5.898	75	.000
Pair 44	JR2 - OP3	-.73470	1.14366	.13119	-.99603	-.47336	-5.600	75	.000
Pair 45	JR2 - OP2	-.89580	1.29426	.14846	-1.19155	-.60005	-6.034	75	.000
Pair 46	JR2 - OP1	-.36247	.76391	.08763	-.53703	-.18791	-4.137	75	.000
Pair 47	R1 - R2	-.00176	.05230	.00600	-.01371	.01019	-.294	75	.770
Pair 48	R1 - R3	.01658	.05279	.00606	.00452	.02864	2.738	75	.008
Pair 49	R1 - R4	.01746	.04591	.00663	.00413	.03079	2.635	47	.011
Pair 50	R1 - R5	.00546	.04345	.00627	-.00716	.01807	.870	47	.388
Pair 51	R1 - R6	.01435	.04652	.00671	.00085	.02786	2.138	47	.038
Pair 52	R1 - OP4	-.54038	.80458	.09229	-.72424	-.35653	-5.855	75	.000
Pair 53	R1 - OP3	-.71758	1.12396	.12893	-.97442	-.46074	-5.566	75	.000
Pair 54	R1 - OP2	-.87868	1.27130	.14583	-1.16919	-.58818	-6.025	75	.000
Pair 55	R1 - OP1	-.34536	.74225	.08514	-.51497	-.17574	-4.056	75	.000
Pair 56	R2 - R3	.01834	.06164	.00707	.00426	.03243	2.594	75	.011
Pair 57	R2 - R4	.01525	.04419	.00638	.00242	.02808	2.391	47	.021
Pair 58	R2 - R5	.00325	.03900	.00563	-.00808	.01458	.577	47	.566
Pair 59	R2 - R6	.01215	.04562	.00658	-.00110	.02539	1.845	47	.071

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor) Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Lampiran 1 (Lanjutan)

		Paired Samples Test					t	df	Sig. (2-tailed)
		Paired Differences							
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 60	R2 - OP4	-.53862	.79414	.09109	-.72009	-.35715	-5.913	75	.000
Pair 61	R2 - OP3	-.71582	1.11265	.12763	-.97007	-.46157	-5.609	75	.000
Pair 62	R2 - OP2	-.87692	1.26140	.14469	-1.16516	-.58868	-6.061	75	.000
Pair 63	R2 - OP1	-.34359	.72718	.08341	-.50976	-.17742	-4.119	75	.000
Pair 64	R3 - R4	.00379	.01299	.00187	.00002	.00756	2.023	47	.049
Pair 65	R3 - R5	-.00821	.01780	.00257	-.01338	-.00304	-3.195	47	.002
Pair 66	R3 - R6	.00069	.01627	.00235	-.00404	.00541	.293	47	.771
Pair 67	R3 - OP4	-.55696	.82112	.09419	-.74459	-.36933	-5.913	75	.000
Pair 68	R3 - OP3	-.73416	1.14193	.13099	-.99510	-.47322	-5.605	75	.000
Pair 69	R3 - OP2	-.89526	1.29661	.14873	-1.19155	-.59898	-6.019	75	.000
Pair 70	R3 - OP1	-.36193	.76280	.08750	-.53624	-.18763	-4.136	75	.000
Pair 71	R4 - R5	-.01200	.01446	.00209	-.01620	-.00780	-5.750	47	.000
Pair 72	R4 - R6	-.00310	.00858	.00124	-.00560	-.00061	-2.506	47	.016
Pair 73	R4 - OP4	-.62546	.88044	.12708	-.88111	-.36981	-4.922	47	.000
Pair 74	R4 - OP3	-.72135	1.08251	.15625	-1.03568	-.40702	-4.617	47	.000
Pair 75	R4 - OP2	-.90435	1.28063	.18484	-1.27621	-.53250	-4.893	47	.000
Pair 76	R4 - OP1	-.23604	.46719	.06743	-.37170	-.10038	-3.500	47	.001
Pair 77	R5 - R6	.00890	.01288	.00186	.00516	.01264	4.785	47	.000
Pair 78	R5 - OP4	-.61346	.87045	.12564	-.86621	-.36071	-4.883	47	.000
Pair 79	R5 - OP3	-.70935	1.07612	.15532	-1.02183	-.39688	-4.567	47	.000
Pair 80	R5 - OP2	-.89235	1.27155	.18353	-1.26157	-.52314	-4.862	47	.000
Pair 81	R5 - OP1	-.22404	.46234	.06673	-.35829	-.08979	-3.357	47	.002
Pair 82	R6 - OP4	-.62235	.87887	.12685	-.87755	-.36716	-4.906	47	.000
Pair 83	R6 - OP3	-.71825	1.08241	.15623	-1.03255	-.40395	-4.597	47	.000
Pair 84	R6 - OP2	-.90125	1.27963	.18470	-1.27282	-.52968	-4.880	47	.000
Pair 85	R6 - OP1	-.23294	.46874	.06766	-.36905	-.09683	-3.443	47	.001
Pair 86	OP4 - OP3	-.17720	.74176	.08509	-.34670	-.00770	-2.083	75	.041
Pair 87	OP4 - OP2	-.33830	.89517	.10268	-.54286	-.13375	-3.295	75	.002
Pair 88	OP4 - OP1	.19503	.73884	.08475	.02619	.36386	2.301	75	.024
Pair 89	OP3 - OP2	-.16111	.77084	.08842	-.33725	.01504	-1.822	75	.072
Pair 90	OP3 - OP1	.37222	.69987	.08028	.21230	.53215	4.637	75	.000
Pair 91	OP2 - OP1	.53333	.84230	.09662	.34086	.72580	5.520	75	.000

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumarkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 2 Hasil pengukuran parameter tajuk

No	Tutupan lahan	VisSky	LAI	MLA	GndCover
1	Hutan	0.1886	1.6454	1.9730	0.8059
2	Hutan	0.1819	1.7018	0.3710	0.8175
3	Hutan	0.1643	1.8014	0.6710	0.8347
4	Hutan	0.1549	1.8659	0.0378	0.8452
5	Hutan	0.1722	1.7507	1.0494	0.8259
6	Hutan	0.1893	1.5687	15.7648	0.7661
7	Hutan	0.1919	1.6511	0.0378	0.8081
8	Hutan	0.1929	1.6432	0.3702	0.8065
9	Hutan	0.2003	1.5630	3.5935	0.7877
10	Hutan	0.1937	1.5983	3.3873	0.7952
11	Hutan	0.1858	1.6472	2.7424	0.8056
12	Hutan	0.1646	1.8034	0.0377	0.8353
13	Hutan	0.1674	1.7586	2.2905	0.8264
14	Hutan	0.1773	1.7292	0.0378	0.8226
	Maks	0.2003	1.8659	15.7648	0.8452
	Min	0.1549	1.5630	0.0377	0.7661
	Rataan	0.1804	1.6949	2.3117	0.8131
	Std Deviasi	0.0137	0.0931	4.0818	0.0211
1	Hutan Karet	0.2007	1.5090	17.8940	0.7469
2	Hutan Karet	0.2000	1.5550	4.4003	0.7851
3	Hutan Karet	0.1538	1.8520	1.6975	0.8423
4	Hutan Karet	0.1440	1.8950	2.9561	0.8478
5	Hutan Karet	0.1539	1.8350	2.6330	0.8387
6	Hutan Karet	0.1622	1.7480	32.9280	0.7428
7	Hutan Karet	0.1874	1.6670	1.0191	0.8107
8	Hutan Karet	0.2028	1.5530	3.2946	0.7860
9	Hutan Karet	0.2191	1.3990	23.0140	0.7040
10	Hutan Karet	0.2032	1.8870	71.3930	0.4237
11	Hutan Karet	0.2657	1.2490	46.7470	0.5395
	Maks	0.2657	1.8950	71.3930	0.8478
	Min	0.1440	1.2490	1.0191	0.4237
	Rataan	0.1903	1.6500	18.9070	0.7334
	Std Deviasi	0.0355	0.2150	23.0950	0.1350

Keterangan :

VisSky : *overall visible sky value* (Keterbukaan tajuk)LAI : *leaf area index* (Indeks luas daun)MLA : *mean leaf angle* – rata-rata sudut permukaan daun terhadap horisontal, dengan asumsi tajuk terdistribusi elipsoidal (dalam derajat)

GndCover: dugaanutupan tajuk, yaitu proyeksi vertikal luas tajuk per unit luas permukaan

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 2 (Lanjutan)

No	Tutupan lahan	VisSky	LAI	MLA	GndCover
1	Karet	0.2311	1.4560	1.1911	0.7662
2	Karet	0.2211	1.4750	2.8285	0.7692
3	Karet	0.2315	1.4640	0.0378	0.7686
4	Karet	0.2393	1.3770	4.6303	0.7433
5	Karet	0.2205	1.4230	15.3770	0.7333
6	Karet	0.2192	1.4520	5.6014	0.7603
7	Karet	0.2458	1.7470	66.5010	0.4678
8	Karet	0.2395	1.3540	20.4200	0.7008
9	Karet	0.2399	1.3620	6.3498	0.7370
10	Karet	0.2250	1.4020	31.5030	0.6702
11	Karet	0.2526	1.3270	4.2824	0.7308
12	Karet	0.2291	1.4110	5.3404	0.7509
13	Karet	0.1917	1.6060	3.4394	0.7968
	Maks	0.2526	1.7470	66.5010	0.7968
	Min	0.1917	1.3270	0.0378	0.4678
	Rataan	0.2297	1.4500	12.8850	0.7227
	Std Deviasi	0.0153	0.1140	18.4190	0.0831
1	Sawit	0.1981	1.5902	43.1583	0.6521
2	Sawit	0.1969	1.6257	47.0277	0.6335
3	Sawit	0.2231	1.3768	29.4677	0.6728
4	Sawit	0.2391	1.3933	3.2227	0.7492
5	Sawit	0.1961	1.7047	50.9183	0.6209
6	Sawit	0.2408	1.3775	4.0347	0.7443
7	Sawit	0.2164	1.4910	3.1811	0.7724
8	Sawit	0.2417	1.3336	42.3881	0.5924
9	Sawit	0.1933	1.5379	28.4537	0.7171
	Maks	0.2417	1.7047	50.9183	0.7724
	Min	0.1933	1.3336	3.1811	0.5924
	Rataan	0.2162	1.4923	27.9836	0.6838
	Std Deviasi	0.0208	0.1304	19.7822	0.0641

Keterangan :

VisSky : *overall visible sky value* (Keterbukaan tajuk)

LAI : *leaf area index* (Indeks luas daun)

MLA : *mean leaf angle* – rata-rata sudut permukaan daun terhadap horisontal, dengan asumsi tajuk terdistribusi elipsoidal (dalam derajat)

GndCover: dugaanutupan tajuk, yaitu proyeksi vertikal luas tajuk per unit luas permukaan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 3 Pengukuran parameter tegakan

NO	Tuplah :		Hutan	PU1	Basal area	Jenis	Keterangan
	Petak Ukur		20 x20 m =	400 m2			
	Keliling (cm)	Diameter (cm)	Diameter (m)	Tinggi Tanaman (m)	(m2)		
1	80	25.5	0.255	15.0	0.051	Tempinis	Pohon
2	136	43.3	0.433	30.0	0.147		Pohon
3	84	26.8	0.268	23.0	0.056	Medang	Pohon
4	64	20.4	0.204	22.0	0.033		Pohon
5	170	54.1	0.541	27.0	0.230	Medang	Pohon
6	69	22.0	0.220	22.0	0.038	Medang	Pohon
7	77	24.5	0.245	20.0	0.047		Pohon
8	65	20.7	0.207	22.0	0.034	Meranti	Pohon
9	70	22.3	0.223	23.0	0.039		Pohon
10	42	13.4	0.134	12.0	0.014		Tiang
11	56	17.8	0.178	14.0	0.025	Medang	Tiang
12	38	12.1	0.121	10.0	0.011		Tiang
13	58	18.5	0.185	17.0	0.027		Tiang
14	50	15.9	0.159	20.0	0.020		Tiang
15	49	15.6	0.156	15.0	0.019		Tiang
16	48	15.3	0.153	10.0	0.018	kopi-kopi	Tiang
17	38	12.1	0.121	10.0	0.011	kopi-kopi	Tiang
18	33	10.5	0.105	10.0	0.009		Tiang
19	32	10.2	0.102	10.0	0.008		Tiang
20	37	11.8	0.118	8.0	0.011		Tiang
21	39	12.4	0.124	10.0	0.012		Tiang
22	38	12.1	0.121	10.0	0.011		Tiang
23	34	10.8	0.108	8.0	0.009		Tiang
24	40	12.7	0.127	15.0	0.013		Tiang
25	54	17.2	0.172	15.0	0.023		Tiang

Keterangan :

Jumlah Pohon : 9

Jumlah Tiang : 16

Jumlah Pancang : 41

Jumlah Anakan : 10 per 4m2 (1000 per 400m2)

Lampiran 3 (Lanjutan)

NO	Tuplah : Petak Ukur		Hutan Karet 20 x20 m =	PU1 400 m ²	Basal area (m ²)	Jenis	Keterangan
	Lingkaran (cm)	Diameter (cm)	Diameter (m)	Tinggi Tanaman (m)			
1	77	24.5	0.25	26	0.047	Karet	Pohon
2	79	25.2	0.25	27	0.050	Karet	Pohon
3	68	21.7	0.22	22	0.037	Karet	Pohon
4	106	33.8	0.34	27	0.089	Karet	Pohon
5	69	22.0	0.22	23	0.038	Karet	Pohon
6	90	28.7	0.29	21	0.064	Karet	Pohon
7	101	32.2	0.32	24	0.081	Karet	Pohon
8	140	44.6	0.45	26	0.156	Karet	Pohon
9	37	11.8	0.12	17	0.011	Non karet	Tiang
10	42	13.4	0.13	21	0.014	Karet	Tiang
11	32	10.2	0.10	12	0.008	Non karet	Tiang
12	34	10.8	0.11	15	0.009	Karet	Tiang
13	48	15.3	0.15	16	0.018	Karet	Tiang
14	40	12.7	0.13	10	0.013	Non karet	Tiang
15	60	19.1	0.19	15	0.029	Non karet	Tiang
16	37	11.8	0.12	12	0.011	Karet	Tiang

Keterangan :

Jumlah Pohon : 8

Jumlah Tiang : 8

Jumlah Pancang : 42

Jumlah Anakan : 16 per 400m²

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumarkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 3 (Lanjutan)

Tuplah :		Hutan Karet		PU2			
Petak Ukur		20 x20 m =		400 m ²			
NO	Lingkaran (cm)	Diameter (cm)	Diameter (m)	Tinggi Tanaman (m)	Basal area (m ²)	Jenis	Keterangan
1	48	15.3	0.15	8	0.018	Non Karet	Tiang
2	43	13.7	0.14	10	0.015	Non Karet	Tiang
3	45	14.3	0.14	10	0.016	Non Karet	Tiang
4	156	49.7	0.50	23	0.194	Karet	Pohon
5	76	24.2	0.24	17	0.046	Karet	Pohon
6	80	25.5	0.25	16	0.051	Karet	Pohon
7	108	34.4	0.34	19	0.093	Karet	Pohon
8	46	17.8	0.18	20	0.025	Non Karet	Tiang
9	45	14.3	0.14	12	0.016	Karet	Tiang
10	46	14.6	0.15	13	0.017	Non Karet	Tiang
11	82	26.1	0.26	20	0.054	Karet	Pohon
12	39	12.4	0.12	10	0.012	Non Karet	Tiang
13	44	14.0	0.14	11	0.015	Karet	Tiang
14	47	15.0	0.15	11	0.018	Karet	Tiang

Keterangan :

Jumlah Pohon : 5

Jumlah Tiang : 9

Jumlah Pancang : 39

Jumlah Anakan : 24 per 400m²

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumarkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 3 (Lanjutan)

NO	Tuplah : Petak Ukur		Kebun Karet	PU1	Basal area (m ²)	Jenis	Keterangan
	Lingkaran (cm)	Diameter (cm)	Diameter (m)	Tinggi Tanaman (m)			
1	60	19.1	0.19	22	0.029	Karet	Tiang
2	104	33.1	0.33	21	0.086	Karet	Pohon
3	99	31.5	0.32	18	0.078	Karet	Pohon
4	87	27.7	0.28	18	0.060	Karet	Pohon
5	95	30.3	0.30	22	0.072	Karet	Pohon
6	56	17.8	0.18	18	0.025	Karet	Pohon
7	80	25.5	0.25	19	0.051	Karet	Pohon
8	76	24.2	0.24	21	0.046	Karet	Pohon
9	107	34.1	0.34	19	0.091	Karet	Pohon
10	85	27.1	0.27	12	0.058	Karet	Pohon
11	67	21.3	0.21	11	0.036	Karet	Pohon
12	69	22.0	0.22	18	0.038	Karet	Pohon
13	65	20.7	0.21	18	0.034	Karet	Pohon

NO	Tuplah : Petak Ukur		Kebun Karet	PU2	Basal area (m ²)	Jenis	Keterangan
	Lingkaran (cm)	Diameter (cm)	Diameter (m)	Tinggi Tanaman (m)			
1	80	25.5	0.25	18	0.051	Karet	Pohon
2	53	16.9	0.17	15	0.022	Karet	Tiang
3	81	25.8	0.26	19	0.052	Karet	Pohon
4	98	31.2	0.31	21	0.076	Karet	Pohon
5	52	16.6	0.17	11	0.022	Karet	Tiang
6	100	31.8	0.32	23	0.080	Karet	Pohon
7	70	22.3	0.22	19	0.039	Karet	Pohon
8	92	29.3	0.29	18	0.067	Karet	Pohon
9	83	26.4	0.26	18	0.055	Karet	Pohon
10	80	25.5	0.25	16	0.051	Karet	Pohon
11	49	15.6	0.16	16	0.019	Karet	Tiang
12	85	27.1	0.27	16	0.058	Karet	Pohon
13	74	23.6	0.24	18	0.044	Karet	Pohon

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumarkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 3 (Lanjutan)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta milik IPB Institut Pertanian Bogor

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Tuplah :		Kebun Sawit		PU1			
Petak Ukur		20 x20 m =		400 m2			
NO	Lingkaran (cm)	Diameter (cm)	Diameter (m)	Tinggi Tanaman (m)	Basal area (m2)	Jenis	Ket
1	200	63.7	0.64	9	0.318	Sawit	
2	220	70.1	0.70	10	0.385	sawit	
3	248	79.0	0.79	11	0.490	sawit	
4	220	70.1	0.70	9	0.385	sawit	
5	250	79.6	0.80	9	0.498	sawit	
6	215	68.5	0.68	12	0.368	sawit	
7	214	68.2	0.68	9	0.365	sawit	
8	234	74.5	0.75	9	0.436	sawit	

Tuplah :		Kebun Sawit		PU2			
Petak Ukur		20 x20 m =		400 m2			
NO	Lingkaran (cm)	Diameter (cm)	Diameter (m)	Tinggi Tanaman (m)	Basal area (m2)	Jenis	Ket
1	210	66.9	0.67	12	0.351	Sawit	
2	226	72.0	0.72	11	0.407	sawit	
3	214	68.2	0.68	9	0.365	sawit	
4	202	64.3	0.64	10	0.325	sawit	
5	244	77.7	0.78	10	0.474	sawit	
6	248	79.0	0.79	9	0.490	sawit	

Tuplah :		Kebun Sawit		PU3			
Petak Ukur		20 x20 m =		400 m2			
NO	Lingkaran (cm)	Diameter (cm)	Diameter (m)	Tinggi Tanaman (m)	Basal area (m2)	Jenis	Ket
1	214	68.2	0.68	9	0.365	Sawit	
2	234	74.5	0.75	10	0.436	sawit	
3	192	61.1	0.61	8	0.294	sawit	
4	228	72.6	0.73	11	0.414	sawit	
5	227	72.3	0.72	9	0.410	sawit	
6	228	72.6	0.73	8	0.414	sawit	
7	200	63.7	0.64	8	0.318	sawit	SF
8	264	84.1	0.84	9	0.555	sawit	

Lampiran 3 (Lanjutan)

Tuplah : Petak Ukur			Kebun Sawit 20 x20 m =	PU4 400 m2	Tinggi Tanaman	Basal area (m2)	Jenis	Keterangan
NO	Lingkaran (cm)	Diameter (cm)	Diameter (m)	(m)	(m)	(m2)		
1	200	63.7	0.64	12	0.318	Sawit		
2	222	70.7	0.71	12	0.392	sawit		
3	195	62.1	0.62	8	0.303	sawit		
4	210	66.9	0.67	13	0.351	sawit		
5	218	69.4	0.69	13	0.378	sawit		

Tuplah : Petak Ukur			Kebun Sawit 20 x20 m =	PU5 400 m2	Tinggi Tanaman	Basal area (m2)	Jenis	Keterangan
NO	Lingkaran (cm)	Diameter (cm)	Diameter (m)	(m)	(m)	(m2)		
1	214	68.2	0.68	8	0.365	Sawit		
2	208	66.2	0.66	10	0.344	sawit		
3	174	55.4	0.55	11	0.241	sawit		
4	214	68.2	0.68	11	0.365	sawit		
5	248	79.0	0.79	10	0.490	sawit		
6	191	60.8	0.61	8	0.290	sawit		
7	234	74.5	0.75	12	0.436	sawit		

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Temanggung pada tanggal 9 Juli 1975 dari ayah Sunarjo dan ibu Ruwet. Penulis menikah dengan Iwan Risnasari, S.Hut, M.Si pada tahun 2000 dan dikaruniai 3 putra putri yang soleh dan solehah yaitu Fachry Mustafa Salim (14 tahun), Affifah Mufidah Salmah (11 tahun) dan Nasywah Mazaya Rahmah (6 tahun).

Pembelajaran formal penulis dimulai dari SD Negeri Wonosari I-Bulu-Temanggung lulus tahun 1986. Penulis melanjutkan ke Sekolah Menengah Pertama Negeri Bulu sampai lulus pada tahun 1990. Pendidikan SMA ditempuh penulis di SMA Negeri I Temanggung hingga lulus pada tahun 1993. Institut Pertanian Bogor menjadi tujuan penulis menyelesaikan pendidikan tinggi melalui jalur Undangan Masuk IPB (USMI) 1993 dengan pilihan Fakultas Kehutanan, dan lulus tahun 1998. Setelah menyelesaikan pendidikan Sarjana, penulis diterima sebagai staf pengajar pada Program Ilmu Kehutanan Universitas Sumatera Utara pada tahun 1999. Pada tahun 2006 penulis menyelesaikan studi Magister sains di Sekolah Pascasarjana IPB pada program studi Ilmu Pengetahuan Kehutanan dengan beasiswa BPPS, Kementerian Pendidikan Nasional. Selanjutnya pada tahun 2010 penulis memulai studi program Doktor di Sekolah Pascasarjana IPB pada mayor Ilmu Pengelolaan Hutan (IPH) dengan beasiswa BPPS Kementerian Pendidikan Nasional.

Bagian dari disertasi ini telah dipublikasikan pada International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR) dengan judul *Impact of Land Cover Changes in Tropical Lowland Rainforest Transformation System to Soil Properties* Volume 22 (2): 316-328 tahun 2015 dan diterbitkan di Journal of Tropical Forest Management dengan judul *Stemflow Variability in Tropical Lowland Forest Landscape Transformation System: Case Study at Jambi Province, Indonesia* Volume 21 (1): 1-10 tahun 2015.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.