



ARAHAN PENGELOLAAN PERKEBUNAN KOPI BERBASIS JASA PENGATURAN AIR DI DAS SEKAMPUNG HULU

Rama Maulana



**PROGRAM STUDI ILMU PERENCANAAN WILAYAH
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Arahan Perkebunan Kopi Berbasis Jasa Pengaturan Air di Das Sekampung Hulu” adalah karya saya dengan arahan dari dosen 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 tesis ini.

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

Bogor, Agustus 2026

Rama Maulana
A1506222014

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



RINGKASAN

RAMA MAULANA. Arahan Perkebunan Kopi Berbasis Jasa Pengaturan Air di DAS Sekampung Hulu. Dibimbing oleh SURIA DARMA TARIGAN dan MUHAMMAD ARDIANSYAH.

Peningkatan permintaan kopi di pasar domestik maupun dunia mendorong konversi lahan menjadi perkebunan kopi non-agroforestri karena pertimbangan ekonomi jangka pendek. Konversi ini memberikan manfaat ekonomi bagi masyarakat, namun berpotensi menurunkan fungsi jasa, terutama jasa pengaturan air, yang nilainya sering kali tidak menjadi pertimbangan utama dalam pengambilan keputusan lahan. Provinsi Lampung, sebagai penghasil kopi robusta terbesar di Indonesia, menghadapi tekanan konversi lahan tersebut secara nyata di wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) Sekampung Hulu, salah satu DAS prioritas nasional yang berkaitan langsung dengan keberlangsungan Bendungan Batutegei. Kondisi ini melatarbelakangi perlunya penilaian jasa pengaturan air sebagai dasar penentuan arahan pengelolaan perkebunan kopi yang berkelanjutan di wilayah tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk merumuskan arahan pengelolaan perkebunan kopi berkelanjutan berbasis jasa pengaturan air di DAS Sekampung Hulu, melalui tiga tujuan antara: memetakan tutupan lahan kopi non-agroforestri dan agroforestri pada periode 2000–2023; menduga jasa pengaturan air serta menguji keandalan model pada kedua sistem tanam tersebut; dan menentukan arahan perkebunan kopi berkelanjutan berdasarkan hasil pemodelan berbagai skenario tutupan lahan.

Pemetaan tutupan lahan dilakukan menggunakan citra satelit multi-temporal yang diklasifikasikan dengan algoritma *random forest* untuk memisahkan kelas kopi non-agroforestri dan agroforestri dari kelas tutupan lahan lain. Pendugaan jasa pengaturan air dilakukan menggunakan model hidrologi berbasis Hydrological Response Unit yang dikalibrasi dan divalidasi menggunakan data debit observasi, dilengkapi dengan analisis sensitivitas parameter untuk mengidentifikasi faktor pengendali utama kinerja model. Model kemudian digunakan untuk mensimulasikan tiga indikator jasa pengaturan air, yaitu limpasan permukaan, hasil air, dan pengisian air tanah, pada kondisi eksisting serta pada beberapa skenario intervensi konservasi tanah dan air dan skenario kesesuaian tata ruang wilayah. Skenario terbaik ditentukan melalui pendekatan pemeringkatan gabungan antarindikator serta perbandingan persentase perubahan terhadap kondisi eksisting.

Hasil klasifikasi tutupan lahan menunjukkan akurasi yang tinggi dan konsisten pada seluruh titik tahun analisis, membuktikan bahwa pendekatan yang digunakan cukup andal untuk merekam dinamika perkebunan kopi. Selama dua dekade terakhir, baik luasan kopi non-agroforestri maupun agroforestri sama-sama menyusut, dengan perluasan pertanian lahan kering campur, pertumbuhan permukiman, dan pembangunan bendungan sebagai pendorong utama perubahan tersebut. Pada sisi pemodelan hidrologi, ditemukan bahwa keandalan model dalam mereproduksi debit aktual di DAS Sekampung Hulu masih rendah, sehingga hasil pendugaan besaran jasa lebih tepat dimaknai sebagai pola perbandingan relatif antarsistem tanam dan antarskenario dibandingkan sebagai nilai mutlak. Temuan ini menjadi catatan penting bagi penerapan model hidrologi serupa pada wilayah DAS dengan karakteristik topografi dan tutupan lahan yang beragam.

@Hak Cipta Perkebunan Kopi



Meski demikian, pola relatif yang dihasilkan tetap konsisten dengan mekanisme hidrologis yang berlaku umum pada sistem agroforestri kopi tropis. Limpasan permukaan pada sistem agroforestri secara konsisten lebih rendah dibandingkan non-agroforestri, namun keunggulan ini tidak selalu berlanjut pada indikator hasil air dan pengisian air tanah akibat trade-off antara peningkatan infiltrasi dan peningkatan evapotranspirasi oleh pohon penayang. Berdasarkan pemodelan berbagai skenario, ditemukan bahwa arahan konversi menyeluruh seluruh perkebunan kopi non-agroforestri menjadi agroforestri bukan merupakan pilihan yang paling optimal. Kombinasi terbaik pada tingkat individual diperoleh dari agroforestri yang diarahkan sesuai kesesuaian tata ruang wilayah, sedangkan pada tingkat lanskap, keseimbangan terbaik dicapai melalui konversi terarah kopi non-agroforestri yang berada pada lahan berlereng curam hingga sangat curam menjadi agroforestri, tanpa mengorbankan hasil air secara berarti.

Temuan ini mengimplikasikan bahwa arahan pengelolaan perkebunan kopi berkelanjutan di DAS Sekampung Hulu sebaiknya diarahkan pada pendekatan mozaik lanskap yang menempatkan agroforestri secara spasial-terarah pada lahan rentan erosi dan kawasan lindung, bukan pada kebijakan konversi seragam di seluruh wilayah. Pendekatan ini sejalan dengan kondisi kelembagaan pengelolaan lahan kopi rakyat di kawasan tersebut yang beragam, sehingga lebih realistis untuk diterapkan dan berpotensi memperbaiki fungsi tangkapan air DAS Sekampung Hulu tanpa mengorbankan produktivitas ekonomi masyarakat maupun ketersediaan pasokan air bagi Bendungan Batutegi.

Kata kunci: Jasa pengaturan air, Agroforestri kopi, DAS Sekampung Hulu, Konversi lahan, Mozaik lanskap

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



SUMMARY

RAMA MAULANA. Planning for Water Management-Based Coffee Plantations in the Sekampung Hulu Watershed. Supervised by SURIA DARMA TARIGAN and MUHAMMAD ARDIANSYAH.

Rising demand for coffee in both domestic and global markets has driven the conversion of land into non-agroforestry coffee plantations due to short-term economic considerations. While this conversion provides economic benefits to local communities, it has the potential to reduce ecosystem services—particularly water regulation services—whose value is often not a primary consideration in land-use decision-making. Lampung Province, as Indonesia’s largest producer of Robusta coffee, faces significant pressure from such land conversion in the Sekampung Hulu Watershed (DAS), one of the national priority watersheds directly linked to the sustainability of the Batutegi Dam. This situation underscores the need to assess water regulation services as the basis for determining guidelines for sustainable coffee plantation management in the region.

This study aims to formulate sustainable coffee plantation management guidelines based on water regulation services in the Sekampung Hulu Watershed, through three intermediate objectives: mapping non-agroforestry and agroforestry coffee land cover for the period 2000–2023; estimating water regulation services and testing model reliability for both cropping systems; and to determine sustainable coffee plantation management guidelines based on the results of modeling various land cover scenarios.

Land cover mapping was conducted using multi-temporal satellite imagery classified with a random forest algorithm to distinguish non-agroforestry and agroforestry coffee classes from other land cover classes. Estimation of water regulation services was performed using a Hydrological Response Unit-based hydrological model that was calibrated and validated using observed discharge data, supplemented by parameter sensitivity analysis to identify the key factors controlling model performance. The model was then used to simulate three water regulation service indicators—surface runoff, water yield, and groundwater recharge—under existing conditions as well as under several soil and water conservation intervention scenarios and regional land-use planning scenarios. The best scenario was determined through a combined inter-indicator ranking approach and a comparison of percentage changes relative to existing conditions.

Land cover classification results showed high and consistent accuracy across all analysis years, demonstrating that the approach used is sufficiently reliable for capturing the dynamics of coffee plantations. Over the past two decades, both non-agroforestry and agroforestry coffee areas have declined, with the expansion of mixed dryland agriculture, settlement growth, and dam construction serving as the primary drivers of these changes. Regarding hydrological modeling, it was found that the model’s reliability in reproducing actual discharge in the Sekampung Hulu watershed remains low; therefore, the estimated service values should be interpreted as relative comparisons between cropping systems and scenarios rather than as absolute values. This finding is an important consideration for the

application of similar hydrological models in watersheds with diverse topographic and land-cover characteristics.

Nevertheless, the resulting relative patterns remain consistent with the hydrological mechanisms generally applicable to tropical coffee agroforestry systems. Surface runoff in agroforestry systems is consistently lower than in non-agroforestry systems; however, this advantage does not always translate into improved water yield and groundwater recharge indicators due to the trade-off between increased infiltration and increased evapotranspiration by shade trees. Based on modeling of various scenarios, it was found that the complete conversion of all non-agroforestry coffee plantations to agroforestry is not the most optimal option. The best combination at the individual plot level is achieved through agroforestry systems tailored to regional land-use suitability, whereas at the landscape level, the optimal balance is achieved by selectively converting non-agroforestry coffee plantations on steep to very steep slopes to agroforestry, without significantly compromising water yield.

These findings imply that the direction of sustainable coffee plantation management in the Sekampung Hulu watershed should focus on a landscape mosaic approach that spatially targets agroforestry on erosion-prone lands and protected areas, rather than a uniform conversion policy across the entire region. This approach aligns with the diverse institutional conditions governing smallholder coffee land management in the region, making it more realistic to implement and potentially improving the water retention function of the Sekampung Hulu watershed without sacrificing community economic productivity or the water supply for the Batutegi Dam.

Keywords: Water management services, Coffee agroforestry, Sekampung Hulu Watershed, Land conversion, Landscape mosaic

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
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.

ARAHAN PENGELOLAAN PERKEBUNAN KOPI BERBASIS JASA PENGATURAN AIR DI DAS SEKAMPUNG HULU

RAMA MAULANA

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Ilmu Perencanaan Wilayah

**PROGRAM STUDI ILMU PERENCANAAN WILAYAH
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB 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 University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:

1. Dr. Dra. Khursatul Munibah, M.Sc.
2. Dr. Yudha Kristanto, S.Si., M.Si.



@Hak cipta milik IPB University

Judul Tesis : Arahan Pengelolaan Perkebunan Kopi Berbasis Jasa Pengaturan Air di DAS
Sekampung Hulu
Nama : Rama Maulana
NIM : A1506222014

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. R. Suria Darma Tarigan, M.Sc.
Pembimbing 2:
Dr. Ir. Muhammad Ardiansyah

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Andrea Emma Pravitasari, S.P., M.Si.
NIP. 19841102 201212 2 002
Dekan Fakultas Pertanian
Prof. Dr. Ir. Suryo Wiyono, M.Sc.Agr.
NIP. 19690212 1992031 003

Tanggal Ujian:
20 Juli 2026

Tanggal Lulus: 11 AUG 2026

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penelitian tesis ini dapat diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini adalah Perencanaan Wilayah Berbasis Jasa, dengan judul "Arahan Pengelolaan Perkebunan Kopi Berbasis Jasa Pengaturan Air di DAS Sekampung Hulu". Penelitian ini merupakan salah satu syarat untuk melaksanakan penelitian tesis pada program studi Ilmu Perencanaan Wilayah, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Keberhasilan dalam ilmu yang penulis geluti ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, sehingga pada kesempatan yang baik ini, dengan segala kerendahan hati penulis sampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Ayahanda (Sutisna), ibunda (Marhamah), dan adik (Khansa) yang penulis sayangi dan cintai, yang selalu mendukung, mendoakan, dan memberikan kasih sayang, semangat, motivasi, inspirasi, dan nasihat kepada penulis untuk terus berusaha dan pantang menyerah dalam menyelesaikan karya ilmiah ini.
2. Prof. Dr. Ir. Suria Darma Tarigan, M.Sc. selaku ketua komisi pembimbing yang telah mencurahkan waktu dan pemikirannya untuk memberikan bimbingan, arahan, motivasi, serta kritik dan saran yang membangun sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini.
3. Dr. Ir. Muhammad Ardiansyah selaku anggota komisi pembimbing yang juga telah mencurahkan waktu dan pemikirannya untuk memberikan bimbingan dan saran yang membangun sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini.
4. Dr. Yudha Kristanto, S.Si., M.Si. selaku teman sekaligus “pembimbing” yang telah meluangkan waktunya untuk selalu menjawab pertanyaan mendasar penulis.
5. Teman-teman, khususnya rekan-rekan Rambo 2, keluarga besar Silvikultur 54, rekan-rekan seperjuangan PWL22, rekan-rekan kantor, serta rekan-rekan tim TEEB-Agrifood yang telah memberikan dukungan, semangat, dan bantuan selama proses penulisan tesis.
6. Seluruh pihak yang telah banyak memberikan dukungan dan bantuan dan tidak dapat disebutkan satu persatu di sini.

Penulis menyadari bahwa penulisan tesis ini tidak luput dari kekurangan, untuk itu penulis sangat berterima kasih apabila ada kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak demi kesempurnaan karya ilmiah ini. Akhir kata, semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bogor, Agustus 2026

Rama Maulana



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	4
1.6 Kerangka Pemikiran	4
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Non-Agroforestri dan Agroforestri Kopi di Lampung (Budidaya Kopi Robusta)	6
2.2 Jasa Pengaturan Air	8
2.3 Model <i>Soil and Water Assessment Tools</i> (SWAT)+	9
2.4 Algoritma <i>Random Forest</i>	10
METODE	12
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	12
3.2 Alat dan Bahan	12
3.3 Prosedur Kerja	14
3.4 Pengumpulan Data	17
3.5 Pengolahan Data	17
3.6 Analisis Data	18
HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Pemetaan Pekebunan Kopi Agroforestri dan Non-Agroforestri	32
4.2 Pendugaan Jasa Pengaturan Air pada Perkebunan Kopi Non-Agroforestri dan Agroforestri	42
4.3 Arahan Perkebunan Kopi Berkelanjutan Berbasis Jasa Pengaturan Air	52
4.4 Keterbatasan Penelitian	56
SIMPULAN DAN SARAN	58
5.1 Simpulan	58
5.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN	69
RIWAYAT HIDUP	77

DAFTAR TABEL

1	Alat yang digunakan dalam penelitian	13
2	Bahan yang digunakan dalam penelitian	13
3	Matriks hubungan tujuan, data, metode analisis, dan luaran	16
4	Deksripsi tutupan lahan di wilayah penelitian	18
5	Indeks yang digunakan sebagai input model <i>random forest</i> beserta persamaannya	20
6	Dataset yang digunakan dalam klasifikasi menggunakan <i>Random forest</i>	21
7	Desain untuk membandingkan dan mengklasifikasikan model	23
8	Kriteria keandalan model berdasarkan nilai NSE dan R^2	28
9	Kombinasi parameter terbaik dari 5 desain penelitian	36
10	Area dalam ha untuk setiap kelas tutupan lahan menggunakan dataset yang berbeda	37
11	Area kelas tutupan lahan dalam ha untuk tiap titik tahun analisis	40
12	Karakteristik DAS Sekampung Hulu berdasarkan jenis tutupan lahan dan tanah yang berbeda	43
13	Karakteristik kemiringan lereng pada DAS Sekampung Hulu berdasarkan jenis tutupan lahannya	43
14	Perbedaan luasan antara COFF dan COAF dalam ha pada berbagai skenario	53
15	Hasil pengurutan kombinasi terbaik berdasarkan pendekatan pemeringkatan pertama	55

DAFTAR GAMBAR

16	Kerangka pikir penelitian	5
17	Variasi budidaya kopi di Lampung Barat (Verbist <i>et al</i> 2004).	6
18	Sejarah pengembangan model SWAT	9
19	Contoh pengambilan keputusan decision tree/CART	10
20	Algoritma bagging	11
21	Algoritma <i>random forest</i>	11
22	Peta lokasi penelitian	12
23	Bagan alir prosedur kerja penelitian	15
24	Sebaran pengambilan sampel tanah dan tutupan lahan agroforestri dan non-agroforestri	17
25	Bagan alir klasifikasi tutupan lahan perkebunan kopi non-agroforestri dan agroforestri di DAS Sekampung hulu	19
26	Proses pembentukan unit respons hidrologi	24
27	Nilai rata-rata dari karakteristik spektral dan indeks non-agroforestri dan agroforestri kopi	33
28	Nilai rata-rata dari karakteristik tekstur dan biofisik non-agroforestri dan agroforestri kopi	34
29	Nilai galat OOB untuk jumlah pohon (ntree) dari 5 desain penelitian	35

30	Nilai galat OOB untuk fraksi bag (bagfrac) dengan variabel pemisahan berbeda (kiri: K, Kanan: $\sqrt{K}$) dari 5 desain penelitian	35
31	Hasil klasifikasi menggunakan parameter terbaik dengan nilai OA dan Kappa	37
32	Hasil dari klasifikasi multi temporal menggunakan D4 dengan nilai OA dan Kappa	39
33	Perbedaan tutupan lahan non-agroforestri dan agroforestri berdasarkan foto pesawat tanpa awak	41
34	Kontribusi perubahan tutupan lahan bersih untuk non-agroforestri dan agroforestri kopi pada 10 dan 20 tahun	42
35	Hasil debit simulasi sebelum dan sesudah kalibrasi oleh debit observasi	44
36	Peringkat parameter yang paling berpengaruh terhadap model dari uji sensitivitas	45
37	Rata-rata limpasan permukaan pada skenario BAU	48
38	Rata-rata Hasil Air pada skenario BAU	49
39	Rata-rata pengisian kembali air tanah pada skenario BAU	50
40	Rata-rata nilai evapotranspirasi pada skenario BAU	51
41	Perbedaan ketiga jasa pengaturan air pada tutupan lahan agroforestri dan non-agroforestri kopi di berbagai skenario	52
42	Kondisi sebaran agroforestri dan non-agroforestri kopi pada berbagai skenario	54
43	Persentase perbandingan antara nilai BAU dan tiap Skenario pada pendekatan kedua	56

DAFTAR LAMPIRAN

44	Lampiran 1 Citra satelit Landsat yang digunakan sebagai bahan untuk klasifikasi tutupan lahan	69
45	Lampiran 2 Sebaran <i>training area</i> sebagai input pembelajaran mesin algoritma <i>Random Forest</i>	70
46	Lampiran 3 Nilai <i>Confusion Matrix</i> , <i>User's Accuracy</i> (UA), <i>Producer's Accuracy</i> (PA) pada setiap titik tahun (2003, 2013, dan 2023) analisis klasifikasi lahan	71
47	Lampiran 4 Tabel perhitungan matriks transisi perubahan tutupan lahan pada rentang 10 dan 20 tahun	73
48	Lampiran 5 <i>SCS-Curve Number</i>	75
49	Lampiran 6 Diagram titik dan nilai kecocokan hasil kalibrasi menggunakan SWAT+ Toolbox	75