



MODEL
AGROFORESTRI
KOMUNITAS MASYARAKAT DI
SEKITAR TAMAN NASIONAL
GUNUNG HALIMUN SALAK
(TNGHS)

DR. ARYO ADHI CONDRO, S.SI, M.SI
SOELTHON G. NANGGARA

Model Agroforestri
Komunitas Masyarakat di
Sekitar Taman Nasional
Gunung Halimun Salak
(TNGHS)

Dr. Aryo Adhi Condro, S.Si, M.Si
Soelthon G. Nanggara



2023

**Model Agroforestri Komunitas Masyarakat di Sekitar Taman Nasional
Gunung Halimun Salak (TNGHS)**

Penulis

Dr. Aryo Adhi Condro, S.Si, M.Si

Soelthon G. Nanggara

Reviewer :

Analisis Data dan Pengumpulan Data :

Aryo Adhi Condro, Isnenti Apriani, Eki AK. Nurmadiyah Situmorang, Devi

Safitri, Rosima Wati Dewi

Copyright © 2023 by Forest Watch Indonesia

Condro, Aryo Adi dan Soelthon G. Nanggara

**Model Agroforestri Komunitas Masyarakat di Sekitar Taman Nasional
Gunung Halimun Salak (TNGHS)**

Bogor : FWI, 2023

....+ 598 hlm ; 15 x 22 cm

ISBN:

I. Judul

For information contact :

Forest Watch Indonesia

Jl. Sempur Kaler No. 62 Bogor Jawa Barat Indonesia

<https://fwi.or.id/>

Design :

Edisi Pertama: Juni 2023

Daftar Isi

MODEL AGROFORESTRI KOMUNITAS MASYARAKAT DI SEKITAR TAMAN NASIONAL GUNUNG HALIMUN SALAK (TNGHS).....	I
DAFTAR GAMBAR.....	3
DAFTAR TABEL.....	4
PENDAHULUAN.....	7
TUJUAN.....	11
METODE.....	12
ANALISIS KESESUAIAN AGROKLIMATIK.....	12
STUDI PREFERENSI LOKAL.....	14
ANALISIS TUTUPAN LAHAN.....	16
SKENARIO DINAMIKA STOK KARBON.....	20
HASIL DAN PEMBAHASAN	23
KESESUAIAN AGROKLIMATIK	23
PERSEPSI MASYARAKAT LOKAL TERHADAP AGROFORESTRI DAN KONDISI PERTANIAN SAAT INI.....	27
<i>Profil umum petani</i>	27
<i>Informasi umum kebun petani</i>	28
<i>Pengelolaan lahan pertanian</i>	32
<i>Kesediaan (willingness) petani untuk mengimplementasikan agroforestri</i>	35
ANALISIS TUTUPAN LAHAN UNTUK ESTIMASI STOK KARBON.....	38
PROYEKSI PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN MELALUI PENERAPAN MODEL AGROFORESTRI.....	41
<i>Stok karbon historis di lokasi program</i>	41
<i>Skenario dinamika karbon pada penanaman komoditas</i>	43
SIMPULAN.....	48

REKOMENDASI	50
REFERENSI	51
LAMPIRAN	54

Daftar Gambar

<i>Gambar 1. Skema kesesuaian lahan untuk komoditas pala dan kopi berdasarkan parameter agroklimatik.</i>	<i>14</i>
<i>Gambar 2. Dokumentasi kegiatan survei petani lokal (A) dan diskusi kelompok (B)</i>	<i>15</i>
<i>Gambar 3. Alur identifikasi tutupan lahan di areal sekitar TNGHS.</i>	<i>20</i>
<i>Gambar 4. Kesesuaian agroklimat untuk komoditas kopi arabika.</i>	<i>24</i>
<i>Gambar 5. Kesesuaian agroklimat untuk komoditas kopi robusta.</i>	<i>25</i>
<i>Gambar 6. Kesesuaian agroklimat untuk komoditas pala.</i>	<i>26</i>
<i>Gambar 7. Kesesuaian agroklimat untuk komoditas alpukat.</i>	<i>26</i>
<i>Gambar 8. Rata-rata umur petani responden di wilayah kajian.</i>	<i>28</i>
<i>Gambar 9. Keberterimaan petani terhadap komoditas yang diusulkan untuk ditanam di lokasi program.</i>	<i>37</i>
<i>Gambar 10. Tutupan lahan tahun 2020 di lokasi program (KTH Desa Cipeuteuy dan Mekarjaya).</i>	<i>40</i>
<i>Gambar 11. Stok karbon permukaan tanah (AGB) di lokasi program.</i>	<i>41</i>
<i>Gambar 12. Skenario simulasi linear akumulasi karbon tiap tahunnya berdasarkan komoditas yang berbeda berdasarkan kelas nilai karbon dari HCSA dan referensi data lokal. HRM: Hutan Regeneratif Muda; HK1: Hutan Kerapatan Rendah; HK2: Hutan Kerapatan Sedang; dan HK3: Hutan Kerapatan Tinggi. (A) Kopi Arabika, (B) Kopi Robusta, (C) Pala, dan (D) Alpukat. Batas nilai karbon hutan alam pada garis merah terputus diperoleh dari rata-rata stok karbon hutan di Cipeuteuy dan Mekarjaya.</i>	<i>44</i>

Daftar Tabel

<i>Tabel 1 Dataset yang digunakan untuk analisis kesesuaian lahan.....</i>	13
<i>Tabel 2. Dataset yang digunakan untuk klasifikasi tutupan lahan.</i>	19
<i>Tabel 3. Matriks konfusi evaluasi tutupan lahan di lokasi program</i>	39
<i>Tabel 4. Stok karbon pada berbagai tutupan vegetasi di lokasi program.</i>	42
<i>Tabel 5. Pertumbuhan biomassa rata-rata tahunan spesifik komoditas.</i>	43
<i>Tabel 6. Tahun yang dibutuhkan untuk mencapai nilai karbon hutan pada masing-masing komoditas pilihan.</i>	47

Kata Pengantar

Pengelolaan wilayah konservasi melalui pelibatan masyarakat merupakan kunci keberhasilan bagi masa depan konservasi. Kebijakan Pemerintah melalui Kemitraan Konservasi telah membuka peluang masyarakat untuk terlibat langsung dalam pengelolaan kawasan konservasi. Kemitraan Konservasi ini dimaksudkan untuk mewujudkan keseimbangan antara fungsi ekologis, fungsi ekonomi dan fungsi sosial. Dengan demikian, konsep pengelolaannya dilakukan sesuai dengan nilai lingkungan hidup dan kelestarian sumber daya alam dan hutan yang dapat menjamin keberlanjutan sumber penghidupan masyarakat. Konsep pengelolaan tersebut salah satunya adalah agroecology.

Melalui intensifikasi (pengayaan) pengelolaan budidaya pertanian dengan mengembangkan teknik agroecology dan/atau penanaman jenis pohon yang memiliki banyak fungsi (Multi Purpose Tree Species) diharapkan masyarakat petani penggarap di dalam kawasan TNGHS khususnya di Desa Cipeuteuy dan Desa Mekarjaya mampu mengelola dan menjaga kawasan hutan secara lestari dan berkelanjutan, sehingga dapat meningkatkan pendapatan petani (income generating).

Kajian ini juga diharapkan dapat menjadi referensi dalam penyusunan perencanaan rencana kerja KTH dan atau pola ruang penggunaan lahan dalam kemitraan konservasi di Balai Taman Nasional Gunung Halimun Salak (TNGHS) serta dapat berkontribusi dalam mengembalikan fungsi ekologi, mencegah

terjadinya deforestasi, hilangnya keanekaragaman hayati dan terjadinya konflik masyarakat.

Salam,

Direktur Eksekutif FWI

Mufti Fathul Barri

Pendahuluan

Taman Nasional Gunung Halimun Salak (TNGHS) merupakan satu lanskap yang memiliki peran penting dalam menyerap karbon atmosfer dan untuk konservasi biodiversitas terancam (e.g., macan tutul jawa, owa jawa, dll.). Selain itu, TNGHS juga menyediakan jasa lingkungan untuk mendukung kehidupan masyarakat di sekitar taman nasional. Aktivitas masyarakat dalam mata pencaharian (e.g., hasil hutan non-kayu dan pertanian) di sekitar taman nasional juga relatif intensif. Perambahan hutan ke dalam kawasan konservasi dan lindung seringkali masih terjadi akibat kurangnya produktivitas lahan di lahan komunitas sekitar TNGHS. Oleh karenanya, program-program dan kerja-kerja dalam meningkatkan ekosistem serta ekonomi masyarakat sekitar TNGHS perlu dilakukan.

Melalui program Seimbangkan Ekosistem Lestarkan Alam Rakyat Sejahtera (SELARAS) akan berkontribusi pada sasaran Program Dana TERRA - Badan Pengelola Dana Lingkungan Hidup (BPD LH) untuk penurunan deforestasi, peningkatan produktivitas lahan dan perekonomian masyarakat serta perluasan jaringan pasar untuk produk-produk hasil hutan dengan cara memperkuat kelembagaan Kelompok Tani Hutan (KTH), membuka akses untuk program-program pemberdayaan masyarakat oleh Pemerintah, adopsi praktik agroekologi dan agroforestri oleh Kelompok Tani Hutan dan digital marketing. Dalam pelaksanaan program ini

akan melibatkan mitra lokal yaitu Absolute Indonesia, salah satu mitra FWI yang sudah berpengalaman melakukan pendampingan di lokasi program. Program ini menyasar 6 Kelompok Tani Hutan di Desa Cipeuteuy dan Desa Mekarjaya, Kecamatan Kabandungan, Kabupaten Sukabumi, Provinsi Jawa Barat Dalam upaya pencapaian tujuan, program ini menggunakan pendekatan peningkatan kapasitas masyarakat pada 3 aspek utama yaitu kelola kelembagaan, kelola kawasan dan kelola usaha.

Desa Cipeuteuy dan Desa Mekarjaya, merupakan desa yang berada di Kecamatan Kabandungan, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat. Penduduk di dua desa tersebut mayoritas bermata



pencaharian sebagai petani dengan melakukan budidaya sayur mayur, palawija, padi dan jenis pohon buah, diantaranya kopi dan pohon aren. Sebelumnya, kegiatan pertanian di wilayah ini

dilakukan dengan cara tumpang sari melalui skema Pengelolaan Hutan Bersama Masyarakat (PHBM). Namun sejak terbitnya SK Menteri Kehutanan No 175/Kpts-II/2003 tanggal 10 Juni 2003 tentang perluasan Taman Nasional Gunung Halimun Salak (TNGHS), yang semula 40.000 ha menjadi 113.359 ha, berimplikasi pada wilayah PHBM sehingga terjadi penurunan akses masyarakat dan peningkatan konflik. Dan semenjak diterbitkannya peraturan tentang Kemitraan Konservasi menjadi momentum resolusi konflik antara masyarakat dan BTNGHS serta

membuka peluang masyarakat untuk mendapatkan akses atas lahan garapannya menjadi terbuka. Dalam konteks legalitas akses pemanfaatan pada kawasan konservasi, kelompok petani penggarap di dua desa ini menggunakan skema Kemitraan Konservasi.

Dengan demikian, FWI melalui dukungan dari Badan Pengelola Dana Lingkungan Hidup (BPDLH) akan melanjutkan pendampingan untuk mendukung masyarakat petani penggarap di dalam kawasan TNGHS khususnya pada enam KTH di Desa

Cipeuteuy dan Desa Mekarjaya agar mampu mengelola dan menjaga kawasan hutan secara lestari dan berkelanjutan, sehingga dapat



meningkatkan pendapatan petani (income generating) melalui intensifikasi (pengayaan) pengelolaan budidaya pertanian dengan mengembangkan teknik agroecology dan/atau penanaman jenis pohon yang memiliki banyak fungsi (Multi Purpose Tree Species). Dengan demikian, program ini juga akan berkontribusi dalam mengembalikan fungsi ekologi, mencegah terjadinya deforestasi, hilangnya keanekaragaman hayati dan terjadinya konflik masyarakat.

Dalam pelaksanaan program SELARAS juga dilakukan beberapa kajian yang sangat penting untuk menunjang program serta memberikan referensi yang bisa menjadi rujukan dalam penyusunan rencana di masa yang mendatang. Sebagaimana diketahui, KTH memiliki kewajiban dalam menyusun Rencana



Kerja Tahunan (RKT) bersama dengan pihak TNGHS paska mendapatkan legalitas akses pengelolaan Kawasan Konservasi dalam bentuk kemitraan konservasi.

Salah satu kajian yang dibutuhkan sebagai rujukan adalah kajian mengenai kesesuaian jenis tanaman di wilayah KTH. Dan belajar dari pengalaman dari program-program rehabilitasi sebelumnya, jenis tanaman yang akan ditanam selain memiliki kesesuaian secara agroklimat juga penting untuk mempertimbangkan preferensi masyarakat setempat sebagai jaminan keberhasilan dari penanaman. Oleh karena itu, kajian kesesuaian jenis tanaman yang dilakukan dalam program selaras ini setidaknya mencakup 3 hal yaitu: i) analisis kesesuaian lahan berdasarkan agroklimat untuk beberapa komoditas potensial seperti pala, kopi, dan alpukat; ii) melakukan studi preferensi lokal untuk mengetahui keberterimaan KTH terhadap jenis-jenis komoditas yang diusulkan untuk ditanam; dan iii) membangun proyeksi perubahan tutupan dengan jenis komoditas tertentu yang diusulkan dalam konteks peningkatan cadangan karbon.

Tujuan

Adapun tujuan dari kajian ini diantaranya adalah:

1. Mengkaji kesesuaian jenis komoditas di wilayah program berdasarkan parameter agroklimatik;
2. Mengkaji kesesuaian jenis komoditas berdasarkan preferensi petani lokal di wilayah program melalui wawancara;
3. Membangun proyeksi perubahan tutupan dari masing-masing komoditas berdasarkan dinamika karbon.

Metode

Analisis Kesesuaian Agroklimatik

Evaluasi kesesuaian lahan komoditas adalah proses pendugaan tingkat kesesuaian suatu lahan untuk pengelolaan suatu komoditas spesifik tertentu berdasarkan karakteristik lingkungan tertentu, seperti iklim, tanah, kadar air, serta topografi. Merujuk pada panduan teknis dari evaluasi kesesuaian lahan untuk komoditas pertanian yang dikembangkan oleh BBSDLP (2011)¹, penilaian tingkat kesesuaian lahan terdiri dari dua kategori yaitu ordo dan kelas. Pada kategori ordo, hasil penilaian terdiri dari sesuai dan tidak sesuai. sedangkan pada kategori kelas, hasil penilaian terbagi dalam empat kelas, yaitu: i) kesesuaian sangat sesuai (S1); ii) cukup sesuai (S2); iii) sesuai marjinal (S3); dan iv) tidak sesuai (N).

Pada kategori kelas, lahan dengan kelas sangat sesuai (S1) dapat diinterpretasikan bahwa lahan tidak memiliki faktor pembatas yang signifikan terhadap pengelolaan, atau hanya memiliki faktor pembatas yang bersifat minor dan tidak mereduksi produktivitas lahan secara nyata. Kelas cukup sesuai (S2) dapat diartikan bahwa lahan memiliki faktor pembatas yang mempengaruhi produktivitasnya dan memerlukan input pertanian yang masih dapat diatasi oleh petani. Kelas kesesuaian marjinal (S3) dapat

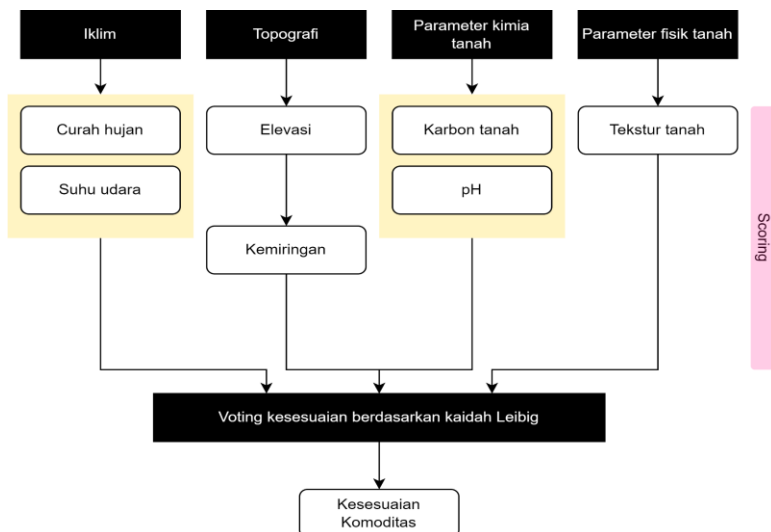
¹ [Evaluasi Lahan untuk Komoditas Pertanian.pdf](#)

diartikan bahwa lahan memiliki faktor pembatas yang berat yang dapat mempengaruhi produktivitas secara signifikan dengan membutuhkan input pertanian yang tinggi dan perlu adanya intervensi dari pihak luar. Sedangkan, kelas tidak sesuai (N) dapat diartikan bahwa lahan didominasi oleh faktor pembatas yang berat dan sulit diatasi.

Dalam kajian ini, kami melakukan analisis kesesuaian lahan untuk komoditas kopi robusta, kopi arabika, pala, alpukat. Tahapan analisis yang dilakukan adalah sebagai berikut. Analisis spasial zonal areal dilakukan untuk memperoleh karakteristik agroklimatik dari beberapa parameter terpilih berdasarkan data satuan peta tanah yang ada dan mengkategorikannya berdasarkan pedoman penentuan kesesuaian lahan dari FAO dan BBSDLP. Hasilnya kemudian diintegrasikan ke dalam satu peta kesesuaian lahan. Dan terakhir dianalisis dengan menggunakan kaidah minimum Leibig untuk menghasilkan peta kesesuaian komoditas.

Tabel 1 Dataset yang digunakan untuk analisis kesesuaian lahan

Jenis Data	Data	Satuan	Sumber
Iklim	Curah hujan	mm	CHELSA
	Suhu udara	°C	CHELSA
Topografi	Kemiringan	%	SRTM
Parameter kimia tanah	pH	-	SoilGrids
	Kandungan karbon tanah	dg/kg	SoilGrids
Parameter fisik tanah	Tekstur tanah	-	SoilGrids



Gambar 1. Skema kesesuaian lahan untuk komoditas pala dan kopi berdasarkan parameter agroklimatik.

Studi Preferensi Lokal

Kajian ini juga melakukan studi preferensi lokal berdasarkan hasil survei pada 20 petani lokal dari 5 kelompok tani (Giri Mukti, Kontac, Mekar Saluyu, Panen, Segar Alam) di wilayah kajian. Survei dilakukan berdasarkan teknik random sampling dari populasi petani lokal yang ada di wilayah kajian. Terdapat 47 pertanyaan yang meliputi: i) data personal petani; ii) informasi umum kebun petani; iii) pengelolaan lahan; iv) keinginan petani dalam merespon program; v) informasi pendukung lainnya. Kajian ini

m^Agunakan metode wawancara terbuka kepada sampel petani serta informan kunci yang mewakili kelompok tani hutan yang terdapat di wilayah kajian (> 70% kelompok tani tersurvei dalam wawancara).



Gambar 2. Dokumentasi kegiatan survei petani lokal (A) dan diskusi kelompok (B)

Analisis Tutupan Lahan

Analisis tutupan lahan dilakukan sebagai informasi awal dalam pendugaan stok karbon pada masing-masing kategori tutupan lahan di wilayah kajian. Planet berkolaborasi dengan Norway's International Climate & Forests Initiative (NICFI) menyediakan citra satelit optik resolusi sangat tinggi (~5-meter) yang tersedia pada seluruh lingkaran tropis di dunia dalam rentang waktu tahun 2015 hingga saat ini. Data citra satelit optik tersebut sangat berguna dalam melakukan identifikasi habitat dan perubahan lahan dengan resolusi yang sangat detail.

Dalam studi ini, data citra Planet NICFI dengan resolusi 4.77-meter digunakan untuk mengidentifikasi perubahan tutupan lahan di areal sekitar TNGHS pada tahun 2020. Data historis tutupan lahan diduga berdasarkan citra Planet-NICFI kanal Red, Green, Blue, dan Near Infrared, serta beberapa indeks spektral yang telah terkoreksi geometrik, radiometrik menjadi nilai reflektansi Top of Atmosphere (ToA). Selain itu, analisis cloud masking dilakukan terlebih dahulu pada koleksi citra tersebut untuk meminimalisasi bias piksel yang diakibatkan oleh tutupan awan (Roy et al., 2014). Analisis cloud masking dilakukan menggunakan band QA yang memiliki informasi piksel yang teridentifikasi sebagai awan sehingga data awan pada citra dapat diseleksi dengan mudah. Setelah itu, pemilihan piksel terbaik pada koleksi citra dilakukan dengan teknik filter median sehingga diperoleh piksel yang dominan dan representatif lokasi tersebut.

Pendugaan tutupan lahan dilakukan menggunakan pendekatan fusi antara object-based image analysis (OBIA) dan machine learning (pembelajaran mesin) yang saat ini banyak digunakan karena keunggulannya dapat menangkap suatu kelas informasi berdasarkan banyak prediktor serta penentuan statistik klusterisasi yang baik (Condro et al., 2020; Kelley et al., 2018; Park et al., 2018; Phalke et al., 2020). Google Earth Engine (GEE) merupakan platform cloud computing yang juga memiliki portal big-data yang relatif lengkap terkait dengan data-data spasial dalam skala global (Gorelick et al., 2017). Beberapa algoritma machine learning untuk klasifikasi yang dapat dianalisis oleh GEE diantaranya adalah Classification and Regression Tree (CART; Breiman 1999), Random Forest (Breiman, 2001), dan Support Vector Machine (SVM; Cortes dan Vapnik 1995).



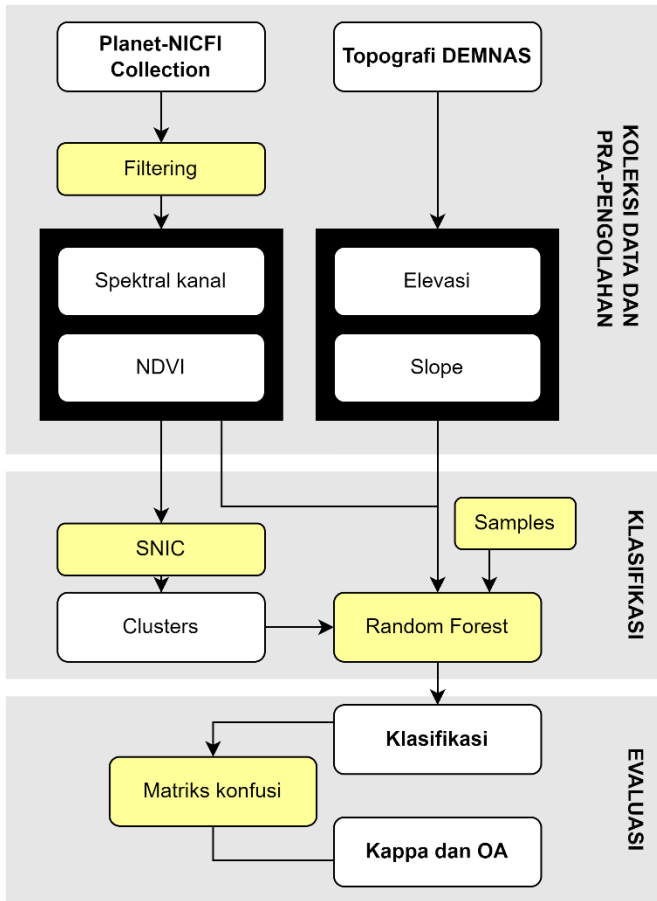
Pendekatan OBIA menjadi populer karena kemampuannya untuk melakukan delineasi dan klasifikasi objek atau patch pada level tertentu (Blaschke, 2010). Studi ini menggunakan pendekatan OBIA berdasarkan metode the Simple Non-Iterative Clustering (SNIC), yang telah terbukti dapat efektif meng-klusterisasi piksel yang identik dan mengidentifikasi objek unik atau patch lanskap. Pendekatan ini sangat cocok digunakan untuk citra resolusi tinggi hingga menengah (Ghorbanian et al., 2020).

Klasifikasi tutupan lahan dilakukan menggunakan algoritma Random Forest dengan parameter Number-of-Trees sebanyak 1000. Identifikasi tutupan lahan di areal sekitar TNGHS dilakukan dengan membagi informasi sampel tutupan lahan menjadi lima kelas berdasarkan kategorisasi dari modifikasi Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), yaitu hutan, semak belukar, lahan pertanian, lahan terbangun, dan badan air (Milne & Jallow, 2005). Data training setiap kelas diambil berdasarkan analisis visual komposit citra berdasarkan purposive random sampling. Evaluasi model klasifikasi dilakukan menggunakan koefisien Kappa (κ ; Cohen 1960) serta Overall Accuracy.

Kajian ini menggunakan 8 fitur yang diturunkan dari citra NICFI berupa informasi kanal multispektral, NDVI, cluster OBIA, serta informasi topografik dari data DEMNAS – Badan Informasi Geospasial (BIG). Keterangan detail fitur atau prediktor yang digunakan untuk identifikasi tutupan lahan ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. Dataset yang digunakan untuk klasifikasi tutupan lahan.

Fitur	Jumlah kanal	Sumber
Reflektansi spektral dari B1 – B4	4	NICFI
Topografi (m)	1	Badan Informasi
Kemiringan lereng (%)	1	Geospasial
<i>Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)</i>	1	Huete et al. (2002)
Clusters (dari OBIA)	1	



Gambar 3. Alur identifikasi tutupan lahan di areal sekitar TINGHS.

Skenario Dinamika Stok Karbon

Skenario dinamika stok karbon dilakukan dengan melakukan simulasi linear sederhana dari beberapa komoditas yang dipilih berdasarkan laju pertumbuhan biomassa setiap komoditas yang dipilih. Kajian ini menggunakan data biomassa atas permukaan

(*above ground biomass/AGB*) yang diperoleh dari Baccini et al. (2017) untuk menangkap informasi baseline dari karbon stok yang ada di lokasi program. AGB dihitung per masing-masing patch tutupan lahan di setiap lokasi program untuk menunjukkan dinamika efektivitas penyerapan karbon melalui agroforestri. Biomassa menjadi indikator dari atribut tutupan hutan sebagai tujuan akhir dari skenario perubahan tutupan lahan yang diharapkan dengan nilai referensi stok karbon hutan dari data historis serta pedoman HCSA.

Dalam perhitungan dinamika karbon, diperlukan parameter pertumbuhan biomassa pada spesifik komoditas agroforestri. Sehingga, kajian ini menduga informasi pertumbuhan biomassa untuk komoditas kopi arabika, kopi robusta, pala, dan alpukat berdasarkan informasi *carbon removal* yang diperoleh dari Harris et al. (2021) dan titik observasi global komoditas terpilih yang diperoleh dari Global Biodiversity Information Facility (GBIF).



Selanjutnya, kami mengekstrak nilai *carbon removal* pada setiap komoditas yang ditemukan dan mengonversi nilai serapan karbon menjadi pertumbuhan biomassa berdasarkan persamaan berikut:

$$GR_i = CR_i \times \left(\frac{12}{44}\right) \div 0.46$$

GR merupakan faktor pertumbuhan biomassa pada komoditas *I* dalam satuan Mg per ha per tahun, *CR* adalah nilai rata-rata *carbon removal* pada komoditas *i* dari data observasi dalam satuan Mg CO₂ eq per ha per tahun.



Hasil dan Pembahasan

Kesesuaian Agroklimatik

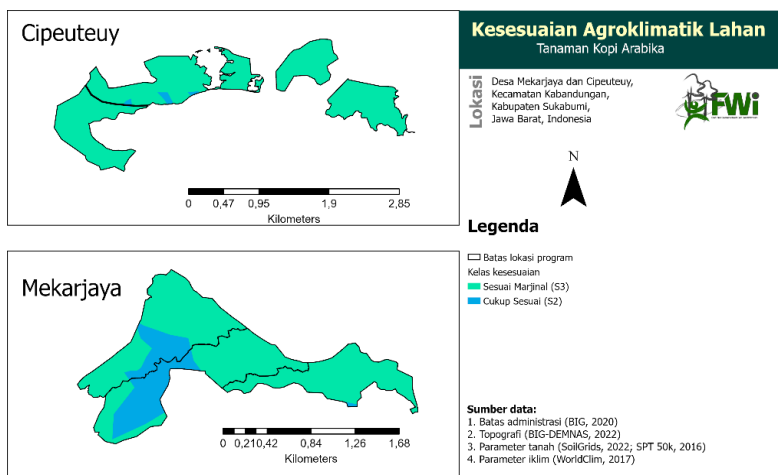
Pada kajian ini, kami melakukan analisis kesesuaian agroklimatik untuk komoditas kopi robusta, kopi arabika, alpukat, dan pala di Desa Mekarjaya dan Desa Cipeuteuy, Kecamatan Kabandungan, Kabupaten Sukabumi pada kategori ordo dan kelas. Kesesuaian lahan untuk komoditas diestimasi berdasarkan beberapa parameter: suhu udara, curah hujan, ketinggian, kemiringan lahan, keasaman tanah (pH), dan kandungan karbon tanah (C-organik).

Areal kajian didominasi oleh topografi dataran tinggi dengan ketinggian antara 444 m dpl hingga 1668 m dpl dengan kemiringan lahan relatif datar hingga bergelombang (0 – 12%). Suhu udara rata-rata di Cipeuteuy dan Mekarjaya memiliki nilai berturut-turut sebesar 18.4 oC (15.8 – 20.4) oC dan 21.1 oC (19.9 – 22.4) oC. Selain itu, iklim di wilayah kajian memiliki curah hujan yang relatif tinggi, dengan rata-rata tahunan berturut-turut sebesar 3800 mm dan 4117 mm untuk Desa Cipeuteuy dan Mekarjaya.

Parameter kimia-fisik tanah di wilayah kajian relatif cocok untuk kegiatan pertanian serta perkebunan. Tingkat keasaman tanah rata-rata wilayah kajian cenderung masam dengan tingkat pH 5.13 untuk Desa Cipeuteuy dan 5.15 untuk Mekarjaya. Selain itu, kandungan C-organik tanah relatif tinggi, berkisar antara 0.2%

hingga 0.7%. Peta parameter agroklimatik kesesuaian komoditas dapat ditinjau pada Lampiran 1 – 6.

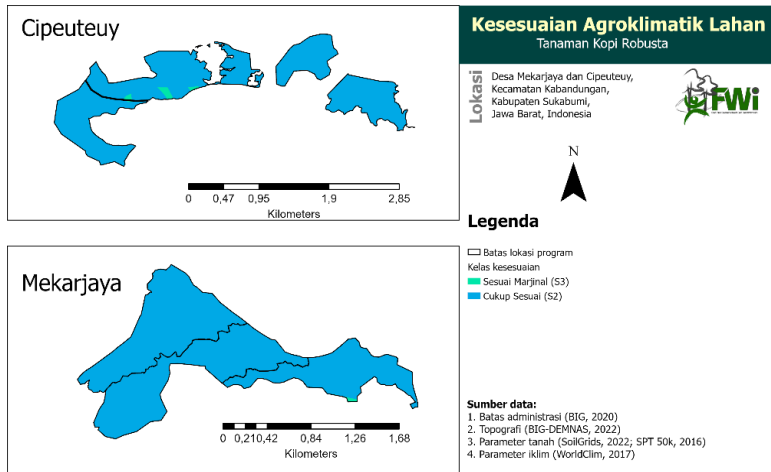
Berdasarkan kesesuaian lahan pada kategori ordo, seluruh areal Cipeuteuy maupun Mekarjaya masuk ke dalam kategori sesuai untuk komoditas kopi, pala, dan alpukat. Sehingga, areal program akan relatif cocok apabila ditanami dengan komoditas terpilih, yaitu kopi, pala, dan alpukat. Selanjutnya, kajian ini meninjau lebih detail terkait dengan kategori kelas kesesuaian sehingga dapat diperoleh kualitas lahan dalam skala ordinal untuk setiap komoditas terpilih.



Gambar 4. Kesesuaian agroklimat untuk komoditas kopi arabika.

Hasil kajian kesesuaian agroklimatik untuk komoditas tanaman kopi arabika menunjukkan bahwa terdapat areal seluas 222 ha di wilayah Cipeuteuy yang termasuk ke dalam kategori sesuai marginal (S3) dan 3 ha areal di Cipeuteuy yang tergolong ke dalam kelas sesuai (S2). Sedangkan untuk areal di Desa Mekarjaya, 146 ha termasuk ke dalam kelas sesuai marginal (S3) dan 37.8 ha

termasuk dalam kategori sesuai (S2).

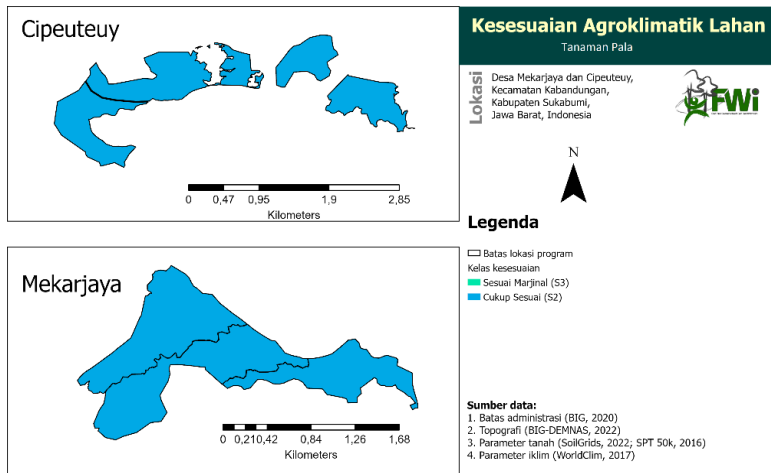


Gambar 5. Kesesuaian agroklimat untuk komoditas kopi robusta.

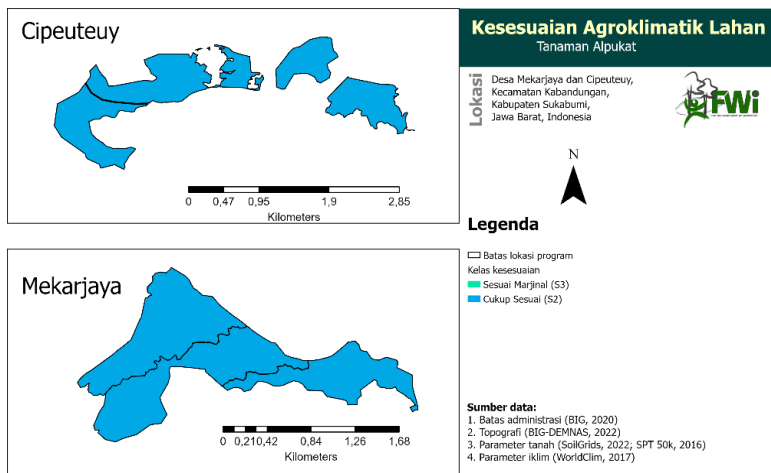
Hasil kajian kesesuaian agroklimatik untuk komoditas tanaman kopi robusta menunjukkan bahwa terdapat areal seluas 222 ha areal di Cipeuteuy yang termasuk ke dalam kelas sesuai (S2) dan



3 ha yang tergolong ke dalam kelas sesuai marginal (S3). Sedangkan untuk areal di Desa Mekarjaya, terdapat 183.5 ha yang tergolong ke dalam kelas sesuai (S2) dan hanya 0.4 ha yang termasuk ke dalam kelas sesuai marginal (S3).



Gambar 6. Kesesuaian agroklimat untuk komoditas pala.



Gambar 7. Kesesuaian agroklimat untuk komoditas alpukat.

Hasil kajian kesesuaian agroklimatik untuk komoditas pala dan alpukat menunjukkan bahwa seluruh areal program, baik Cipeuteuy maupun Mekarjaya termasuk ke dalam kategori sesuai (S2) dengan luasan berturut-turut sebesar 225 ha dan 184 ha. Secara umum, komoditas pala dan alpukat merupakan tanaman

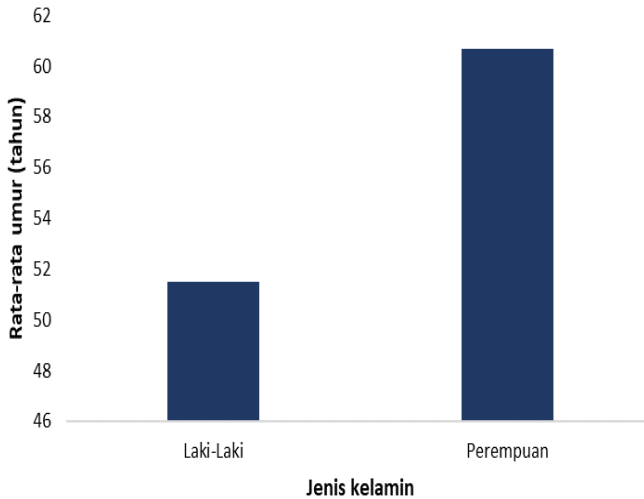
yang sesuai untuk ditanam di keseluruhan areal kajian di Desa Cipeuteuy dan Mekarjaya. Komoditas kopi robusta juga mayoritas (lebih dari 90% areal program) masuk ke dalam kelas sesuai untuk ditanam. Sedangkan, untuk kopi arabika tingkat kesesuaian di Desa Cipeuteuy dan Mekarjaya didominasi oleh kesesuaian marginal dan membutuhkan pengelolaan yang lebih intensif, meski ada sekitar 20 persen dari areal di Desa Mekarjaya yang masuk dalam kelas sesuai untuk ditanam.

Persepsi masyarakat lokal terhadap agroforestri dan kondisi pertanian saat ini

Profil umum petani

Beberapa petani yang berhasil diwawancarai, berasal dari kelompok tani Giri Mukti, Kontac, Pasir Badak, Segar Alam, dan Panen. Petani di wilayah kajian didominasi oleh petani dengan kelas umur tua (di atas 50 tahun; dengan rata-rata umur petani sekitar 53 tahun). Hanya ditemukan 3 petani yang memiliki umur di bawah 35 tahun (masuk ke dalam kategori muda/youth). Selain itu, kami menemukan 22% petani perempuan yang teridentifikasi berdasarkan survei. Responden yang berjenis kelamin laki-laki jumlahnya lebih besar daripada responden perempuan karena dalam kegiatan pertanian, laki-laki memiliki peran yang lebih besar daripada perempuan. Pekerjaan yang dilakukan oleh laki-laki juga lebih berat daripada perempuan.

Pada umumnya pekerjaan yang dilakukan oleh laki-laki adalah pengolahan lahan dan pengendalian hama atau penyakit yang dilakukan dengan penyemprotan. sedangkan untuk perempuan biasanya berperan dalam pemanenan.



Gambar 8. Rata-rata umur petani responden di wilayah kajian.

Informasi umum kebun petani

Topografi lahan pertanian petani didominasi oleh areal perbukitan yang relatif miring. Luas areal lahan garapan petani di wilayah kajian umumnya dikuantifikasi berdasarkan satuan “golong”. Golong merupakan satuan zonasi yang digunakan oleh petani untuk menyatakan konsensus luas lahan. Golong ini memiliki ukuran sekitar 600 m². Luas kepemilikan kebun per petani relatif bervariasi, mulai dari 1 golong hingga 10 golong, dengan rata-rata luas kebun sekitar 3 golong. Dari satu golong

kebun, petani dapat mengantongi 2 juta Rupiah hingga 7.5 juta Rupiah, dengan rata-rata pendapatan sekitar 4.6 juta Rupiah per golong per petani per tahun.



Mayoritas petani menanam Hampir 100% petani lokal memilih komoditas hortikultura sebagai komoditas utama karena pengalaman historis, disamping kondisi iklim dan ekoregion yang mendukung untuk tanaman sayur. Pada umumnya para petani menanam beberapa macam jenis komoditas yaitu 2 sampai 5 jenis komoditas. Komoditas hortikultura yang ditanam umumnya dapat dilakukan di sepanjang musim dan didominasi oleh jenis cabai, cabai rawit, kol, sawi, timun, tomat, serta beberapa tanaman perkebunan dan tanaman hutan. Umur tanaman hortikultura yang ditanam oleh masyarakat lokal di wilayah kajian berkisar antara 1 bulan hingga 5 bulan.

Komoditas cabai dan tomat dipilih oleh petani karena dapat dipanen lebih dari satu kali dan tanaman tersebut merupakan tanaman yang banyak dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari.

Secara umum saat ini cabe di pasaran memiliki harga cenderung tinggi dibanding dengan bahan bumbu lainnya. Kemudian ada beberapa petani yang lebih memilih komoditas sawi atau timun karena umur panen yang relatif cepat. Berbeda dengan budidaya tanaman lain, tanaman sawi relatif lebih tahan terhadap air hujan, sehingga bisa membudidayakan tanaman sawi sepanjang tahun.



Faktor penentu pemilihan jenis tanaman yang diusahakan oleh petani adalah pengetahuan teknik pertanian atau pengalaman, umur panen yang singkat, permintaan pasar/ harga pasar, dan risiko. Dari informasi yang diperoleh bahwa faktor pengetahuan teknik pertanian (pengalaman) bahwa para petani sudah memahami setiap proses mulai dari pengolahan sampai pemanenan.

Faktor umur panen yang singkat juga mempengaruhi para petani dalam pemilihan jenis tanaman. jenis tanaman semusim memiliki umur panen yang singkat yaitu 40 hari - 4 bulan. Dengan

cepatnya waktu panen tersebut maka petani akan cepat pula mendapatkan hasil. hasil panen yang diperoleh adalah sumber penghasilan yang akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari dan untuk membayar modal kepada tengkulak. Para petani sebagian besar menggabungkan jenis tanaman yang umur panennya singkat dengan yang umur panennya lama contohnya antara tanaman timun dan cabai merah.



Faktor pasar juga menjadi pertimbangan dalam memilih tanaman, alasannya karena tingginya harga tanaman tertentu, kemudahan memasarkan tanaman, serta karena permintaan yang banyak mengenai tanaman tertentu tersebut.

Faktor modal menjadi pertimbangan dalam memilih tanaman. petani umumnya menanam jenis sayuran yang disesuaikan dengan ketersediaan biaya. Apabila modal yang dimiliki sedikit petani cenderung untuk memilih jenis sayuran yang modalnya kecil dan cepat panen contohnya sawi dan timun. Terkait dengan modal para petani juga bisa mendapatkan modal dari luar yaitu dari para tengkulak. Modal yang diberikan para tengkulak berupa bibit, pupuk dan alat yang dibutuhkan untuk kegiatan bercocok

tanam. dan untuk pengembalian hutang tersebut petani harus menjual hasil panennya kepada tengkulak yang memberikan modal.

Faktor terakhir adalah faktor risiko menjadi pertimbangan juga bagi petani dalam pengambilan keputusan pemilihan jenis tanaman. Dalam melakukan antisipasi risiko para petani menanam lebih dari satu jenis tanaman, dengan mempertimbangkan jika salah satu tanaman terserang hama atau harganya turun maka tanaman lain masih bisa dipanen dan kerugian total dapat dihindari.

P e n g e l o l a a n l a h a n p e r t a n i a n

Hasil survei menunjukkan bahwa seluruh petani yang disurvei tidak melakukan persiapan lahan terlebih dahulu. Pembersihan lahan secara keseluruhan dilakukan secara mekanik menggunakan cangkul. Selain itu, weed management juga dilakukan menggunakan teknik mekanik dengan alat golok dan parang. Pengolahan lahan memerlukan banyak tenaga dan waktu sehingga beberapa petani yang lahannya luas tidak melakukan pengolahan lahan sendiri tetapi bersama-sama keluarga (Istri dan anak) atau dengan mempekerjakan buruh tani. Hambatan yang ditemui petani pada tahap pengolahan lahan adalah pada saat membersihkan lahan yang penuh dengan semak belukar.

Dalam praktiknya, petani juga sudah mengaplikasikan

pengelolaan lahan dengan ameliorasi tanah, penggemburan tanah, pemberian pupuk organik, pupuk kimia, dan penggunaan mulsa. Pemberian pupuk organik berupa pupuk kandang dan kompos merupakan input pertanian dasar yang seringkali diberikan oleh petani di wilayah kajian. Beberapa petani juga memberikan pupuk kimia (e.g., posca, NPK, TSP, KCL, SP36) untuk meningkatkan produktivitas pertanian. Selain itu, beberapa petani juga menggunakan bahan penunjang pertanian untuk pengelolaan lahan, seperti dolomit, dan furadan. Mayoritas petani melakukan pemupukan secara rutin, yaitu seminggu sekali, sedangkan hanya sebagian kecil petani yang hanya melakukan pemupukan sebelum proses penanaman (i.e., persiapan lahan).



Pengelolaan tanaman hortikultura sangat erat kaitannya dengan pengendalian hama dan penyakit tanaman. Beberapa

manajemen yang biasa dilakukan oleh petani apabila ditemukan hama adalah mengaplikasikan pestisida ke dalam kebun 1 minggu sekali (menggunakan obat mistartop dan dupont sehari setelah pemupukan). Tanaman tomat dan cabai merupakan tanaman yang paling rentan terhadap serangan hama dan penyakit (ulat, kutu, siput, patek). Patek adalah penyakit utama yang menyebabkan kerugian secara ekonomi karena patek dapat menginfeksi cabang, ranting, daun dan buah cabai.

Frekuensi penyemprotan sangat mempengaruhi risiko serangan hama yang dapat terjadi pada komoditas yang ditanam oleh petani. Selain itu, cuaca ekstrem juga menentukan risiko serangan hama dan penyakit. Sekitar 60% serangan hama dan penyakit yang terjadi akan berdampak besar bagi produktivitas pertanian di wilayah kajian.

Kesediaan (*willingness*) petani untuk mengimplementasikan agroforestri

Praktik agroforestri diharapkan dapat meningkatkan produktivitas, keberagaman, dan resiliensi petani dalam melakukan aktivitas pertanian. Mayoritas petani memiliki preferensi yang besar untuk mengaplikasikan skema agroforestri dengan intercropping komoditas tanaman buah, seperti durian, jeruk



limau, nangka, dan alpukat diantara komoditas utamanya, yaitu hortikultura (e.g., cabai, kol, sawi, terong). Dengan catatan tidak mengganggu komoditas utamanya, misalkan dengan menanam komoditas kayu atau buah tersebut di batas lahan garapan atau areal garapan yang curam.

Secara umum tanaman bakung menjadi tanaman yang paling sering dijadikan tanaman sela oleh petani sebagai tumpang sari di wilayah kajian. hal tersebut dikarenakan tanaman bakung



sangat mudah untuk ditanam, tidak perlu perawatan yang intens, risiko terkena hama sangat rendah dan dapat beberapa kali panen. Tanaman bakung ini juga menjadi cara alternatif dalam pendapatan petani jika terjadi kegagalan pada tanaman komoditas utama.

Sebanyak 89% petani di wilayah kajian menerima apabila terdapat program agroforestri dengan mengintroduksi tanaman kopi dan pala. 11% sisanya tidak setuju karena berdasarkan pengalamannya sebelumnya, kedua tanaman tersebut sulit berbuah dan ditengarai dipicu oleh rendahnya kualitas bibit yang ditanam. Selain itu juga dipicu karena masa panen yang lama dan harga jual rendah untuk komoditas kopi sedangkan mereka membutuhkan pendapatan yang cepat untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. kemudian jika menanam kopi akan mengganggu tanaman sayuran yang sedang ditanam. Dan yang terakhir adalah tidak adanya jaminan pasar dari hasil panen komoditas yang ditanam.



Gambar 9. Keberterimaan petani terhadap komoditas yang diusulkan untuk ditanam di lokasi program.

Kendala yang dihadapi petani antara lain:

Keterbatasan modal adalah masalah yang secara umum dihadapi oleh mayoritas petani. Selain modal sendiri petani juga bisa mendapatkan modal dari tengkulak, namun hal ini berdampak pada pengurangan pendapatan petani. Ketika petani mendapatkan modal dari tengkulak, mereka mendapatkan modal berupa input pertanian (pupuk, bibit, dan bahan penunjang pertanian lainnya) yang disediakan oleh tengkulak. Setelah panen, para petani juga diharuskan untuk menjual hasil panennya kepada tengkulak tersebut sehingga tengkulak memiliki kuasa atas harga. Bagi petani yang memiliki modal sendiri memiliki keleluasaan untuk memilih tengkulak yang diharapkan dapat membeli hasil panennya dengan harga yang sesuai.

Kendala lainnya adalah cuaca, serangan hama, harga pupuk yang

mahal, dan peralatan pertanian yang masih sederhana. Serangan hama paling ditakuti karena tanaman yang ditanam tidak dapat dipanen. Harga pupuk yang tinggi dapat menyebabkan tergerusnya pendapatan para petani dan risiko terburuknya menyebabkan kerugian pada petani. Kemudian penggunaan alat sederhana ini juga berpengaruh pada lamanya waktu untuk mengelola lahan.

Kendala lain adalah harga produk/sayuran yang tidak stabil, saat pasokan melimpah harga akan jatuh dan petani mengalami kerugian dan saat pasokan terbatas akan terjadi lonjakan harga.

Analisis Tutupan Lahan untuk Estimasi Stok Karbon

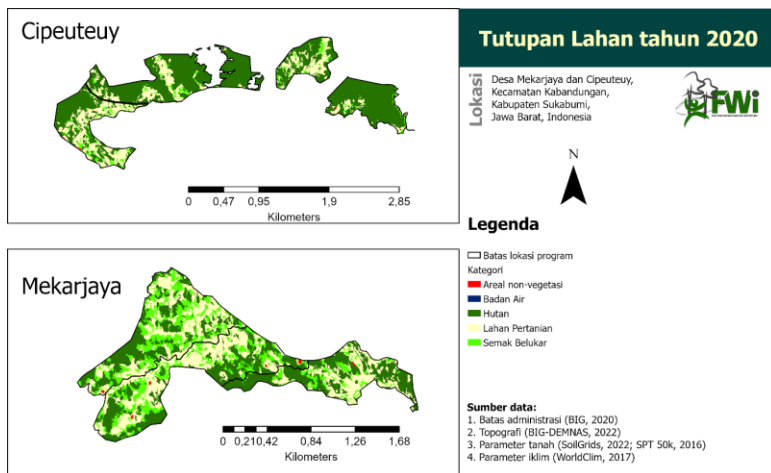
Kajian ini melakukan identifikasi tutupan lahan terbaru berdasarkan citra resolusi tinggi (Planet-NICFI) dengan resolusi spasial sekitar 5 meteran. Data tutupan lahan yang saat ini berkembang diproduksi dari citra satelit dengan resolusi 30 meteran. Sehingga, analisis ini dapat menghasilkan informasi tutupan lahan yang lebih detail secara spasial dibandingkan dengan data yang ada sebelumnya.



Nilai overall accuracy dan koefisien Kappa menunjukkan bahwa model klasifikasi memiliki performa yang baik dalam mendeskripsikan tutupan lahan di lokasi program di KTH Cipeuteuy dan Mekarjaya (OA: 0.81 ± 0.02 ; dan Kappa: 0.71 ± 0.02). Matriks kontigensi untuk evaluasi tutupan lahan dapat ditinjau pada Tabel di bawah ini.

Tabel 3. **Matriks konfusi evaluasi tutupan lahan di lokasi program**

Referensi/ Model	Hutan	Semak Belukar	Lahan Pertanian	Lahan Terbangun	Badan Air	Proporsi
Hutan	1879	29	73		7	28%
Semak Belukar	100	568	392	16		15%
Lahan Pertanian	483	219	2628	45		48%
Lahan Terbangun			20	348	4	5%
Badan Air	20				230	4%
Proporsi	35%	12%	44%	6%	3%	1



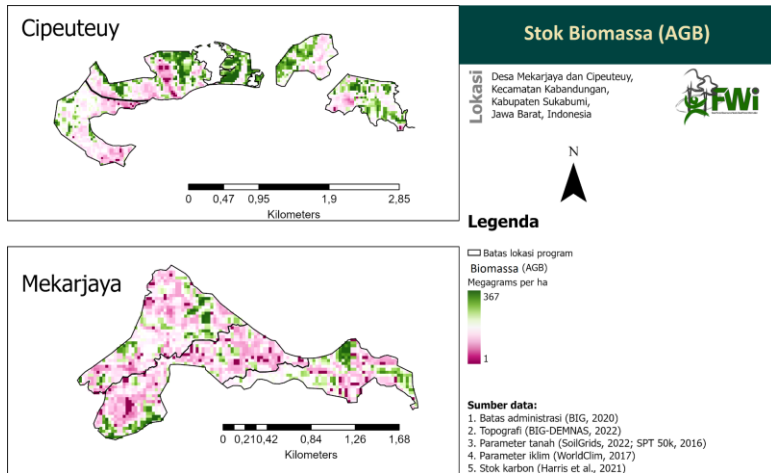
Gambar 10. Tutupan lahan tahun 2020 di lokasi program (KTH Desa Cipeuteuy dan Mekarjaya).

Berdasarkan identifikasi citra satelit Planet-NICFI, ditemukan bahwa lokasi program di Desa Cipeuteuy dan Mekarjaya didominasi oleh hutan, dengan luasan berturut-turut sebesar 156.86 ha dan 71.41 ha untuk Cipeuteuy dan Mekarjaya. Selain itu, ditemukan pula lahan pertanian yang telah terbentuk dengan luasan 51.82 ha untuk Cipeuteuy dan 65.55 ha untuk Mekarjaya. Semak belukar di wilayah Cipeuteuy dan Mekarjaya ditemukan berturut-turut sebesar 12.84 ha dan 43.56 ha. Semak belukar dianggap sebagai lahan yang kurang produktif sehingga dapat dipertimbangkan untuk konversi menjadi lahan agroforestri. Lahan pertanian juga akan dijadikan sebagai model agroforestri di lokasi program. Sehingga, terdapat areal potensial agroforestri seluas 173.77 ha atau sekitar 43% dari luas seluruh lokasi program SELARAS.

Proyeksi Perubahan Tutupan Lahan Melalui Penerapan Model Agroforestri

Stok karbon historis di lokasi program

Data dugaan berdasarkan citra satelit optik menunjukkan bahwa total karbon stok kondisi baseline di Cipeuteuy dan Mekarjaya berturut-turut sebesar 42,674-ton dan 29,075 ton atau setara dengan 19,630 ton C dan 13,374.7 ton C untuk Cipeuteuy dan Mekarjaya. Kajian ini juga melakukan eksplorasi stok karbon pada berbagai tipe tutupan lahan di desa Cipeuteuy dan Mekarjaya..



Gambar 11. Stok karbon permukaan tanah (AGB) di lokasi program.

Dengan merelasikan antara nilai stock karbon dan juga peta tutupan lahan kemudian didapatkan nilai rata-rata biomas dan c-stock dari setiap penutupan lahan. Nilai ini bisa menjadi baseline informasi awal dalam upaya peningkatan jumlah biomass atau c-

stock (AGB) melalui penambahan jumlah tanaman.

Tabel 4. Stok karbon pada berbagai tutupan vegetasi di lokasi program.

Lokasi	Tutupan Lahan	Luas (Ha)	Rata-rata AGB (Mg per ha)	Rata-rata stok karbon (Mg C per ha)
KTH Cipeuteuy	Hutan	156.86	207	95.22
	Semak Belukar	12.84	169	77.74
	Lahan Pertanian	51.82	155	71.3
KTH Mekarjaya	Hutan	71.41	178	81.88
	Semak Belukar	43.56	155	71.3
	Lahan Pertanian	65.55	146	67.16

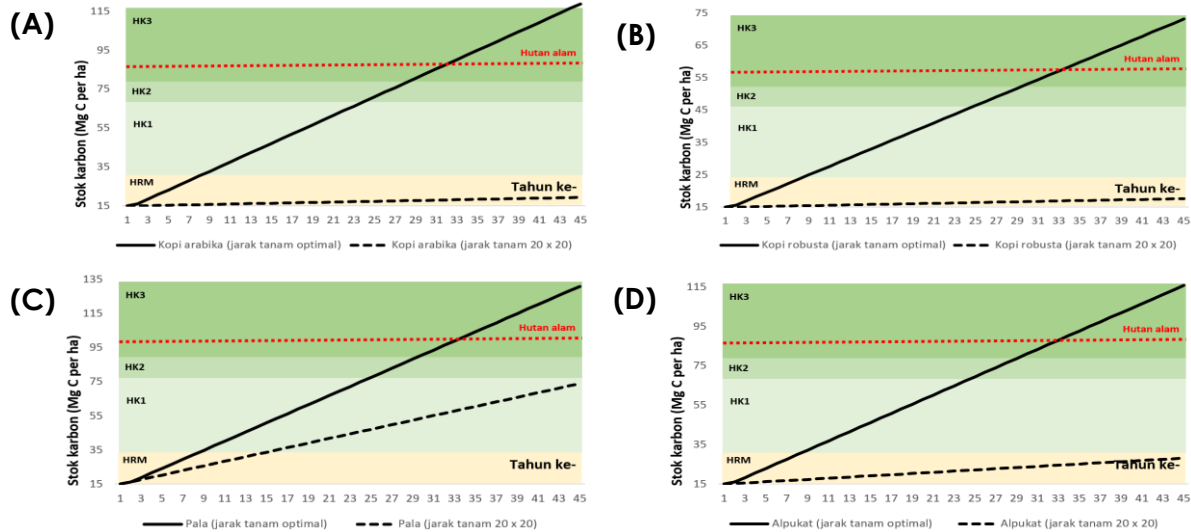
Data fluks karbon netto dapat digunakan dalam pendugaan bagaimana pertumbuhan biomassa vegetasi pada suatu lanskap. Kajian ini mengumpulkan 3555 titik kopi arabika, 611 titik kopi robusta, 78 titik tanaman pala, dan 4036 titik tanaman alpukat secara global untuk melihat secara spesifik pertumbuhan biomassa komoditas tersebut berdasarkan dugaan serapan karbon yang terjadi pada komoditas-komoditas terpilih. Tabel di bawah ini menunjukkan bahwa tanaman pala memiliki pertumbuhan biomassa yang paling cepat dibandingkan dengan tanaman lainnya (2.67 Mg per ha per tahun), disusul oleh kopi arabika (2.39 Mg per ha per tahun), alpukat (2.32 Mg per ha per tahun), dan kopi robusta (1.34 Mg per ha per tahun) berdasarkan asumsi jarak tanam ideal (kopi: 3 x 3 meter; pala: 10 x 10 meter; dan alpukat: 5 x 5 meter).

Skenario dinamika karbon pada penanaman komoditas

Tabel 5. Pertumbuhan biomassa rata-rata tahunan spesifik komoditas.

Komoditas	Pertumbuhan biomassa jarak tanam optimal (Mg per ha per tahun)	Pertumbuhan biomassa jarak tanam 20 x 20 (Mg per ha per tahun)
Kopi arabika (<i>Coffea arabica</i>)	2.39	0.10
Kopi robusta (<i>Coffea canephora</i>)	1.34	0.06
Pala (<i>Myristica fragrans</i>)	2.67	1.34
Alpukat (<i>Persea americana</i>)	2.32	0.30





Gambar 12. Skenario simulasi linear akumulasi karbon tiap tahunnya berdasarkan komoditas yang berbeda berdasarkan kelas nilai karbon dari HCSA dan referensi data lokal. HRM: Hutan Regeneratif Muda; HK1: Hutan Kerapatan Rendah; HK2: Hutan Kerapatan Sedang; dan HK3: Hutan Kerapatan Tinggi. (A) Kopi Arabika, (B) Kopi Robusta, (C) Pala, dan (D) Alpukat. Batas nilai karbon hutan alam pada garis merah terputus diperoleh dari rata-rata stok karbon hutan di Cipeuteuy dan Mekarjaya.

Kajian ini melakukan simulasi stok karbon secara berdasarkan pertumbuhan karbon pada masing-masing komoditas (i.e., kopi arabika, kopi robusta, pala, alpukat) dengan baseline awal berupa lahan dengan kategori semak (rata-rata stok karbon = 15 Mg C per ha berdasarkan FREL). Skenario pertumbuhan tanaman dengan menggunakan jarak ideal penanaman setiap komoditas dan jarak tanam 20 x 20 m. Skenario jarak tanam 20 x 20 m digunakan berdasarkan pola tanam buah atau kayu yang disepakati antara pihak Taman Nasional dengan KTH-KTH yang sudah mendapatkan persetujuan untuk kegiatan kemitraan konservasi di Kecamatan Kabandungan dan Kalapanunggal.

Tanaman pala memiliki riap (growth rate) yang paling tinggi dibandingkan dengan komoditas terpilih lainnya. Hasil kajian menunjukkan bahwa agroforestri dengan tanaman pala akan mencapai nilai karbon dengan ekosistem hutan kerapatan sedang (HK2) berdasarkan pedoman



HCSA dan referensi data lokal berturut-turut pada tahun ke-24 dan tahun ke-28, dengan produksi tanaman pala dapat diperoleh 2 – 5 tahun setelah penanaman. Sedangkan, komoditas pala dapat mencapai nilai stok karbon relatif terhadap ekosistem hutan pada jarak tanam 20 x 20-meter berdasarkan pedoman

HCSA dan data lokal berturut-turut pada tahun ke-45 dan tahun ke 54.

Tanaman alpukat memiliki pertumbuhan yang relatif tinggi. Pada jarak tanam optimal, tanaman alpukat akan mencapai nilai karbon stok sama dengan ekosistem hutan berdasarkan referensi HCSA dan data lokal berturut-turut pada tahun ke-27 dan 32. Namun, tanaman alpukat hanya dapat mencapai ekosistem hutan regeneratif muda pada kurun waktu yang sama apabila jarak tanamnya 20 x 20 m.



Berbeda dengan tanaman pala dan alpukat, tanaman kopi, baik robusta maupun arabika membutuhkan waktu yang jauh lebih lama untuk mencapai nilai karbon sama dengan ekosistem hutan. Pada jarak optimal, tanaman kopi membutuhkan waktu antara 26 hingga 55 tahun untuk mencapai nilai karbon setara dengan ekosistem hutan. Namun pada jarak tanam 20 x 20, dalam kurun waktu yang sama (26 – 55 tahun), tanaman kopi hanya dapat setara dengan ekosistem hutan regeneratif rendah. Informasi detail terkait dengan tahun yang diperlukan untuk setara dengan ekosistem hutan terdapat di tabel di bawah ini.

Tabel 6. Tahun yang dibutuhkan untuk mencapai nilai karbon hutan pada masing-masing komoditas pilihan.

Komoditas	Referensi HCSA		Referensi Data Lokal	
	Tahun mencapai nilai stok karbon hutan untuk jarak tanam optimal	Tahun mencapai nilai stok karbon hutan untuk jarak tanam 20 x 20	Tahun mencapai nilai stok karbon hutan untuk jarak tanam optimal	Tahun mencapai nilai stok karbon hutan untuk jarak tanam 20 x 20
Kopi arabika	26	600	30	720
Kopi robusta	46	1000	55	1200
Pala	24	45	28	54
Alpukat	27	200	32	240

Simpulan

Dalam konteks Cipeuteuy dan Mekarjaya, agroforestri dan penanaman tanaman komoditas dilakukan untuk meningkatkan cadangan karbon pada lahan pertanian yang sebelumnya cenderung didominasi oleh hortikultura yang memiliki signifikansi yang rendah dalam peningkatan cadangan karbon ekosistem juga sebagai diversifikasi produk untuk meningkatkan aset finansial dari masyarakat lokal.

Komoditas tanaman pala, alpukat dan kopi baik jenis arabika dan robusta berdasarkan parameter agroklimatik dinilai sesuai untuk ditanam di wilayah kajian yang berada di Desa Cipeuteuy dan Mekarjaya. Sedangkan pada tingkat kesesuaian lebih lanjut, jenis tanaman tersebut memiliki kelas kesesuaian yang beragam. Mayoritas areal masuk dalam kategori sesuai (S2) untuk komoditas kopi robusta, pala, dan alpukat. Sedangkan kesesuaian tanaman kopi arabika didominasi oleh kesesuaian marginal (S3) dan membutuhkan pengelolaan yang intensif agar hasilnya sesuai dengan yang diharapkan.

Kajian studi preferensi lokal menunjukkan bahwa 89% petani lokal di Cipeuteuy dan Mekarjaya menerima introduksi dari komoditas pala dan kopi. Hal tersebut dipengaruhi oleh musyawarah kelompok tani daerahnya.

Estimasi stok karbon menunjukkan bahwa hutan memiliki cadangan karbon yang paling tinggi dibandingkan dengan kategori penutupan lahan lainnya dengan nilai karbon di

Cipeuteuy yang lebih tinggi dibandingkan dengan Mekarjaya. Hal ini disebabkan karena tutupan hutan di Cipeuteuy cenderung lebih besar dibandingkan dengan Mekarjaya.

Selain itu, hasil kajian juga menemukan bahwa tanaman pala memiliki potensi pertumbuhan biomassa tertinggi diantara beberapa komoditas terpilih lainnya. Untuk mencapai ekosistem agroforestri yang setara dengan nilai karbon hutan, tanaman pala membutuhkan waktu antara 24 hingga 28 tahun pada jarak tanam optimal. Sedangkan, perlu waktu lebih dari 25 tahun untuk tanaman lain dalam regenerasi menjadi ekosistem yang baik secara stok karbonnya. Tanaman kopi memiliki laju pertumbuhan biomassa yang terendah apabila dibandingkan dengan komoditas terpilih lainnya. Namun dalam kurun waktu tertentu, tanaman kopi sudah dapat mencapai nilai stok karbon setara dengan ekosistem hutan regeneratif muda. Sehingga dalam implementasinya, diperlukan variasi dari berbagai komoditas guna meningkatkan diversifikasi serta keragaman jenis dalam satu lanskap kajian.

Rekomendasi

1. Kajian valuasi ekonomi untuk introduksi komoditas terpilih diperlukan untuk ke depannya sehingga informasi benefit yang diperoleh bagi masyarakat dari kegiatan penanaman dapat diketahui
2. Pelatihan terkait dengan pengelolaan pertanian lestari diperlukan di Cipeuteuy dan Mekarjaya guna menghasilkan produksi yang baik serta ramah lingkungan
3. Berdasarkan survei preferensi lokal, ditemukan bahwa partisipasi pemuda dan perempuan dalam pertanian masih sangat terbatas walaupun ditemukan pembagian ruang antara peran perempuan dalam kegiatan pertanian dalam arti luas. Perlu adanya kegiatan peningkatan kesadaran kepada masyarakat lokal terkait dengan regenerasi dalam pengelolaan pertanian
4. Selain itu, perlu fasilitasi dalam akses terhadap pasar dan modal yang lebih baik lagi perlu dilakukan sehingga petani pada level *sourcing* dapat memperoleh benefit yang lebih baik lagi.

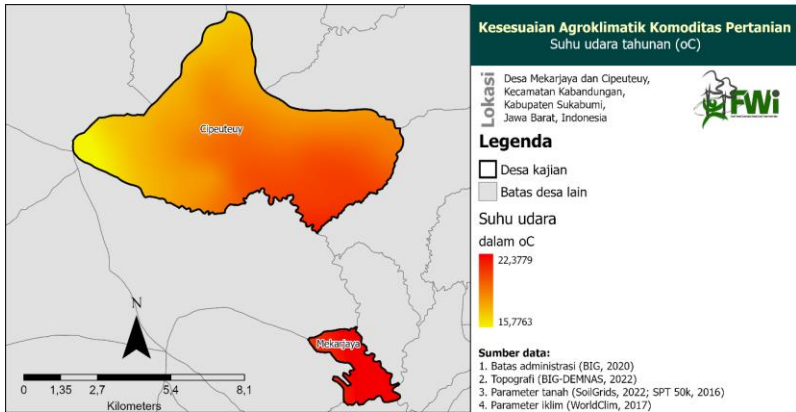
Referensi

- Baccini, A., Walker, W., Carvalho, L., Farina, M., Sulla-Menashe, D., & Houghton, R. A. (2017). Tropical forests are a net carbon source based on aboveground measurements of gain and loss. *Science*, *358*(6360), 230–234. <https://doi.org/10.1126/science.aam5962>
- Blaschke, T. (2010). Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, *65*(1), 2–16. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2009.06.004>
- Breiman, L. (1999). Classification and Regression Trees. In *Chapter 7* (Issue January). <https://doi.org/10.1895/wormbook.1.67.2>
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, *45*(1), 5–32. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>
- Cohen, J. (1960). A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. *Educational and Psychological Measurement*. <https://doi.org/10.1177/001316446002000104>
- Condro, A. A., Setiawan, Y., Prasetyo, L. B., Pramulya, R., & Siahaan, L. (2020). Retrieving the national main commodity maps in indonesia based on high-resolution remotely sensed data using cloud computing platform. *Land*, *9*(10), 1–15. <https://doi.org/10.3390/land9100377>
- Cortes, C., & Vapnik, V. (1995). Support-Vector Networks. *Machine Learning*, *20*(2), 273–297. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0285.2009.00840.x>
- Ghorbanian, A., Kakooei, M., Amani, M., Mahdavi, S., Mohammadzadeh, A., & Hasanlou, M. (2020). Improved land cover map of Iran using Sentinel imagery within Google Earth Engine and a novel automatic workflow for land cover classification using migrated training samples. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, *167*, 276–288. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.07.013>

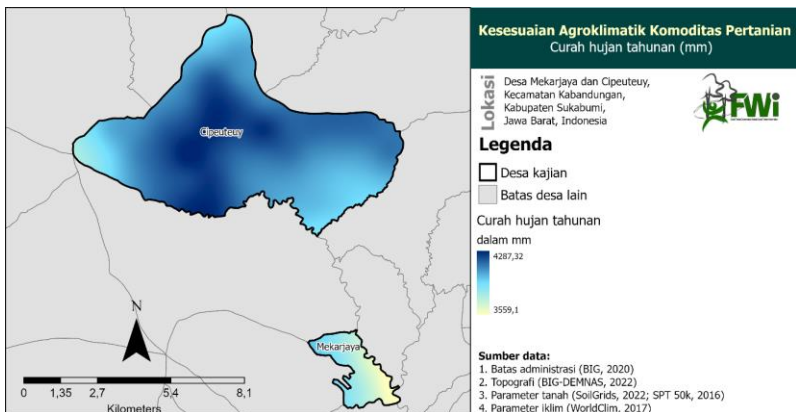
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>
- Harris, N.L., Gibbs, D.A., Baccini, A. et al. Global maps of twenty-first century forest carbon fluxes. *Nat. Clim. Chang.* 11, 234–240 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41558-020-00976-6>
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X., & Ferreira, L. G. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00096-2](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00096-2)
- Kelley, L. C., Pitcher, L., & Bacon, C. (2018). Using google earth engine to map complex shade-grown coffee landscapes in northern Nicaragua. *Remote Sensing*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/rs10060952>
- Laurance, W. F., Goosem, M., & Laurance, S. G. W. (2009). Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. In *Trends in Ecology and Evolution*. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.06.009>
- Liang, X., Guan, Q., Clarke, K. C., Liu, S., Wang, B., & Yao, Y. (2021). Understanding the drivers of sustainable land expansion using a patch-generating land use simulation (PLUS) model: A case study in Wuhan, China. *Computers, Environment and Urban Systems*, 85(April 2020), 101569. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2020.101569>
- Milne, R., & Jallow, B. P. (2005). Basis for consistent representation of land areas. *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*.
- Park, S. S., Im, J., Park, S. S., Yoo, C., Han, H., & Rhee, J. (2018). Classification and mapping of paddy rice by combining Landsat and SAR time series data. *Remote Sensing*, 10(3), 1–22. <https://doi.org/10.3390/rs10030447>
- Phalke, A. R., Özdoğan, M., Thenkabail, P. S., Erickson, T., Gorelick, N., Yadav, K., & Congalton, R. G. (2020). Mapping croplands of Europe, Middle East, Russia, and Central Asia

- using Landsat, Random Forest, and Google Earth Engine. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 167(June), 104–122. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.06.022>
- Roy, D. P., Wulder, M. A., Loveland, T. R., C.E., W., Allen, R. G., Anderson, M. C., Helder, D., Irons, J. R., Johnson, D. M., Kennedy, R., Scambos, T. A., Schaaf, C. B., Schott, J. R., Sheng, Y., Vermote, E. F., Belward, A. S., Bindschadler, R., Cohen, W. B., Gao, F., ... Zhu, Z. (2014). Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. *Remote Sensing of Environment*, 145, 154–172. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.001>
- Varga, O. G., Pontius, R. G., Singh, S. K., & Szabó, S. (2019). Intensity Analysis and the Figure of Merit's components for assessment of a Cellular Automata – Markov simulation model. *Ecological Indicators*, 101(February 2018), 933–942. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.01.057>
- Wich, S. A., Singleton, I., Nowak, M. G., Atmoko, S. S. U., Nisam, G., Arif, S. M., Putra, R. H., Ardi, R., Fredriksson, G., Usher, G., Gaveau, D. L. A., & Kühl, H. S. (2016). Land-cover changes predict steep declines for the Sumatran orangutan (*Pongo abelii*). *Science Advances*, 2(3), 1–9. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1500789>

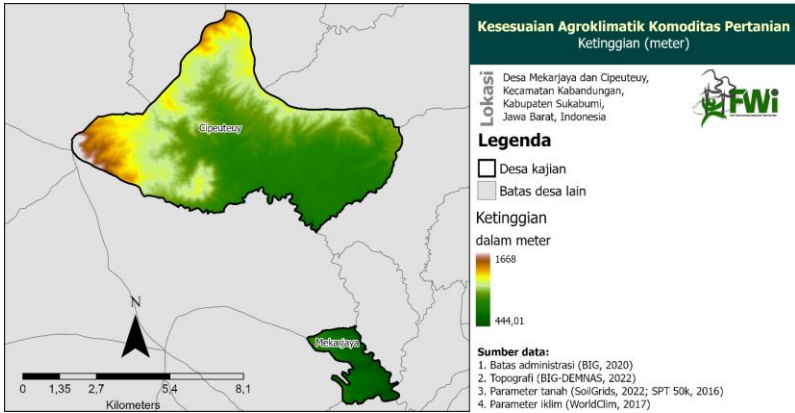
Lampiran



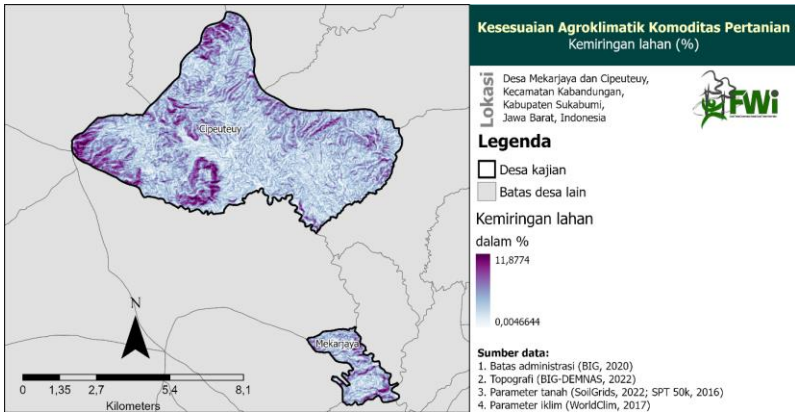
Lampiran 1. Suhu udara di wilayah kajian



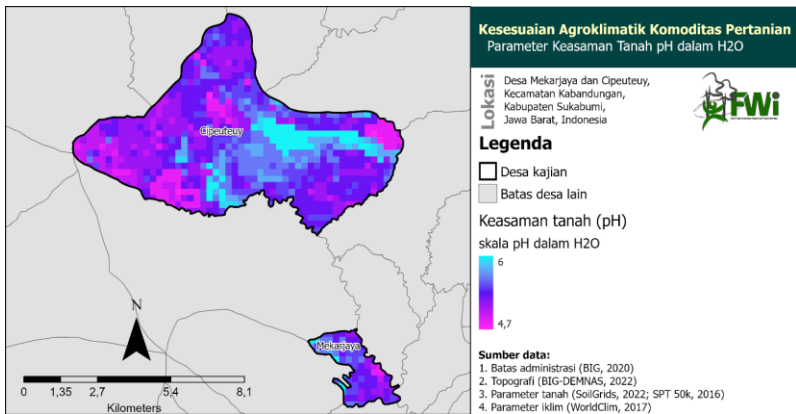
Lampiran 2. Curah hujan tahunan di wilayah kajian



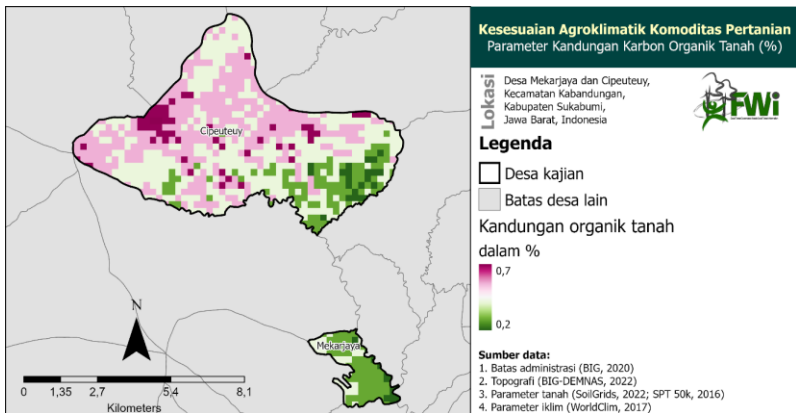
Lampiran 3. Ketinggian wilayah kajian



Lampiran 4. Kemiringan lahan di wilayah kajian



Lampiran 5. Tingkat keasaman (pH) di wilayah kajian



Lampiran 6. Kandungan karbon tanah di wilayah kajian

Lampiran: Kesesuaian lahan untuk komoditas pertanian (BBSDLP)

Kopi arabika (*Coffea arabica*)

Persyaratan penggunaan/ karakteristik lahan	Kelas kesesuaian lahan			
	S1	S2	S3	N
Temperatur (tc)				
Temperatur rerata (°C)	16 - 20	15 - 16 20 - 22	14 - 15 22 - 24	< 14 > 24
Ketinggian tempat dpl (m)	1000 - 1.500	1.500 - 1.700 700 - 1000	1.700 - 2.000 500 - 700	> 2.000 < 500
Ketersediaan air (wa)				
Curah hujan (mm)	1.200 - 1.800	1.000 - 1.200 1.800 - 2.000	2.000 - 3.000 800 - 1.000	> 3.000 < 800
Lamanya masa kering (bulan)	1 - 4	< 1 4 - 5	5 - 6	> 6
Kelembaban (%)	40 - 70	30 - 40 70 - 80	20 - 30 80 - 90	< 20 > 90
Ketersediaan oksigen (oa)				
Drainase	baik	sedang	agak terhambat, agak cepat	terhambat, sangat terhambat, cepat
Media perakaran (rc)				
Tekstur	halus, agak halus, sedang	halus, agak halus, sedang	agak kasar	kasar, sangat halus
Bahan kasar (%)	< 15	15 - 35	35 - 60	> 60
Kedalaman tanah (cm)	> 100	75 - 100	50 - 75	< 50
Gambut:				
Ketebalan (cm)	< 100	100 - 200	200 - 300	> 300
Kematangan	saprik	Saprik, hemik	hemik	fibrik
Retensi hara (nr)				
KTK tanah (cmol)	> 16	5 - 16	< 5	
Kejenuhan basa (%)	> 50	35 - 50	< 35	
pH H ₂ O	5,6 - 6,6	6,6 - 7,3	< 5,5; >7,4	
C-organik (%)	> 2,0	0,8 - 2,0	< 0,8	
Hara Tersedia (na)				
N total (%)	Sedang	Rendah	Sangat rendah	-
P2O5 (mg/100 g)	Tinggi	Sedang	Rendah	-
K2O (mg/100 g)	Sedang	Rendah	sangat rendah Sangat rendah	-
Toksisitas (xc)				
Salinitas (dS/m)	< 0,5	-	0,5 - 2	> 2
Sodisitas (xn)				
Alkalinitas/ESP (%)	-	-	-	-
Bahaya erosi (eh)				
Lereng (%)	< 8	8 - 15	15 - 30	> 30
Bahaya erosi	sangat ringan	Ringan - sedang	berat	sangat berat
Bahaya banjir/genangan pada masa tanam (fh)				
- Tinggi (cm)	-	-	-	25
- Lama (hari)	-	-	-	<7
Penyiapan lahan (lp)				
Batuan di permukaan (%)	< 5	5 - 15	15 - 40	> 40
Singkapan batuan (%)	< 5	5 - 15	15 - 25	> 25

Kopi robusta (*Coffea canephora*)

Persyaratan penggunaan/ karakteristik lahan	Kelas kesesuaian lahan			
	S1	S2	S3	N
Temperatur (tc)				
Temperatur rerata (°C)	20 - 24	24 - 28	18 - 20 28 - 32	< 18 > 32
Ketersediaan air (wa)				
Curah hujan (mm)	2.000 - 3.000	1.750 - 2.000 3.000 - 3.500	1.500 - 1.750 3.500 - 4.000	< 1.500 > 4.000
Lamanya masa kering (bulan)	2 - 3	3 - 5	5 - 6	> 6
Kelembaban udara (%)	45 - 80	80-90 35-45	> 90 30-35	< 30
Ketersediaan oksigen (oa)				
Drainase	baik	sedang	agak terhambat, agak cepat	terhambat, sangat terhambat, cepat
Media perakaran (rc)				
Tekstur	halus, agak halus	sedang	agak kasar	kasar, sangat halus
Bahan kasar (%)	< 15	15 - 35	35 - 60	> 60
Kedalaman tanah (cm)	> 100	75 - 100	50 - 75	< 50
Gambut:				
Ketebalan (cm)	< 100	100 - 200	200 - 300	> 300
Kematangan	saprik	Saprik, hemik	hemik	fibrik
Retensi hara (nr)				
KTK tanah (cmol)	> 16	5 - 16	< 5	
Kejenuhan basa (%)	> 20	≤ 20		
pH H ₂ O	5,3 - 6,0	6,0 - 6,5 5,0 - 5,3	> 6,5 < 5,3	
C-organik (%)	> 1,2	0,8 - 1,2	< 0,8	
Hara Tersedia (na)				
N total (%)	Sedang	Rendah	Sangat rendah	-
P2O5 (mg/100 g)	Tinggi	Sedang	Rendah- sangat rendah	-
K2O (mg/100 g)	Sedang	Rendah	Sangat rendah	-
Toksistasitas (xc)				
Salinitas (dS/m)	< 1	-	1 - 2	> 2
Sodisitas (xn)				
Alkalinitas/ESP (%)	-	-	-	-
Bahaya sulfidik (xs)				
Kedalaman sulfidik (cm)	> 175	125 - 175	75 - 125	< 75
Bahaya erosi (eh)				
Lereng (%)	< 8	8 - 15	15 - 30	> 30
Bahaya erosi	sangat ringan	Ringan - sedang	berat	sangat berat
Bahaya banjir/genangan pada masa tanam (fh)				
- Tinggi (cm)	-	-	25	> 25
- Lama (hari)	-	-	<7	≥ 7
Penyiapan lahan (lp)				
Batuan di permukaan (%)	< 5	5 - 15	15 - 40	> 40
Singkapan batuan (%)	< 5	5 - 15	15 - 25	> 25

Pala (*Myristica fragran* HOUTT)

Persyaratan penggunaan/ karakteristik lahan	Kelas kesesuaian lahan			
	S1	S2	S3	N
Temperatur (tc)				
Temperatur rerata (°C) harian	25 - 30	18 - 24 31 - 34		> 34 < 18
Ketersediaan air (wa)				
Curah hujan (mm)	2.000 - 4.500	1.800 - 2.000	-	< 1.800
Curah hujan (mm)		4.500 - 4.800	-	> 4.800
Kelembaban udara (%)	≤ 75	> 75	-	-
Lama masa kering (bulan)	tanpa	1 - 2	-	> 2
Ketersediaan oksigen (oa)				
Drainase	baik, sedang	agak terhambat	terhambat, agak cepat	sangat terhambat, cepat
Media perakaran (rc)				
Tekstur	sedang, agak halus, halus	agak kasar	kasar, sangat halus	kasar
Bahan kasar (%)	< 15	15 - 35	35 - 55	> 55
Kedalaman tanah (cm)	> 100	75 - 100	50 - 75	< 50
Gambut:				
Ketebalan (cm)	< 100	100 - 200	200 - 300	> 300
Kematangan	saprik	Saprik, hemik	hemik	fibrik
Retensi hara (nr)				
KTK tanah (cmol)	> 16	5 - 16	< 5	
Kejenuhan basa (%)	> 50	35 - 50	< 35	
pH H ₂ O	5,0 - 7,0	4,0 - 5,0 7,0 - 8,0	< 4,0 > 8,0	
C-organik (%)	> 0,4	≤ 0,4		
Hara Tersedia (na)				
N total (%)	Sedang	Rendah	Sangat rendah	-
P2O5 (mg/100 g)	Sedang	Rendah	Sangat rendah	-
K2O (mg/100 g)	Sedang	Rendah	Sangat rendah	-
Toksistas (xc)				
Salinitas (ds/m)	< 5	5 - 8	8 - 10	> 10
Sodisitas (xn)				
Alkalinitas/ESP (%)	< 10	10 - 15	15 - 20	> 20
Bahaya erosi (eh)				
Lereng (%)	< 8	8 - 15	15 - 40	> 40
Bahaya erosi	sangat ringan	Ringan - sedang	berat	sangat berat
Bahaya banjir/genangan pada masa tanam (fh)				
- Tinggi (cm)	-	-	25	> 25
- Lama (hari)	-	-	<7	≥ 7
Penyiapan lahan (lp)				
Batuan di permukaan (%)	< 5	5 - 15	15 - 40	> 40
Singkapan batuan (%)	< 5	5 - 15	15 - 25	> 25

Sumber: Lubis (1992)

Alpukat (*Persea americana*)

Persyaratan penggunaan/ karakteristik lahan	Kelas kesesuaian lahan			
	S1	S2	S3	N
Temperatur (tc)				
Temperatur rerata (°C)	18 - 26	26 - 30 15 - 18	> 30 10 - 15	< 10
Ketersediaan air (wa)				
Curah hujan (mm)	1.200 - 2.000	1.000 - 1.200 > 2.000	750 - 1.000	< 750
Lama bulan kering (bulan)	1-4	< 1 4-5	5 - 6	> 6
Ketersediaan oksigen (oa)				
Drainase	baik, sedang	agak terhambat	terhambat, agak cepat	sangat terhambat, cepat
Media perakaran (rc)				
Tekstur	halus, agak halus	sedang	sangat halus, agak kasar	kasar
Bahan kasar (%)	< 15	15 - 35	35 - 55	> 55
Kedalaman tanah (cm)	> 100	75 - 100	50 - 75	< 50
Gambut:				
Ketebalan (cm)	< 50	50 - 100	100 - 200	>200
Kematangan	saprik	saprik, hemik	hemik	fibrik
Retensi hara (nr)				
KTK tanah (cmol)	> 16	5 - 16	< 5	
Kejenuhan basa (%)	> 35	20 - 35	< 20	
pH H ₂ O	5,0 - 6,5	4,6 - 5,0 6,5 - 7,5	< 4,6 > 7,5	
C-organik (%)	> 1,2	0,8 - 1,2	< 0,8	
Hara Tersedia (na)				
N total (%)	Sedang	Rendah	Sangat rendah	-
P2O5 (mg/100 g)	Sedang	Rendah	Sangat rendah	-
K2O (mg/100 g)	Sedang	Rendah	Sangat rendah	-
Toksisitas (xc)				
Salinitas (dS/m)	< 3	3 - 4	4 - 5	> 5
Sodisitas (xn)				
Alkalinitas/ESP (%)	< 10	10 - 15	15 - 20	> 20
Bahaya erosi (eh)				
Lereng (%)	< 8	8 - 15	15 - 40	> 40
Bahaya erosi	sangat ringan	ringan - sedang	berat	sangat berat
Bahaya banjir/genangan pada masa tanam (fh)				
- Tinggi (cm)	-	-	-	25
- Lama (hari)	-	-	-	<7
Penyiapan lahan (lp)				
Batuan di permukaan (%)	< 5	5 - 15	15 - 40	> 40
Singkapan batuan (%)	< 5	5 - 15	15 - 25	> 25

