

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Pendekatan lanskap terpadu saat ini mendapatkan perhatian yang cukup besar khususnya di daerah tropis karena menunjukkan potensi sebagai kerangka kerja untuk mendamaikan konservasi dan pembangunan, pemulihan keanekaragaman hayati, perlindungan jasa ekosistem, meningkatkan modal sosial, meningkatkan pendapatan masyarakat dan kesempatan kerja serta mengurangi degradasi lahan sekaligus melestarikan sumber daya alam (Tanentzap et al. 2015; Arts et al. 2017; Reed et al. 2017). Pendekatan lanskap menarik sebagai kerangka kerja karena secara eksplisit menyerukan keterlibatan banyak pemangku kepentingan dari lintas sektor untuk menegosiasikan *trade-off* dengan lebih baik dan memaksimalkan sinergi dalam interaksi spasial dalam lanskap yang sama untuk mencapai keberlanjutan (Angelstam et al. 2019; Buck et al. 2020). Menerapkan agroforestri melalui pendekatan pengelolaan lanskap berkelanjutan adalah strategi utama yang dipromosikan untuk diterapkan dalam rangka mencapai sasaran pembangunan berkelanjutan PBB/SDGS di seluruh lanskap produksi/pertanian di dunia (Plieninger et al. 2020; Zinngrebe et al. 2020).

2.1. Konsep Agroforestri

Secara konsep agroforestri merupakan nama kolektif untuk sistem dan teknologi penggunaan lahan di mana tanaman keras berkayu (pohon, semak, palem, bambu, dan lainnya) sengaja ditanam pada satuan pengelolaan lahan yang sama secara bersamaan atau berurutan untuk ditingkatkan, didiversifikasi, dan

dipertahankan manfaat dan fungsi pelestarian lingkungannya dengan tanaman pertanian dan/atau hewan, baik pada bentuk tata ruang maupun urutan waktu yang sama (Lundgren and Raintree 1983; Nair 1991; Atangana et al. 2014). Agroforestri juga dianggap sebagai langkah selanjutnya/*next step* dalam menuju pertanian berkelanjutan/*Sustainable Agriculture* karena mempromosikan dan menerapkan proses perlindungan keanekaragaman hayati sekaligus meningkatkan produksi pangan dengan meminimalkan kerusakan (Wilson and Lovell 2016). Agroforestri juga dipromosikan secara luas sebagai Pertanian Cerdas Iklim/*Climate Smart Agriculture* (CSA) karena tidak hanya ditujukan untuk ketahanan pangan tetapi juga meningkatkan ketahanan dan mitigasi perubahan iklim (Amadu et al. 2020).

2.1.1. Sistem dan Praktik Agroforestri

Dalam tataran konsep agroforestri kata sistem dan praktik agroforestri sering digunakan secara sinonim dalam berbagai literatur agroforestri dan seringkali dianggap tidak begitu signifikan untuk mengetahui ataupun membedakan keduanya. Sistem agroforestri mengacu pada contoh praktik lokal yang spesifik, yang dicirikan oleh lingkungan, jenis tumbuhan dan pengaturannya, pengelolaannya, dan fungsi sosial ekonominya, sedangkan praktik agroforestri menunjukkan ciri khas susunan komponen agroforestri (pohon, semak, rumput, bambu dan tanaman pertanian, holtikultura) dalam skala ruang dan waktu. Secara praktis agroforestri adalah ilmu lama namun baru (Atangana et al. 2014) dan selama berabad-abad telah dipraktikkan secara artistik di seluruh dunia, terutama di negara-negara berkembang di daerah tropis (Nair 1985). Agroforestri adalah definisi yang sederhana namun kompleks dalam praktiknya (Nair 1985; Atangana et al. 2014;

Hughes et al. 2020). Istilah lain yang juga sering digunakan dalam agroforestri adalah teknologi agroforestri yang merujuk pada inovasi atau perbaikan, biasanya melalui intervensi ilmiah, baik untuk memodifikasi sistem atau praktik yang ada, atau mengembangkan yang baru (Nair 1991).

2.1.2. Klasifikasi dan Pola Tanam Agroforestri

Interaksi ekonomi dan ekologi antara komponen sistem merupakan elemen kunci dari praktik agroforestri. Berdasarkan strukturnya/komposisinya, sistem agroforestri dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok: (1) silvopastoral yang terdiri dari padang rumput atau hewan dan pohon; (2) sistem agrosilvopastoral yang terdiri dari tanaman, padang rumput, atau hewan dan pohon; dan (3) agrisilvikultur, yang meliputi tanaman pangan dan pepohonan. Pada klasifikasi ini kemudian ditambahkan akuasilvikultur, yang meliputi ikan dan pohon, apikultur yakni kombinasi lebah dan pohon, tanaman pertanian dan kombinasi lainnya. Sedangkan secara ruang/spasial komponen penyusunnya dapat dicampur, baik secara rapat ataupun jarang, dalam bentuk strip/jalur/baris ataupun tanaman pembatas lahan yang bertujuan untuk mengoptimalkan penggunaan lahan. Sedangkan secara waktu, komponennya bisa dicampur secara bersamaan, bertahap ataupun secara bergantian tergantung berbagai pertimbangan dan tujuan (Tabel 2.1).

Secara struktur/pola tanamnya, agroforestri melibatkan sifat dan susunan unsur-unsur yang membentuk komponen-komponen sistem. Ada beberapa elemen utama dalam sistem agroforestri konvensional: pohon atau perdu, tanaman herba atau hijauan makanan ternak (HMT), dan/atau hewan.

Tabel 2.1. Klasifikasi Agroforestri

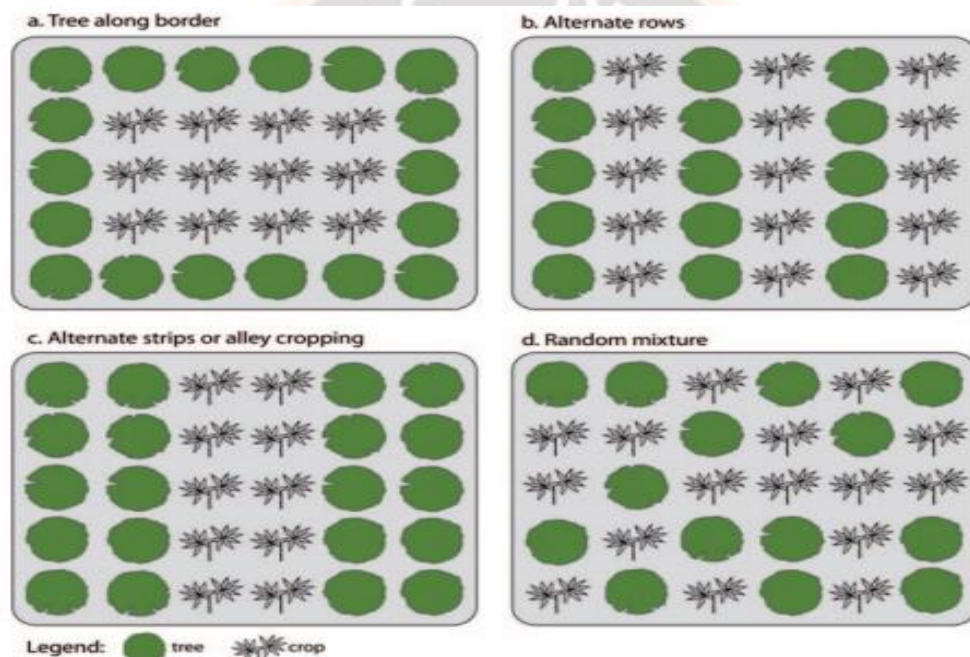
Kategorisasi Sistem (berdasarkan struktur dan fungsinya)			Pengelompokan Sistem (Menurut penyebaran dan pengelolaannya)	
Struktur (Sifat dan susunan komposisi terutama yang berkayu)		Fungsi (Peran dan/atau komposisi hasil/produk, terutama yang berkayu)	Agroekologi/Adaptasi Lingkungan	Tingkat Pengelolaan Sosio Ekonomi
Sifat dari Komposisi	Susunan dari Komposisi			
	Skala Ruang	Fungsi Produksi	Sistem untuk	Input Teknologi
Agrisilvikultur (Tanaman pertanian dan pohon/semak)	Campuran dan Rapat (pekarangan)	Makanan/buah	Dataran Rendah Tropis beriklim lembab	input rendah
Silvopastoral (Binatang dan Pohon)	Campuran dan Jarang (Pohon dipeternakan)	Pakan ternak	Dataran Tinggi Tropis iklim Lembab (diatas 1.200 mdpl)	input sedang
Agrosilvopastoral (Tanaman pertanian, ternak/binatang dan pohon)	Strip/baris/jalur (lebar strip menjadi lebih dari satu pohon)	Kayu bakar Kayu dan produk kayu lainnya	Dataran rendah Tropis beriklim sedang (Zona Savana zone di Afrika, Amerika Selatan)	High Input
Sistem Lainnya (Pohon serbaguna, aquakultur dengan pohon, Apikultur dengan pohon/semak)	Pohon pembatas di tepi petak/lahan	HHBK/Hasil Hutan non Kayu	Dataran tinggi Tropis beriklim sedang (Dataran tinggi di Kenya, Ethiopia)	Berdasarkan pertimbangan untung rugi Komersil/ekonomis Intermediate Subsisten
	Skala Waktu *coincident *concomitant *overlapping *sequential/separate *interpolated	Fungsi Perlindungan Pemecah Angin Shelterbelt/sabuk pengaman Konservasi tanah Konservasi Air Penyubur Tanah Penaung (untuk tanaman, binatang dan manusia)		

(Sumber : Adaptasi dari (Nair 1985; Atangana et al. 2014)

Umumnya, komponen herba hadir dalam sistem agroforestri apa pun, dengan pengecualian peternakan lebah, budidaya dengan pohon, atau asosiasi dua tanaman keras berkayu. Meskipun pada dasarnya banyak sekali berbagai pengembangan dari pola tanam agroforestri, namun pola tanam agroforestri yang banyak digunakan di daerah Tropis umumnya adalah seperti bisa dilihat pada Gambar 2.1.

Pada pola *Trees Along Border/Border tree planting* beberapa jenis pohon yang cepat tumbuh dan cepat menyebar (umumnya dari suku Leguminosae atau Fabaceae) ditanam di sepanjang garis kontur pada daerah-daerah lereng untuk

menghindarkan erosi (*shelterbelt*). Pohon ini seringkali dikombinasikan dengan rumput-rumputan yang sekaligus digunakan sebagai HMT dan merupakan suatu kombinasi antara agrosilvikultur dan silvopastura, di mana pohon-pohonan atau perdu-perdu berkayu ditanam di sekeliling lahan pertanian agar berfungsi sebagai pagar hidup.



Gambar 2.1. Pola tanam agroforestri berdasarkan pola ruang persebaran tanaman (Sumber : (Atangana et al. 2014))

Sedangkan apabila pohon-pohon tumbuh secara merata berdampingan dengan tanaman pertanian, baik sifatnya temporer (misalkan dalam sistem tumpangsari) ataupun permanen (dalam hal ini bisa berbentuk berbagai tanaman campuran atau *plantation crops* dan *other crops*), pola penanaman ini disebut sistem jalur berselang /*alternate rows*. Apabila pohon-pohonan (tumbuhan berkayu) dan tanaman pertanian ditanam dalam bentuk jalur/lorong, dengan fungsi utama pohon-pohonan (tumbuhan berkayu) adalah sebagai pelindung bagi tanaman pertanian

yang ada, pola ini disebut tanaman lorong/*alley cropping*. Sedangkan bentuk pola tanamnya disebut model acak atau *Random Mixture* jika penanaman tegakan pohon atau perdu yang tumbuh/ditumbuhkan tersebar secara tidak merata pada lahan pertanian, dalam hal ini tidak ada model distribusi yang sistematis.

2.2. Keunggulan dan Manfaat Agroforestri

Penanaman pohon di antara tanaman pangan di lahan pertanian memiliki potensi besar baik dari segi mata pencaharian maupun produktivitas (Toth et al. 2017), dan merupakan praktik penting yang menghasilkan pendapatan bagi petani di banyak daerah pedesaan di dunia. Di negara-negara berkembang, tempat dimana sebagian besar populasi masih terus berkembang dan bergantung pada pertanian dan hasil hutan untuk mata pencaharian, penanaman pohon sebagai bagian dari sistem agroforestri merupakan hal lazim yang telah dipraktikkan oleh petani kecil sejak lama (Meijer et al. 2015).

Secara umum berbagai keunggulan dan manfaat Agroforestri, berdasarkan berbagai hasil kajian dari berbagai belahan dunia dapat dijelaskan sebagai berikut ini :

2.2.1. Meningkatkan Produktivitas, Pendapatan dan Keamanan Pangan (Sumber buah, kayu, tanaman obat, serat, madu dan lain sebagainya)

Adopsi agroforestri di lahan pertanian terbukti dapat meningkatkan produktivitas pertanian, dan lebih menguntungkan dalam hal meningkatkan pendapatan dibandingkan penanaman tunggal/monokultur (Bijarpas et al. 2015; Martinelli et al. 2019; Nuddin et al. 2019; Phimmavong et al. 2019). Hasil penelitian lapangan oleh Do et al. (2020) pada uji coba penanaman kelengkeng (*Dimocarpus*

longan Lour.), jagung (*Zea mays* L.) dan rumput yang dilakukan dengan banyak ulangan di dataran tinggi kabupaten Van Chan di Provinsi Yen Bai and Kabupaten Tuan Giao di Dien Bien, pegunungan barat laut Vietnam yang memiliki ketinggian lebih dari 1.267 mdpl menunjukkan bahwa agroforestri berbasis pohon buah kelengkeng, dibandingkan dengan pertanian jagung monokultur lebih menjanjikan. Setelah 3-4 tahun, ketika pohon kelengkeng mulai berbuah, pendapatan dari agroforestri kelengkeng, dan jagung serta rumput jauh lebih tinggi daripada dari budidaya monokultur jagung, bahkan setelah 7 tahun, kombinasi kelengkeng, jagung, rumput serta kombinasi pohon buah (*Docynia indica* (Wall.) Decne) dan rumput hijauan bisa menghasilkan 2-4 dan 3-5 kali lipat pendapatan tahunan rata-rata lebih tinggi dari penanaman jagung secara monokultur.

Pohon di lahan pertanian juga dapat menghasilkan buah, HMT, kayu bakar, serat dan kayu konstruksi yang dapat meningkatkan pendapatan secara langsung melalui penjualan ataupun melalui sistem intensifikasi (Nyaga et al. 2015a; Idris 2019; Pabottingi et al. 2020). Penelitian dari Rahman et al. (2016) pada sistem agroforestri yang ada di lembah Gunung Salak, Jawa Barat, Indonesia menunjukkan bahwa produk dari pertanian menyumbang rata-rata 24% dari pendapatan rumah tangga, berupa hasil dari agroforestri menyumbang Rp 3,25 juta/tahun, sementara hasil pertanian lainnya menyumbang Rp 1,66 juta/tahun.

Agroforestri juga dapat meningkatkan keamanan pangan (Jerneck and Olsson 2013; Duffy et al. 2021). Hasil kajian Coulibaly et al. (2017) terhadap 338 petani di Malawi menunjukkan bahwa adopsi penggunaan pohon pupuk/penyubur jenis *Alderbia* sp dapat meningkatkan produktivitas jagung hingga sebesar 35% dan

menjadi bekal yang cukup untuk cadangan pangan petani. Begitu juga hasil kajian Rahman et al. (2017) dengan membandingkan sistem agroforestri, peladang berpindah dan pertanian monokultur di Gunung Salak Jawa Barat Indonesia dan Banglades, melaporkan bahwa sistem agroforestri telah meningkatkan keamanan mata pencaharian petani. Produk-produk agroforestri membantu rumah tangga petani dalam melalui periode sulit peningkatan kerentanan semisal karena gagal panen, musim kering yang panjang atau adanya petani dan anggota keluarga yang sakit, melalui penjualan buah-buahan atau penjualan hasil kayu sebagai sampingan dari kegiatan subsisten.

2.2.2. Meningkatkan Kesuburan Tanah

Kesuburan tanah di lahan pertanian karena penggunaan pola agroforestri bisa diindikasikan dengan hadirnya mikroba pengurai di tanah (Sauvadet et al. 2019), keberadaan biomasa dan karbon organik tanah/*solid organic carbon* (SOC) (Susilawati et al. 2016; Chatterjee et al. 2019; Chevallier et al. 2019), dan keberadaan jamur mikoriza (Dobo et al. 2018) yang membentuk koloni perakaran subur dengan tanaman penaung. Pada lahan agroforestri kopi naungan ditemukan lebih banyak komunitas mikroba, 64 % lebih banyak dibandingkan kopi monokultur. Selain itu bahan organik tanah lebih besar hingga lebih 10 % , dan ditemukan lebih banyak fauna dan nematoda di agroforestri kopi naungan dibandingkan tanpa naungan (Rigal et al. 2020). Kajian Gunawan (2019) pada plot agroforestri ekaliptus dan plot monokultur tanaman semusim di Garut juga menunjukkan pola tanam agroforestri mampu meningkatkan status kesuburan tanah secara kimia menjadi kategori tinggi. Sebelum penanaman nilai rata-rata kapasitas

tukar kation (KTK) pola agroforestri ekaliptus dan tanaman semusim adalah sebesar 24,72 me/100 gr (sedang), dan C-org 3,54 % (tinggi), namun setelah panen nilai rata-rata KTK adalah sebesar 25,36 me/100gr (tinggi) dan C-org 3,84 % (tinggi). Penggunaan pohon pupuk/legum pada pola agroforestri juga telah dipromosikan sebagai praktik yang berkontribusi pada peningkatan kesuburan tanah melalui fiksasi nitrogen, dengan meningkatkan pasokan nutrisi untuk produksi tanaman (Coulibaly et al. 2017; Thomas et al. 2021).

2.2.3. Mengatasi Ketidakpastian Pasar, Musim, serta Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim

Integrasi berbagai bentuk pengetahuan lokal pada perencanaan agroforestri dapat memungkinkan petani untuk mengatasi tantangan yang muncul sebagai akibat dari perubahan iklim, dan berfluktuasinya harga pasar untuk tanaman komersial dengan lebih baik (Jacobi et al. 2017; Michel et al. 2021). Agroforestri secara luas dianggap sebagai strategi potensial yang akan membantu petani dalam mitigasi dan adaptasi perubahan iklim sekaligus meningkatkan produktivitas pertanian dan berkontribusi pada ketahanan pangan rumah tangga (Mbow et al. 2014; Luedeling et al. 2016).

Pada kasus untuk mengatasi ketidakpastian pasar dan musim, kajian oleh Michel et al. (2021) mengungkapkan para petani cengkeh di wilayah pesisir timur Madagaskar, mengkombinasikan tanamannya dengan vanili. Produk dari pohon cengkeh dan vanili, merupakan bagian terbesar dari ekspor pertanian Madagaskar. Namun meski menjadi produk unggulan, adanya ketidakpastian akan pasar, ketidakpastian musim dan fragmentasi lahan akibat tekanan demografi membuat

petani melakukan inovasi, dan telah berhasil mengembangkan dari generasi ke generasi sistem/pola penanaman cengkeh yang beragam disesuaikan dengan ketidakpastian yang ada. Ada diversifikasi spesies pohon dan diversifikasi penggunaan lapisan bawahnya untuk beraneka tanaman. Sistem agroforestrinya juga telah dikembangkan sesuai dengan usia pohon cengkeh dalam rangka mengatasi fluktuasinya harga cengkeh dunia.

Sementara itu dalam kaitannya dengan mitigasi perubahan iklim, salah satu fungsi terpenting dari sistem agroforestri adalah pengurangan konsentrasi karbon di atmosfer melalui proses penyerapan oleh tanaman ataupun tanahnya melalui proses biogeokimia. Sistem agroforestri menjadi perhatian khusus karena menggabungkan potensi untuk meningkatkan biomassa dan penyimpanan karbon tanah (C) sambil mempertahankan produksi pertanian (Cardinael et al. 2015). Tinjauan Feliciano et al. (2018) di 86 studi tentang penyerapan karbon tanah dan di atas tanah pada berbagai sistem wanatani pada berbagai kondisi iklim dan wilayah di dunia, menyebutkan bahwa lama waktu adalah faktor utama yang mempengaruhi penyerapan karbon di atas tanah, sedangkan iklim paling mempengaruhi penyerapan karbon di dalam tanah. Rata-rata, penyerapan karbon dalam tanah lebih banyak terjadi di sistem agroforestri silvopastoral (4,38 ton C/ha/thn), dan penyerapan karbon di atas tanah lebih banyak terjadi pada lahan bera/*fallow land* (11,29 ton C/ha/thn). Selain itu dalam hal perubahan penggunaan lahan, penyerapan karbon yang terbesar di atas tanah (12,8 ton C/ha/thn) terjadi ketika lahan terdegradasi digantikan oleh lahan bera yang lebih baik dan

penyerapan karbon tanah terbesar (4,38 ton C ha/thn) terjadi saat transisi sistem padang rumput ke sistem silvopastoral.

2.2.4. *Rehabilitas Lahan Kritis/Mengurangi Laju Erosi*

Kajian yang menunjukkan bahwa keberadaan pohon dengan akar-akarnya yang dalam, serta daun-daun dan seresah yang dihasilkan dari sistem agroforestri bisa mengurangi presipitasi air dan infiltrasi air dalam lanskap pertanian telah banyak di kaji oleh para peneliti. Kajian oleh Devianti (2018) tentang agroforestri jati belanda dengan berbagai macam tanaman bawah di DAS Cianter Limbangan Jawa Barat menunjukkan bahwa tingkat laju limpasan permukaan rata-rata dan erosi rata-rata pada sistem tanam agroforestri dengan pengelolaan tanaman pertanian monokultur (cabe rawit lokal) adalah 0,94 mm dan 101,23 kg/ha. Angka tersebut lebih besar dari tingkat laju limpasan permukaan rata-rata dan erosi rata-rata pada sistem tanam agroforestri dengan pengelolaan tanaman pertanian tumpangsari (kunyit, jagung, kacang merah) yang hanya 0,55 mm, dan 55,65 kg/ha. Sementara itu kajian lainnya oleh Ngadisih et al. (2020) di DAS Merawu Kabupaten Banjarnegara juga menunjukkan bahwa laju infiltrasi pada lahan pertanian kentang monokultur dengan pemodelan Horton mencapai 340 mm/jam, jauh lebih besar daripada agroforestri yang hanya 254 mm/jam, dan tentunya hal itu akan mempengaruhi tingkat erosivitas pada lahan pertanian.

Peran naungan/kanopi pada pola agroforestri pada proses perlindungan dan pemanfaatan air juga banyak dikaji oleh para peneliti. Berdasarkan kajian de Carvalho et al. (2020) yang meneliti pengaruh penanaman pohon terhadap iklim mikro di perkebunan kopi Araponga Brasil, proses kehilangan air dari berbagai

proses di agroforestri kopi naungan mencapai 150 L/ha, jauh lebih rendah daripada agroforestri kopi tanpa naungan yang bisa mencapai 338 L/ha.

2.2.5. Meningkatkan Keanekaragaman Hayati

Kajian Hadi et al. (2016) di perbukitan Menoreh Kabupaten Kulon Progo menunjukkan bahwa keanekaragaman jenis tumbuhan bawah cenderung semakin tinggi pada lokasi yang lebih tinggi dan jenis tumbuhan bawah di agroforestri pekarangan lebih banyak ditemukan dibandingkan di tegalan pada semua zona ketinggian tempat. Tumbuhan bawah yang berhasil teridentifikasi sebanyak 41 jenis, 28 jenis di antaranya dimanfaatkan masyarakat sebagai bahan obat, antara lain untuk penyakit kulit, demam dan beberapa penyakit degeneratif seperti hipertensi, kanker, asam urat, asma dan sebagainya. Peningkatan keanekaragaman hayati juga ditemukan pada kajian Barrios et al. (2018) pada enam lanskap agroforestri yang berbeda-beda. Pada skala lanskap, peningkatan tutupan pohon pada lahan pertanian bekas konversi hutan berkontribusi untuk memelihara 93% penyerbuk tanaman yang biasa ditemukan di hutan alam. Kajian lainnya dari Nyaga et al. (2015a) yang mengevaluasi adopsi agroforestri dan praktik dalam pertanian petani kecil di bekas area penanaman jagung skala besar di Kabupaten Nzomia, Kenya telah mengidentifikasi adanya 44 pohon/semak spesies, dengan 24 di antaranya spesies asli dan sisanya eksotis. Selain itu jenis pohon buah-buahan, tanaman HMT dan pohon penyubur/legum juga ditemukan lebih beragam dibandingkan perladangan jagung monokultur.

Hasil kajian lainnya disampaikan Chang et al. (2018) dan Narango et al. (2019) yang meneliti kelimpahan burung migrasi karena pengaruh kerapatan

kanopi/naungan kopi menunjukkan bahwa burung-burung migrasi lebih banyak ditemukan pada agroforestri yang kanopinya lebih rapat, dan salah satunya dipengaruhi oleh banyaknya serangga bukan hama yang menjadi sumber makanan para burung. Kajian oleh Colorado Z et al. (2018) juga mengemukakan bahwa keanekaragaman burung migrasi berkisar 11 - 21 spesies, lebih banyak ditemukan pada agroforestri kopi yang rapat dan banyak bunga.

2.2.6. Meningkatkan Kesehatan Tanaman/Ekosistem

Peningkatan keanekaragaman jenis pohon dapat mengurangi risiko hama dan penyakit dibandingkan dengan penanaman monokultur ataupun hanya menumbuhkan beberapa spesies pohon di seluruh lanskap (Barrios et al. 2018; Harrison et al. 2019; Gagliardi et al. 2020). Kesehatan tanaman/habitat berkaitan erat dengan serangan hama penyakit tanaman dan reaksi dari tanaman/habitat untuk mengatasinya (Cerdeira et al. 2020). Salah satu yang mengkaji peran naungan pada kesehatan tanaman/habitat dilakukan oleh Atallah et al. (2018) yang menggunakan pemodelan bioekonomi dengan membandingkan ada tidaknya naungan pada agroforestri kopi terhadap kualitas serangan hama penggerek kopi. Adanya naungan bisa mengurangi kualitas serangan hama penggerek kopi, dan tingkat paparannya akan menurun signifikan jika tingkat tutupan naungan berkisar antara 11 - 34 %, dengan angka optimal 25 %. Penelitian lainnya oleh Gagliardi et al. (2020) menyatakan bahwa penghambatan terhadap penyebaran spora hama jamur kopi lebih tinggi pada kanopi daun yang rapat di bandingkan daun yang jarang dan terbuka.

2.3. Definisi dan Konsep Adopsi Agroforestri

Penelitian-penelitian sebelumnya memang telah banyak mengidentifikasi banyak faktor kompleks yang berkontribusi pada kurangnya adopsi penanaman pohon di lahan pertanian termasuk kegagalan skema reboisasi di masa lalu, kurangnya kesadaran akan manfaat pohon, persepsi, volatilitas dan risiko pasar, atau hanya kurangnya waktu dan uang. Namun, kajian adopsi dari sisi perspektif petani pemilik lahan masih kurang keberadaannya, padahal memahami adopsi agroforestri dari perspektif petani bisa membantu memahami dan mengevaluasi penelitian ekstensif yang telah dilakukan pada lanskap pertanian, dan bisa dijadikan dasar untuk langkah selanjutnya meningkatkan adopsi (Fleming et al. 2019)

Adopsi atau mengadopsi secara harfiah berarti menerima, namun fakta bahwa agroforestri adalah kata yang relatif baru untuk serangkaian praktik lama, menyebabkan definisi adopsi, khususnya untuk agroforestri bisa menjadi lebih luas. Dalam konteks agroforestri sebagai suatu inovasi ataupun teknologi, adopsi agroforestri bisa memiliki makna lebih luas yaitu mencoba, memodifikasi, memperluas, memasukkan, dan meneruskan praktik yang telah ada, termasuk didalamnya adalah paket perubahan dinamis dalam skala ruang dan waktu (Nair 1985; Amare and Darr 2020). Model adopsi, teori dan variabel adopsi inovasi/teknologi agroforestri seringkali merupakan hal yang kompleks dan prosesnya nonlinier serta dipengaruhi oleh berbagai faktor. Tidak ada model adopsi yang tunggal atau teori yang secara individual mampu sepenuhnya menganalisis dan menjelaskan proses pengambilan keputusan petani sehubungan dengan adopsi

inovasi/teknologi agroforestri (Sanou et al. 2019; Amare and Darr 2020; Jha et al. 2021).

Pada berbagai penelitian tentang adopsi agroforestri yang telah ada, konsep dan batasan yang dilakukan oleh para peneliti tentang apa makna dan arti adopsi tergantung dari konteks, tujuan dan persepsi peneliti. Sebagai contoh Jha et al. (2021), membedakan pengadopsi/*adopter* agroforestri jika petani yang diteliti terus melakukan praktik agroforestri (mempertahankan pohon/MPTS yang telah ada) dan menanam setidaknya satu pohon dalam setahun terakhir, sedangkan bukan pengadopsi/*non-adopter* jika petani berhenti melakukan agroforestri dan tidak menanam pohon baru selama rentang satu tahun. Sementara itu Sanou et al. (2019) dan Mahmood and Zubair (2020) membedakan *adopter* dan *non-adopter* agroforestri berdasarkan wawancara di lapangan apakah ada pohon/MPTS dilahannya, sedangkan Rahman et al. (2017) membedakan antara pengadopsi agroforestri dengan pengadopsi monokultur, berdasarkan kegiatan yang paling dominan di lahan pertaniannya. Di sisi lain kajian di Vietnam oleh Nguyen et al. (2021) membedakan pengadopsi dan nonpengadopsi berdasarkan keterlibatan petani dalam proyek agroforestri, sedangkan nonpengadopsi untuk kelompok tani yang tidak mempraktikkan agroforestri di ladang pertanian. Sementara itu Etshekape et al. (2018), pada penelitiannya di dua wilayah agroklimat, yaitu perkotaan dan pinggiran kota Kinshasa Kongo membedakan *adopter* agroforestri di lahan perkebunan, dan *adopter* agroforestri di pekarangan berdasarkan keberadaan pohon di lahan atau halaman rumah responden berdasarkan hasil survei. Sedangkan Coulibaly et al. (2017) di Malawi mendefinisikan *adopter* sebagai

rumah tangga yang menanam atau memelihara satu atau lebih spesies pohon penyubur/pupuk dan semak secara terus menerus selama lima tahun, dari tahun 2008 saat program *Agroforest* diluncurkan hingga saat penilaian pada tahun 2013. Sedikit berbeda konsep pengadopsi yang digunakan oleh Mattia et al. (2018) dalam kajiannya dalam perencanaan pengembangan model *Multifunctional Perennial Cropping* (MPC) di Amerika. Para petani responden dianggap memiliki potensi sebagai pengadopsi MPC jika pertanyaan tentang kesiapan untuk mengadopsi MPC dalam survei lewat surel/*email* di jawab “ya”, dan tidak berpotensi sebagai pengadopsi agroforestri jika jawabannya adalah “tidak.”

2.4. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Adopsi Agroforestri

Mengacu pada Dinh et al. (2017) dan Sanou et al. (2019), faktor-faktor yang mempengaruhi adopsi agroforestri oleh petani pada lahan pertanian pada dasarnya ditentukan oleh kombinasi antara karakteristik sosial ekonomi rumah tangga petani, karakteristik biofisik lahan dan faktor dukungan kelembagaan/institusi.

2.4.1. Karakteristik Sosial Ekonomi Rumah Tangga dan Persepsi

Secara umum banyak penelitian yang mengkaji bagaimana karakteristik sosio ekonomi rumah tangga petani dan persepsi petani berpengaruh pada keputusan petani untuk mengadopsi agroforestri di lahan pertaniannya, namun sayangnya sebagian besar lokusnya berada di negara-negara tropis di Benua Afrika. Beberapa diantaranya adalah kajian Coulibaly et al. (2017) di Malawi dengan menggunakan data evaluasi proyek agroforestri dari kurun waktu tahun 2008 sampai 2013. Dari 338 sampel rumah tangga, 70 % atau 248 orang diantaranya pernah mengikuti

proyek/program agroforestri, dan 51 % diantaranya tetap mempertahankan keberadaan pohon penyubur/legum dilahannya selama lima tahun berturut turut dan dianggap sebagai pengadopsi agroforestri. Keikutsertaan dalam kegiatan pemerintah punya pengaruh yang signifikan terhadap tingkat adopsi. Faktor lain yang signifikan adalah pekerjaan kepala rumah tangga, penggunaan benih bibit unggul jagung, frekuensi penyuluhan, jumlah training agroforestri dan persepsi petani tentang lahan terdegradasi yang juga meningkatkan adopsi pohon pupuk di lahan pertanian. Kajian lainnya dilakukan oleh Ashraf et al. (2015) pada lahan perkebunan dari 176 rumah tangga petani di 34 desa di Uttar Pradesh Barat India. Faktor-faktor yang ditemukan berkorelasi positif dan signifikan dengan penanaman pohon adalah ukuran kepemilikan tanah, pendapatan total tahunan, luas lahan irigasi dan pengalaman sebelumnya dengan penanaman pohon. Sementara itu Mahmood and Zubair (2020) pada penelitiannya terhadap 160 petani dari 6 desa di wilayah Punjab Pakistan, mengungkapkan adanya persepsi positif tentang praktik agroforestri karena pemahaman berbagai manfaat dari menanam pohon, dibandingkan dengan bercocok tanam monokultur di mana petani merasa menghadapi berbagai kendala, dan hal tersebut menyebabkan peningkatan minat menanam pohon. Di sisi lain akses kredit yang buruk, bahaya bencana alam, dan sedikit dukungan dari *stakeholder* tingkat lokal, mempengaruhi keputusan petani untuk menanam pohon.

Sementara itu Magugu et al. (2018) pada penelitiannya di Kenya mengungkapkan bahwa meskipun promosi agroforestri secara masif telah dilakukan oleh berbagai lembaga nasional dan internasional, namun adopsi teknologi agroforestri masih sangat minim di dataran tinggi Kenya. Petani dengan

lahan pertanian yang lebih luas dan pendidikan yang lebih tinggi lebih mungkin untuk mengadopsi teknologi baru. Selain itu, petani lebih cepat mengadopsi teknologi jika memiliki peningkatan hasil panen dan tinggal lebih lama di daerah penelitian. Umumnya, petani yang lebih kaya cenderung mengadopsi lebih banyak teknologi agroforestri daripada yang memiliki pendapatan lebih sedikit.

Kajian Jha et al. (2021) untuk memahami faktor-faktor paling signifikan yang mempengaruhi adopsi agroforestri dari 697 petani kecil di Tanzania menunjukkan bahwa hanya 71 petani (10,19%) yang melaporkan menanam pohon baru dan aktif mempraktikkan agroforestri. Petani yang menjadi bagian dari proyek agroforestri, dapat menyewa tanah dan memiliki sumber bibit lebih mungkin untuk mengadopsi agroforestri. Persepsi petani terkait curah hujan dan kesuburan tanah secara statistik menunjukkan signifikan, namun pada kenyataannya menunjukkan kurangnya kesadaran tentang manfaat konservasi tanah dan air dari agroforestri sehingga tidak mempengaruhi tingkat adopsi di lapangan.

Pada kajian lainnya, ketersediaan tenaga kerja/buruh dari rumah tangga petani, serta usia peladang ditemukan menjadi faktor yang paling signifikan pada para petani pengadopsi *Acacia auriculiformis* pada Dataran Tinggi Bate'ke' di republik Kongo untuk melanjutkan praktik bera/*fallow land* (Kachaka et al. 2020). Sedangkan pada studi evaluasi adopsi dan praktik agroforestri di pertanian skala kecil di bekas area penanaman jagung skala besar di Kabupaten Nzomia, Provinsi Lembah Rift, Kenya, Nyaga et al. (2015a) mengungkapkan bahwa rumah tangga dengan sumber daya terbatas lebih menyukai jenis pohon buah-buahan dan memelihara pohon dengan keragaman varietas yang lebih tinggi/beraneka di

ladang. Selain itu rumah tangga dengan kepemilikan lahan yang aman dan luas juga memiliki keanekaragaman pohon yang lebih tinggi, memiliki kekayaan spesies yang lebih tinggi dan lebih memilih tanaman HMT dan pohon pupuk/kayu bakar yang cepat tumbuh. Di Indonesia, pada penelitian yang dilakukan oleh Martin et al. (2016) terhadap para petani kopi di dataran tinggi Sumatera Selatan, khususnya di 3 kecamatan di Semende, Muara Enim ditemukan fakta bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi adopsi agroforestri penanaman pohon bambang lanang (*Michelia champaca*) sebagai tanaman penayang di lahan perkebunan kopi rakyat antara lain adalah status tanah/penguasaan tanah apakah itu berupa tanah sewa atau tanah pinjam dari keluarga besar.

2.4.2. Faktor Biofisik Lahan (Lokasi dan luas lahan, karakteristik tanah, status degradasi tanah, iklim dan ketersediaan air)

Kajian Iiyama et al. (2017) di wilayah negara bagian Oromia Etiopia yang dilakukan untuk mengevaluasi dua program peningkatan adopsi pohon yaitu pada petani pengelola pohon regenerasi alami (*Farmer Managed Natural Regeneration-FMNR*) dan petani pengelola agroforestri bernilai tinggi (*High Value Agroforestry-HVAF*) mengungkapkan bahwa kondisi iklim, kondisi biofisik lahan yang buruk, keberadaan lahan landai, dan fleksibilitas dan aksesibilitas lokasi lahan mempengaruhi adopsi FMNR dan HVAF di wilayah tersebut. Hal itu senada dengan kajian Nigussie et al. (2017) pada agroforestri Taungya berbasis *Acacia decurrens* di distrik Fagita Lekoma Ethiopia. Pada survei terhadap 200 rumah tangga petani yang dipilih secara acak di wilayah tersebut diketahui bahwa keputusan petani untuk mengalokasikan lahan untuk menanam *Acacia decurrens*

dipengaruhi oleh letak/lokasi lahan marginal dan keberadaan plot yang berada di lahan marginal yang ditemukan meningkatkan kerapatan penanaman pohon. Sedikit berbeda dengan kajian Dinh et al. (2017) yang menyebutkan bahwa pada rumah tangga pedesaan di Provinsi Lam Dong dataran tinggi tengah Vietnam cenderung tidak menanam pohon di tanah abu-abu ataupun tanah basaltik, yang dianggap subur dan lebih diprioritaskan untuk tanaman yang dinilai lebih komersial daripada pohon seperti teh dan kopi, sehingga pohon lebih banyak ditanam pada lahan miring, jauh lebih banyak jika dibandingkan di lahan pertanian yang lebih landai dan subur.

Keberadaan sumber air dalam mempengaruhi tingkat adopsi pohon di lahan pertanian juga menjadi salah satu kajian dari beberapa penelitian, seperti kajian Dai et al. (2017) di Daerah Otonomi Uygur Xinjiang (*Xinjiang Uyghur Autonomous Region* - XJUAR) di barat Cina. Dari 352 rumah tangga petani yang mengadopsi program pemerintah untuk penanaman pohon buah-buahan kenari dan jujube, terungkap adanya peningkatan permintaan air secara drastis, karena pohon buah-buahan mengkonsumsi lebih banyak air daripada tanaman utama yang berupa gandum dan kapas. Program tersebut juga telah memperparah masalah akses terhadap air irigasi, sementara rumah tangga yang mau mengadopsi agroforestri tetap hanya mendapat alokasi air yang sama dengan sebelum lahan petani di tumpangsarikan, akibatnya selain menyebabkan penurunan produksi kapas, jagung dan gandum, juga menyebabkan penurunan minat untuk mengadopsi program tumpangsari. Kajian Jara-Rojas et al. (2020) di Kolombia juga menyebutkan secara

biofisik variabel terkait dengan keberadaan mata air cenderung meningkatkan intensitas adopsi agrosilvopastoral berbasis peternakan sapi.

Sementara itu, pada survei terhadap 480 rumah tangga di tiga wilayah ketinggian/agroekologi di Rwanda, Ndayambaje et al. (2012) mengungkapkan bahwa lokasi geografis rumah tangga petani mempengaruhi kehadiran/jumlah pohon yang berbeda spesies di lahan. Letak geografis/zona agroekologi dan lokasi lahan juga mempengaruhi pola adopsi dan jenis tanaman pada berbagai jenis praktik agroforestri pada berbagai lahan pertanian konvensional di zona selatan Tigray Ethiopia (Gebru et al. 2019). Sedangkan kajian lainnya dari Etshekape et al. (2018) menemukan adanya variasi dan perbedaan jenis pohon dan tanaman pangan pada lahan pertanian dan kebun di daerah perkotaan dan pinggiran kota, wilayah Kinshasa. Selain itu daun pohon yang kecil dianggap akan lebih mudah terdekomposisi mempengaruhi kesuburan tanah dan tembus sinar matahari menjadi prioritas untuk dikombinasikan dengan tanaman utama (jagung, kacang, sorgum) pada lahan pertanian di Desa Candalia Barat Honduras (Pauli et al. 2012).

2.4.3. *Faktor Institusi/Kelembagaan (Kebijakan pemerintah, status kepemilikan tanah, bantuan teknis dan penyuluhan, partisipasi di kelompok tani, pasar)*

Dalam konteks kebijakan dan kelembagaan sebagai faktor yang mempengaruhi adopsi agroforestri, menurut Ndlovu and Borrass (2021) dalam reviewnya terhadap penelitian kelembagaan dan kebijakan dalam agroforestri di Afrika Selatan dan negara berkembang lainnya, masih banyak ditemukan hambatan antara lain kurangnya kelembagaan dan kebijakan rumah/penempatan yang jelas untuk agroforestri. Agroforestri masih menjadi sektor yang abu-abu diantara

pertanian dan kehutanan, dan hal ini menyebabkan koordinasi yang buruk antara berbagai *stakeholder*. Kajian Arvola et al. (2020) di Indonesia, Laos, Tanzania, Uganda, dan Vietnam menunjukkan bahwa adanya pasar kayu yang berfungsi dengan baik dikombinasikan dengan insentif langsung secara signifikan menjadi pendukung program penanaman pohon, sementara insentif tidak langsung tidak signifikan sebagai faktor pendukung adopsi pada negara-negara tersebut. Begitu juga kajian Ruseva et al. (2015) terhadap para pemilik tanah pribadi di Midwest Amerika Serikat menunjukkan bahwa kebijakan subsidi biaya dan pemberian insentif ekonomi, seperti bibit murah dan gratis, serta peningkatan kapasitas para pemilik lahan antara lain melalui promosi agroforestri dan penyuluhan secara signifikan meningkatkan peluang dan partisipasi para pemilik lahan dalam penanaman pohon.

Pada beberapa negara di Asia yang mendasarkan status lahan pada kepemilikan negara, seperti Vietnam dan China, jaminan kepemilikan lahan menjadi faktor yang sangat mempengaruhi keputusan petani untuk mengadopsi agroforestri ataupun tidak mengadopsi di lahan pertanian (Rao et al. 2016; Dinh et al. 2017). Hal berbeda ditemukan pada sistem kepemilikan dan pewarisan lahan di Semende, sebuah wilayah dataran tinggi di Kabupaten Muara Enim, Sumatera Selatan dimana ada tradisi bahwa lahan keluarga harus di kelola oleh *Tunggu Tubang* (anak perempuan yg diberi kuasa kelola) menyebabkan para petani penyewa ataupun anggota keluarga lainnya yang secara hak mempunyai hak menggunakan lahan, enggan menanam pohon pada lahan sewa. Hal itu karena pertimbangan masa panen kayu yang lama bisa melebihi masa sewa, harus

mendapat persetujuan keluarga lainnya dan status panennya juga menjadi milik bersama (Martin et al. 2016).

Skema Imbal Jasa Lingkungan/*Payment Ecosystem Services* (PES) pada integrasi *faidherbia albida* (pohon pupuk) dalam sistem pertanian monokultur pada program CSA (*Climate Smart Agroforestry*) di Ethiopia selain dapat meningkatkan tutupan pohon juga meningkatkan keamanan pangan para petani. Petani menganggap memperoleh utilitas yang lebih tinggi dari pembayaran di muka dan petani juga sangat menyukai makanan sebagai cara pembayaran daripada uang tunai. Selain itu, rendahnya jumlah pohon yang wajib ditanam dan kontrak jangka pendek adalah atribut penting yang secara positif mempengaruhi keputusan petani untuk mengambil pengaturan kontrak untuk menanam pohon di lahan pertanian (Haile et al. 2019). Sementara skema menarik lainnya tentang PES dilakukan di Uttar Pradesh, India, dimana skema pembayarannya bukan dari jumlah pohon poplar yang ditanam di ladang gandum oleh petani, namun menggunakan skema pembayaran dari asimilasi limbah nitrat yang terserap oleh pohon poplar di sekitar sumber air berdasarkan luasan lahan juga menarik minat petani untuk menanam dan mempertahankan pohonnya hingga akhir rotasi (Ranjan 2020).

2.5. Kendala/*Barrier* dan Motivasi untuk Adopsi Agroforestri

Terlepas dari semua potensinya, dan meskipun promosi agroforestri secara masif telah dilakukan oleh berbagai lembaga nasional dan internasional di banyak negara berkembang pemanfaatan dan adopsi agroforestri masih tetap rendah terutama di kalangan petani kecil (Zomer et al. 2016; Magugu et al. 2018). Hal itu

bisa jadi mengindikasikan adanya kendala/hambatan ataupun pendorong/motivasi pada petani untuk memutuskan mengadopsi agroforestri di lahan pertanian. Meskipun terkadang sedikit sulit membedakan antara faktor-faktor yang mempengaruhi keputusan adopsi petani dengan istilah kendala/*barrier* ataupun pendorong/motivasi adopsi agroforestri, namun sebenarnya banyak penelitian yang baik secara implisit ataupun eksplisit melakukan penelitian tentang hambatan ataupun motivasi adopsi agroforestri.

2.5.1. *Barrier/Kendala Adopsi Agroforestri*

Untuk lebih memudahkan pemahaman, penulis membaginya ke dalam beberapa subfaktor kendala seperti berikut ini.

1) *Ekonomi*

Salah satu faktor yang dianggap menjadi kendala dan hambatan utama adopsi agroforestri dari aspek ekonomi, diantaranya adalah biaya setting awal/investasi awal yang mahal, adanya penurunan produktivitas dan waktu panen pohon/tanaman buah-buahan yang lebih lama. Penelitian Do et al. (2020) melaporkan biaya investasi awal yang lebih tinggi daripada budidaya tanaman tunggal/monokultur, menyebabkan kesulitan bagi rumah tangga petani miskin untuk mengadopsi agroforestri. Penanaman jagung secara monokultur di dataran tinggi Van Chan Vietnam dilaporkan hanya memerlukan biaya investasi tahunan rata-rata 670 USD/ha, sedangkan biaya penanaman awal kelengkeng monokultur dan sistem agroforestri kelengkeng, jagung dan pakan rumput masing-masing bisa mencapai 3,7 kali lipat dan 3,2 kali lipat lebih tinggi. Hal yang sama dilaporkan oleh Rahman

et al. (2017) pada kajiannya tentang praktik agroforestri, monokultur dan perladangan bahwa selain kurang motivasi, di Indonesia kekurangan modal adalah faktor utama yang diidentifikasi sebagai penghambat investasi awal dalam agroforestri oleh 80% petani yang disurvei.

Dari sisi produktivitas, banyak penelitian yang mengkaji potensi agroforestri dapat meningkatkan produktivitas. Di sisi lain ada juga beberapa penelitian yang mengungkapkan fakta sebaliknya yang bisa menjadi kendala/penghambat adopsi agroforestri. Sebagai contoh, karena mengadopsi agroforestri dengan memasukkan tanaman kenari dan jujube pada tanaman utama lokal kapas dan gandum, beberapa petani di Uighur Xinjiang China melaporkan produksi kapas di ladang tumpangsari mengalami penurunan produksi hingga 30% per hektar. Sedangkan penurunan yang dialami untuk jagung dan gandum musim dingin masing-masing sekitar 55% dan 20% (Dai et al. 2017). Kajian lainnya dari Pardon et al. (2018) di 16 lahan agroforestri di Belgia juga menunjukkan adanya pengurangan hasil dan kualitas substansial jagung dan kentang khususnya pada penanaman di sekitar barisan pohon yang berumur tua.

Waktu panen pohon yang lama ataupun pengembalian biaya investasi yang lama juga dilaporkan menjadi kendala adopsi agroforestri kopi oleh petani di di Semende, Sumatera Selatan (Martin et al. 2016). Sedangkan kajian lainnnya oleh Martinelli et al. (2019) di kota Bonito Brasil mengungkapkan bahwa pengembalian investasi dalam agroforestri yang terutama bergantung pada variabel meteorologi/iklim dan pasar yang keduanya tidak dapat dikendalikan serta *sales return*/nilai pengembalian yang lebih rendah saat umur 1 sampai 2 tahun pertama

pola agroforestri juga menjadi pertimbangan dan keengganan petani untuk menerapkan agroforestri berbasis Eukaliptus.

2) Biofisik

Dari faktor biofisik, cuaca ekstrem seperti salju dan es, serta bencana alam dan kekeringan dilaporkan sebagai kendala lain untuk adopsi agroforestri di Xinjiang China (Rao et al. 2016). Sementara di sisi lain persaingan untuk mendapatkan air antara tanaman semusim (gandum dan kapas) dengan tanaman buah (kenari dan jujube) serta pola distribusi air yang tidak merata menjadi kendala agroforestri lainnya (Dai et al. 2017). Pada kajian Gebru et al. (2019) tentang berbagai faktor yang membatasi adopsi penanaman pohon di dataran tinggi Tigray pada 147 lahan pertanian, diperoleh hasil bahwa kekurangan air menjadi persentase terbesar kendala yang membatasi penanaman pohon di lahan pertanian sebesar 34,7 %, kekurangan lahan 27,2 %, pendapatan yang rendah 16,3 % dan kekurangan bibit sebesar 10,9 %. Sementara itu kekurangan lahan dilaporkan juga menjadi penyebab keengganan petani di Punjab Selatan Pakistan untuk mengadopsi agroforestri (Mahmood and Zubair 2020).

3) Sosial Budaya dan Persepsi

Petani yang enggan/malas untuk mengadopsi agroforestri tanpa menyebutkan alasannya ditemukan menjadi hambatan utama introduksi agroforestri di berbagai wilayah dunia (Louah et al. 2017; Rahman et al. 2017; Mahmood and Zubair 2020). Sementara dari sisi sosial, salah satu penelitian tentang hambatan agroforestri yang menarik dikaji oleh Louah et al. (2017) di dua subwilayah yang kontras di Wallonia,

Belgia Selatan dengan mengkaji berbagai hambatan untuk pengembangan agroforestri dari sisi persepsi tiga pemangku kepentingan utama selain petani, yaitu dari sisi persepsi NGO, Pemerintah dan para ahli. Berdasarkan konsensus persepsi dari tiga *stakeholder*, status lahan sewa dan pengembalian finansial jangka pendek yang sulit di agroforestri menjadi hambatan utama karena pada kenyataannya di lapangan petani tidak tertarik pada agroforestri. Sementara itu persepsi bahwa tanaman kopi sampai dengan umur 5 tahun tidak memerlukan naungan serta budidaya kopi sudah dilakukan secara turun-temurun juga menjadi kendala untuk memperkenalkan pohon penaung di dataran tinggi Muara Enim, Sumatera Selatan (Martin et al. 2016). Di sisi lain kurangnya pengetahuan umum tentang sebuah program, semisal *Fodder Tree Technology* (FTT) di sub-Sahara Afrika diidentifikasi sebagai kendala terbesar untuk adopsi agroforestri (Toth et al. 2017).

Pengendalian hama dan penyakit di agroforestri yang dianggap lebih rumit, dengan lebih banyak komponen pohon dan tanaman, kurangnya teknik budidaya dan pengalaman kegagalan penanaman masa lalu dilaporkan sebagai kendala lain untuk adopsi agroforestri (Martin et al. 2016; Do et al. 2020). Selain itu penyertaan suara dan pelibatan berbagai pemangku kepentingan dalam proses introduksi inovasi adalah kunci desain perencanaan adopsi agroforestri yang berkelanjutan dan akan mempengaruhi adopsi agroforestri (Barlagne et al. 2021). Tidak dilibatkannya pengetahuan lokal dan preferensi petani sering menjadi hambatan adopsi agroforestri. Proyek penanaman pohon di Bolivia sebagian besar didasarkan pada pengetahuan eksternal dan cenderung mempromosikan kombinasi tunggal spesies pohon. Sementara pengetahuan petani lokal yang lebih memprioritaskan

penanaman berbagai variasi pohon dan tanaman untuk menjaga keamanan pangan petani diabaikan, menyebabkan rendahnya keanekaragaman jenis pohon dan agroforestri kurang diterima (Jacobi et al. 2017).

4) *Institusi/Kelembagaan, Pasar dan Kebijakan Pemerintah*

Pasar yang tidak stabil dan harga produk yang rendah ataupun fluktuatif merupakan kendala lain dalam penerapan agroforestri di berbagai wilayah dunia (Do et al. 2020; Michel et al. 2021). Selain itu kebutuhan likuiditas akan uang tunai dan kesulitan akses kredit pada petani miskin menjadi hambatan lain adopsi agroforestri (Hoang et al. 2017; Nigussie et al. 2021). Pada kasus introduksi pohon jujube dan kenari di XJUAR China, sulitnya mendapatkan subsidi dan nilainya yang terlalu rendah dan diberikan secara tunai telah menghambat adopsi agroforestri (Dai et al. 2017). Subsidi yang tersedia hanya selama 3 tahun pertama dan hanya untuk penanam buah jujube dengan tingkat kelangsungan hidup setidaknya 80% dari pohon muda dan nilai subsidi yang terlalu rendah hanya 90 yuan dianggap tidak mencukupi untuk menutupi biaya besar terkait dengan penanaman buah, dilaporkan menjadi kendala utama adopsi agroforestri.

Sementara itu hasil kajian Stanek et al. (2019) tentang hambatan dalam pengembangan pohon multi fungsi/*Multifunctional Woody Polycultures* (MWP) pada lahan marginal di Illinois Amerika, temuan studi menunjukkan bahwa kurangnya ekonomi, pemasaran, dan manajemen informasi sangat membatasi potensi adopsi MWP meskipun sebenarnya para pemilik tanah tertarik untuk menggunakan MWP di lahan marginal. Pada lokasi yang sama, kajian sebelumnya dari Mattia et al. (2018) tentang potensi adopsi MPC melalui survei pemilik lahan

pertanian mengungkapkan bahwa hambatan utamanya adalah kurangnya insentif, informasi, pengalaman, dan pasar yang mapan untuk produk MPC.

Dari sisi kebijakan pemerintah, kajian Borremans et al. (2018) mengungkapkan bahwa undang-undang *tenancy* di Flander Belgia yang mengharuskan para penyewa lahan memperoleh izin dari pemilik lahan untuk menanam dengan pola agroforestri merupakan hambatan utama promosi agroforestri. Sementara kajian Ndlovu and Borrass (2021) dalam reviewnya terhadap penelitian kelembagaan dan kebijakan dalam agroforestri di beberapa negara tropis yang menyebutkan introduksi agroforestri masih menemui banyak hambatan kelembagaan dan kebijakan/regulasi yang meliputi kurangnya kelembagaan yang jelas dan rumah kebijakan untuk agroforestri.

2.5.2. Motivasi/Pendorong Adopsi Agroforestri

Keanekaragaman berbagai fungsi dan mafaat tanaman merupakan motivasi/pendorong utama keberhasilan sistem agroforestri (Tschora and Cherubini 2020). Pada level perencanaan pengembangan model agroforestri, hal itu sejalan dengan kajian dari Stanek et al. (2019) pada kajiannya tentang pengembangan Polikultur kayu multifungsi/*Multifunctional woody polycultures* (MWP) di lahan pertanian Jagung di Illinois Amerika, mengungkapkan bahwa menumbuhkan tanaman yang bernilai pangan tinggi, meningkatkan tanaman polinator/penghasil bunga untuk penyerbukan dan penyediaan habitat untuk polinator/lebah/burung, serta lebih mengoptimalkan lahan marginal merupakan motivasi utama petani jagung mau terlibat dalam MWP. Pada lokasi yang sama, pada survei potensi pengembangan model MPC, motivasi untuk meningkatkan jasa ekosistem pada

tanah, baik dalam konservasi tanah dan kualitas air ataupun meningkatkan keanekaragaman hayati, mendapatkan insentif dan mengikuti kebijakan/tekanan regulasi pemerintah, serta mengoptimalkan lahan marginal juga memberikan motivasi untuk adopsi *MPC* (Mattia et al. 2018).

Kajian Nigussie et al. (2021), pada program penanaman *A. decurrens* di Ethiopia dikemukakan urutan motivasi untuk penanaman adalah pendapatan 84,6 %, pengelolaan kesuburan tanah 75,3 %, dan konservasi tanah dan air sebesar 52,5 % ditemukan pada para petani yang disurvei. Meskipun motivasi pengadopsi tentang agroforestri sangat bervariasi, namun motivasi untuk mendapatkan buah ditemukan menjadi motivasi terbesar para petani di Flanders Belgia (Borremans et al. 2018). Demikian juga pada kajian Iiyama et al. (2017), di wilayah negara bagian Oromia Etiopia mengungkapkan bahwa pada dua program utama yang dikajinya yang melibatkan penanaman pohon pada berbagai kondisi agroklimat sebagian besar ditujukan untuk menghasilkan buah-buahan, kayu dan HMT.

2.6. Preferensi Petani dalam Pemilihan Jenis Tanaman dan Model Agroforestri

Dari sisi perencanaan agroforestri sangat penting untuk memilih jenis tanaman ataupun model yang sesuai dengan preferensi petani. Pemilihan tersebut bisa dilakukan dengan melihat jenis ataupun model yang memang sudah ada di lahan masyarakat ataupun dengan mencoba mengintroduksi jenis ataupun model dari daerah lainnya. Tentunya dengan tetap mempertimbangkan kesesuaian lahan dan agroklimat, dan paling penting adalah adanya penerimaan petani. Banyak bukti nyata yang menunjukkan kurang berhasilnya program agroforestri dari pemerintah

karena kurangnya memperhatikan preferensi petani dan tingkat pengetahuan masyarakat. Promosi agroforestri seringkali tidak berhasil karena persepsi, kebutuhan, dan preferensi petani tidak dipertimbangkan (Jacobi et al. 2017). Program promosi teknologi agroforestri kopi naungan yang dipromosikan pada masyarakat lokal pembudidaya kopi tanpa naungan di Puortorico, meskipun sudah disertai dengan insentif yang cukup, menjadi tidak efektif karena pemerintah tidak mempertimbangkan preferensi petani (Gladkikh et al. 2020). Sebagian besar petani memilih tetap mempertahankan budidaya kopi tanpa naungan, sementara pengadopsi kopi naungan banyak yang menebang dan mengganti tanaman *Inga laurina* and *Andira inermis* bantuan dari pemerintah dengan alasan tidak sesuai dengan pilihan petani, dan lebih memilih menggantinya dengan jeruk dan alpukat karena pertimbangan ekonomi.

Pemilihan jenis tanaman dalam sistem agroforestri memegang peranan penting dalam pengembangan/pembangunan agroforestri. Informasi tentang pilihan tanaman sangat penting untuk memahami apa yang disukai petani dan pertimbangan petani dalam memilih tanaman, dan untuk memahami keberadaan tanaman yang ada di lahan masyarakat (Sanudin et al. 2020). Upaya untuk meningkatkan tutupan pohon di lanskap pertanian harus bergeser dari yang hanya bertujuan untuk menambah jumlah pohon, menjadi suatu tujuan yang dapat mempertemukan kebutuhan petani (*Meeting farmer need*) sebagai pemilik lahan sehingga bisa meningkatkan peluang adopsi pohon di lahan pertanian (Bukomeko et al. 2019; Sanou et al. 2019; Derero et al. 2020).

Dalam tataran perencanaan agroforestri, Derero et al. (2020) melakukan kajian di 2 zona agroekologi dataran tinggi, yaitu zona kering ketinggian 1.600 mdpl dan zona sub lembab ketinggian 1.300 – 2.200 mdpl di Etiopia untuk mengetahui pengaruh preferensi dan prioritas petani untuk menanam pohon dan pengaruhnya terhadap keanekaragaman pohon di berbagai relung penanaman diungkapkan bahwa pertimbangan para petani dalam pemilihan jenis pohon antara lain adalah ketersediaan stok pohon, serta kemudahan perlindungan dan perawatan pohon setelah tanam. Sementara itu, terlepas dari pro kontra dari sisi ekologi yang dianggap boros air serta dapat mengurangi keanekaragaman jenis tumbuhan bawahnya, tanaman Eukaliptus karena pertumbuhannya yang cepat dan produktivitasnya yang tinggi merupakan tanaman yang paling tersebar dan dikembangkan di seluruh dunia, dan menjadi preferensi jenis tanaman oleh petani di dataran tinggi Dieng dan Garut (Pujiwinarko 2015; Gunawan 2019).

Pada pemilihan jenis tanaman penaung untuk komoditas kopi dan coklat di Togo, para petani memilih jenis pohon yang dapat beradaptasi dengan lebih baik terhadap perubahan iklim dan memberikan manfaat terbesar bagi tanaman di bawahnya (Tschora and Cherubini 2020). Pada kajian Salampessy (2017) tentang pemilihan pohon pelindung/penaung di agroforestri tradisional Dusung Pala di desa Hutumuri Pulau Ambon yang dikembangkan secara turun-temurun dengan basis tanaman pala (*Myristica fragrans*). Pertimbangan pemilihan jenis pohon pelindung adalah kesesuaian kondisi biofisik, menunjang pertumbuhan pala, kemudahan pemeliharaan dan pemanenan, warisan orang tua, keanekaragaman hasil, dan kemudahan pemasaran. Sementara itu di Sumatera Selatan para petani di Muara

Enim tetap mempertahankan/memilih tanaman kopi sebagai tanaman utama karena alasan kemudahan budidaya dan warisan turun-temurun, dan tanaman kopi cocok dengan budaya masyarakat yang padat dalam kegiatan sosial yang seringkali menyita waktu produktifnya (Martin et al. 2016).

Terkait model, agroforestri dalam kajian ini lebih terkait dengan pola tanam atau letak pohon/MPTS di lahan tanaman semusim, mengacu konsep kombinasi tanaman menurut Nair (1991), ataupun bentuk teknologi/inovasi agroforestri seperti shelterbelt, pekarangan, windbreak, teknik tanaman penayang dan lainnya. Kombinasi tanaman dan pola tanam yang ada di masyarakat menunjukkan preferensi petani dalam mengelola lahannya, dan petani cenderung menanam pohon atau MPTS pada lahan kritis atau pinggir lahan karena masih tingginya persepsi negatif terhadap penanaman pohon di dekat tanaman pangan (Akodéwou and Godron 2022; San et al. 2023).

Banyak alasan dan pertimbangan mengapa model agroforestri diadopsi oleh petani. Petani pada daerah rawan bencana di lereng gunung merapi lebih banyak mengadopsi silvopastur dibanding agrisilvikultur dan agrisilvopastur karena alasan tradisi turun-temurun, kemudahan praktik dan pendapatan ekonomi (Rozaki et al. 2021). Kajian yang dilakukan oleh Etshekape et al. (2018) pada dua zona agroklimat lahan pertanian di perkotaan dan pinggiran kota di Kinsasha Kongo menunjukkan bahwa 54% responden memilih penanaman pada batas lahan/*trees along border*, 36 % *alternate rows*, 7% *alley cropping* dan 3% memilih pola acak/*random mixture*. Produksi buah-buahan untuk konsumsi sendiri dan fungsi penanaman menjadi alasan utama mengadopsinya. Selain itu, teknologi agroforestri

pekarangan sangat banyak dipraktikkan di berbagai belahan dunia karena kepraktisannya dibandingkan teknologi/model agroforestri lainnya. Teknik ini dapat dipraktikkan di pekarangan manapun, tidak membutuhkan lahan yang luas, dan semua anggota keluarga bisa berkontribusi dalam pengelolaannya (Tafere and Nigussie 2018).

2.7. Pemodelan Agroforestri

Model merupakan gambaran realitas yang disederhanakan yang bisa digunakan untuk menyelidiki hasil suatu tindakan tanpa benar-benar bertindak. Model diperlukan untuk menggambarkan karakteristik dan penyelesaian permasalahan yang dihadapi, baik yang memerlukan penanganan rekayasa teknis maupun rekayasa sosial (Purwanto 2021). Sebuah model mungkin saja berupa bagan struktur organisasi, persamaan matematika, program komputer, diagram, atau mungkin sekedar sebuah gambaran mental mengenai situasi yang ada di pikiran pembuat model (Kismartini 2004; Purwanto 2021). Sedangkan menurut Widiyanto et al. (2003), model merupakan penjabaran sederhana dari berbagai bentuk hubungan dan interaksi antar komponen dalam suatu sistem. Hasil pendugaan dengan model masih berupa hipotesis yang harus diuji kebenarannya di lapangan dan hasil yang diperoleh melalui pendugaan model tidak selalu sama dengan kenyataan di lapangan.

2.7.1. Pemodelan Agroforestri Sebagai Alat Bantu Pembuat Keputusan

Tersedianya model dapat mempermudah petani dalam mengambil keputusan dan memperbaiki strategi pengelolaan lahannya di masa yang akan datang. Selain

kemampuan untuk mensimulasikan berbagai strategi pengelolaan pohon pada skala lapangan, kerangka pemodelan agroforestri perlu mempertimbangkan keputusan petani, yang dapat sangat bervariasi di antara petani. Keputusan petani tersebut mencerminkan prioritas hasil/motivasi petani serta perwujudan karakteristik pribadi dan keputusan tersebut akan menentukan tindakan manajemen yang digunakan pada lanskap pertanian (Luedeling et al. 2016). Oleh karena itu, memahami dan mempelajari pemodelan dan kaitannya dengan cara pengambilan keputusan petani pemilik lahan mengelola lahannya menjadi penting. Pemodelan interaksi skala lapangan, senyatanya telah terbukti mampu memperhitungkan pengaruh kondisi lokasi yang beragam dan menghasilkan keluaran yang mendekati kenyataan (Widiyanto et al. 2003).

Beberapa pemodelan agroforestri menggunakan pemodelan bioekonomi untuk memproyeksikan berbagai nilai ekonomi yang diperoleh di masa depan seperti *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), dan *Benefit Cost Ratio* (Martinelli et al. 2019), berbasis GIS (Ranjitkar et al. 2016; Fitri et al. 2018; Junaidi and Indrajaya 2018; Nath et al. 2021). Dari beberapa model agroforestri berdasarkan pemilihan jenis tanaman, kajian yang melibatkan keputusan petani dalam penentuan model dan jenis tanaman penyusunnya, dilakukan oleh Pujiwinarko (2015) yang melakukan pemodelan agroforestri di lahan hutan negara yang terdegradasi di kawasan Dataran Tinggi Dieng (KDTD), yang kemudian modelnya diproyeksikan dampak ekonominya, tingkat penerimaan dari berbagai *stakeholder* dan perkiraan tingkat erosinya. Sedikit berbeda dengan pemodelan agroforestri berbasis Carica yang dibuat oleh Pradana et al. (2015) yang hanya

memproyeksikan nilai ekonomi dan perkiraan dampak erosinya saja. Begitu juga dengan kajian pemodelan agroforestri yang dilakukan oleh Nurida et al. (2020) di Kabupaten Kutai Timur, Paser, dan Berau, Provinsi Kalimantan Timur. Dengan berbasis pada pemilihan komoditas yang dilakukan berdasarkan komoditas unggulan kabupaten, kesesuaian lahan, preferensi petani, dan diikuti dengan analisis finansial untuk membandingkan pola monokultur dengan pola agroforestri pada lahan yang terdegradasi. Pada 6-7 agroekosistem yang dikaji, model agroforestri berbasis gaharu-lada, berpotensi memberikan NPV sampai 6,9 kali lebih tinggi dibandingkan sawit monokultur serta memberikan *Internal Rate of Return* (IRR) sampai 49,3% dan *benefit cost* (B/C) *ratio* 8,54. Kajian lainnya yang menarik tentang pemodelan adopsi agroforestri dilakukan oleh Nöldeke et al. (2021) dengan software Simulasi Adopsi Agroforestri di Pedesaan Indonesia (SAFARI) yang merupakan sebuah studi kasus yang bertujuan untuk mengeksplorasi adopsi sistem agroforestri karet oleh rumah tangga petani di wilayah pedesaan di Kalimantan Barat, Indonesia.

Penelitian tentang pemodelan agroforestri juga banyak sekali dilakukan dengan menggunakan berbagai software yang telah lama dikembangkan untuk menggambarkan pemodelan interaksi pohon dan tanaman pada skala lapangan yang biasanya hanya mampu memproyeksikan ataupun hanya mempertimbangkan dampak ekonomi dan lingkungan biofisik saja. Beberapa software pemodelan agroforestri yang familiar dan telah dikembangkan semisal SCUAF, HyPAR, Hi-SAFE/YieldSAFE, WaNuLCAS dan APSIM hingga tahun 2015 penggunaannya masih terbatas karena beberapa alasan antara lain fleksibilitas yang tidak

memadai/bagus pada skala plot namun kurang memadai untuk skala lanskap yang kompleks, kemampuan yang terbatas untuk mensimulasikan interaksi, kebutuhan parameterisasi yang luas atau kurangnya pemeliharaan model (Luedeling et al. 2016). Beberapa kajian Agroforestri yang menggunakan software pemodelan yang sudah mapan antara lain dilakukan oleh Giannitsopoulos et al. (2020) yang menggunakan model simulasi pohon dan tanaman yang disebut YIELD SAFE dikombinasikan model bioekonomi Farm-SAFE dengan input data-data biofisik dan data hasil pola agroforestri dari 3 sistem yang dimodelkan di tiga lokasi studi di Inggris, Spanyol dan Swiss untuk kemudian diperkirakan 5 eksternalitas lingkungannya yang terdiri dari emisi karbon dioksida, penyerapan karbon, erosi tanah oleh air, dan nitrogen dan keseimbangan fosfor. Begitu juga Smethurst et al. (2017) yang memprediksi hasil panen yang akurat dari pemodelan interaksi pohon tanaman yaitu tanaman gliricidia dan jagung pada agroforestri dengan menggunakan model APSIM dengan input data biofisik di Kenya dan Malawi.

2.7.2. Analisis *Trade-off* untuk Pengembangan Model Agroforestri pada Skala Lanskap

Dalam pengelolaan sumberdaya lahan pertanian pada skala lanskap dengan segala permasalahannya, agroforestri muncul sebagai salah satu sistem yang dapat membantu mengatasi permasalahan tersebut. Agroforestri dapat menjembatani permasalahan kesenjangan antara kebutuhan pemenuhan pangan dengan konservasi ataupun permasalahan sosial karena dalam perencanaanya melibatkan banyak pihak/kesetaraan pelibatan dan tentunya harus mempertimbangkan apa yang menjadi kebutuhan para pemilik lahan/*meeting farmer need* (Bukomeko et al.

2019). Meskipun belum banyak dikaji secara komprehensif, peluang agroforestri sebagai sistem yang bisa menjembatani berbagai *trade-off* dalam pengelolaan lahan pertanian berkelanjutan di masa depan harus terus dilakukan. Paling tidak dimulai dari perencanaannya sejak awal sudah mempertimbangkan berbagai *trade-off* dan melibatkan para *stakeholder*, sehingga dalam pengambilan keputusannya bisa mengakomodir banyak pihak, terutama para pemilik lahan.

Menurut Daw et al. (2015) dan Figyantika et al. (2020), pengelolaan SDA ekosistem pada skala lanskap untuk berbagai jasa ekosistem dan meningkatkan kesejahteraan berbagai pemangku kepentingan tentunya melibatkan berbagai jenis pertukaran (*trade-off*). Seringkali *trade-off* tersebut melibatkan nilai-nilai nonekonomi yang sulit untuk dievaluasi, seperti identitas budaya, pekerjaan, kesejahteraan orang miskin, spesies atau struktur ekosistem tertentu. Di sisi lain pada proses perencanaan pengelolaan SDA, penentuan keputusan sebagai sebuah kebijakan publik tentunya akan melibatkan tarik menarik kepentingan dari masing-masing *stakeholders*, melibatkan *trade-off* baik antara masyarakat dengan institusi, maupun antara institusi satu dengan institusi lainnya. Hal tersebut memerlukan suatu formulasi atau langkah-langkah analisis untuk mencapai penyelesaian agar masing-masing *stakeholders* dapat terwadahi sesuai dengan kepentingannya (Kismartini 2004). Meski disadari akan adanya permasalahan keadilan dalam bentuk berbagai fungsi kesetaraan/*equity* yang mungkin merupakan perwujudan dari kesetaraan keterlibatan dalam proses perencanaan ataupun realokasi manfaat atau biaya yang timbul berdasarkan keputusan manajemen, namun hal itu seringkali diabaikan oleh pembuat kebijakan (Halpern et al. 2013).

Analisis *trade-off* menawarkan bantuan untuk mendapatkan sebuah kebijakan yang akomodatif, mempertimbangkan kesetaraan dan *win-win solution* karena melalui proses analisis dengan melibatkan/partisipasi banyak ragam *stakeholders* dan bisa mengakomodir banyak kepentingan (Kismartini 2004; Halpern et al. 2013; Galafassi et al. 2017). Metode ini sangat signifikan manfaatnya dalam kebijakan yang menyangkut pemanfaatan sumberdaya alam dan lingkungan, memerlukan pertimbangan *trade-off* dalam pilihan antara konservasi, ekonomi dan sosial serta kebijakan lainnya yang menyangkut kepentingan publik (Brown et al. 2001). Beberapa penelitian menggunakan analisis *trade-off* sebagai perangkat pengambilan keputusan antara lain di bidang pertanian (Stoorvogel et al. 2004; Asadolahi et al. 2018), di bidang perikanan (Daw et al. 2015), penciptaan suaka margasatwa Kuil Biligiri Rangaswamy di Barat Hutan Ghats di India Selatan (Lele and Srinivasan 2013) dan bidang konstruksi oleh Oleson et al. (2017).

Analisis *trade-off* juga dapat digunakan untuk menyatukan beragam informasi kuantitatif dan kualitatif untuk pengambilan keputusan untuk membuat peringkat skenario pengembangan suatu kawasan/sumberdaya berdasarkan nilai yang diberikan *stakeholder* (Brown et al. 2001). Kebijakan yang dirancang tanpa mempertimbangkan *trade-off* lebih cenderung gagal karena konflik, atau menyebabkan kerusakan/kerugian pada pihak-pihak yang rentan (Lele and Srinivasan 2013; Galafassi et al. 2017). Metode yang banyak digunakan untuk menangani *trade-off* adalah melalui pendekatan analitis, seperti analisis biaya dan manfaat, analisis multikriteria, dan kuantifikasi nilai jasa ekosistem. Metode ini mempertimbangkan pro dan kontra dari berbagai tindakan, menyoroti potensi

pertukaran dan gabungan dampak dari sinergi (Brown et al. 2001; Goldstein et al. 2012). Teknik analisis multi-kriteria (MCA) banyak diadopsi sebagai bagian analisis *trade-off* karena fleksibilitasnya dalam menangani kompleksitas informasi, dan karena kebutuhan dalam analisis *trade-off* untuk peka terhadap konstruksi nilai-nilai dalam penetapan prioritas. Analisis multi kriteria menawarkan kesempatan untuk mempresentasikan *trade-off* yang terjadi dan untuk menentukan peringkat prioritas dan kriteria yang berbeda secara sistematis. Analisis multikriteria yang mempertimbangkan *trade-off* antar berbagai komponen penentu keberlanjutan suatu bentang lahan mempunyai potensi untuk dasar pengambilan keputusan oleh berbagai pihak, salah satunya adalah untuk perencanaan pengelolaan suatu kawasan/lanskap (Brown et al. 2001; Estévez and Gelcich 2015).

Beberapa kajian yang menggunakan analisis *trade-off* sebagai alat pengambilan keputusan antara lain dilakukan oleh Brown et al. (2001) dalam perencanaan untuk pengembangan kawasan lindung laut/ Marine Protected Areas (MPA) di Buccoo Reef Marine Park (BRMP) di Tobago. Dengan menggunakan analisis *trade-off* dengan pendekatan metode Rezim yaitu salah satu metode penilaian multikriteria yang didasari oleh dua masukan data, yakni matriks dampak mewakili nilai-nilai indikator yang diperkirakan untuk masing-masing skenario dan kumpulan bobot yang menyertai efek-efek dari nilainya. Hasil dari penelitian kebijakan dengan metode Rezim ini adalah peringkat skenario, sehingga dapat memilih skenario mana yang paling diinginkan. Hasil kajian menunjukkan untuk kasus BRMP *trade-off* antara pembangunan pariwisata ekspansif yang mengancam keutuhan terumbu karang melalui eutrofikasi, dan pengembangan pariwisata yang

lebih terbatas, yang mempertahankan kawasan mangrove dan lamun tepi harus dikonsensuskan antar para *stakeholder*.

Studi dengan menggunakan analisis *trade-off* yang lebih berfokus pada sisi sosio ekologis antara lain dilakukan oleh Galafassi et al. (2017) pada studi kasus di pesisir Kenya yang mengkaji efektivitas proses partisipatif, mengeksplorasi cara-cara berbagai alat dialog, model partisipatif, dan penyusunan berbagai skenario ternyata dapat menanggapi tantangan dalam menangani *trade-off* yang terjadi. Salah satu hal yang dikaji adalah bagaimana sebuah peraturan lingkungan/ekologi di wilayah pesisir, di mana banyak orang bergantung pada sumber daya ekologis untuk mata pencaharian, dibuat dan berdampak pada banyak sisi. Peraturan lingkungan yang dirancang untuk meningkatkan status/keselamatan ekologi dapat mengarah pada perbaikan peningkatan kesejahteraan/pendapatan beberapa orang/pihak atau sebaliknya justru dapat menurunkan kesejahteraan.pendapatan pihak/orang lain dan hal inilah yang disebut *trade off*.

Kajian menarik lainnya dilakukan oleh Halpern et al. (2013) yang mengkaji *trade-off* antara kesetaraan/*equity* dan konservasi pada proses perencanaan pengelolaan sumberdaya alam. Dengan mengambil tiga studi kasus yang sangat berbeda di California (Amerika Serikat), Raja Ampat (Indonesia), dan kawasan Segitiga Terumbu Karang yang lebih luas di Asia Tenggara. Dalam pengelolaan sumber daya dan konservasi, di mana tujuan konservasi/ekologi dan kesetaraan dalam hasil sosial semisal kesetaraan dalam pelibatan partisipasi, ataupun kesetaraan dalam distribusi manfaat/produktivitas dimaksimalkan sementara biaya diminimalkan merupakan hal ideal yang ingin dicapai dan dapat berperan dalam

keberhasilan konservasi, namun pada kenyataannya masih sedikit teori formal yang menjelaskan secara eksplisit memasukkan kesetaraan ke dalam prioritas perencanaan konservasi. Pada tingkat perencanaan pengelolaan sumber daya laut di ketiga lokasi, ekuitas/kesetaraan cenderung diperdagangkan secara nonlinier dengan potensi untuk mencapai tujuan konservasi, dan tipologi *trade-off* antara kesetaraan dan konservasi, tergantung pada bagaimana seseorang mendefinisikan dan mengukur kesetaraan sosial, termasuk langsung (linier) dan tidak ada *trade-off*.

Sementara itu Kim et al. (2021) menggunakan dasar *trade-off* yang terjadi untuk memperkirakan nilai ekonomi akibat perubahan lingkungan dari pembangunan bandar udara di Pulau Heuksan Taman Nasional Laut Dadohae di Korea. Dengan menggunakan pendekatan *Discrete Choice Experiment* (DCE), suatu metode preferensi yang menggunakan berbagai skenario hipotetis untuk menarik tanggapan publik mengenai kepentingan relatif dari atribut yang diberikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa manfaat sosial terkait peningkatan aksesibilitas dan peluang pariwisata akan dihasilkan tetapi dengan biaya yang besar akibat degradasi lingkungan dan pengurangan populasi burung. Manfaat sosial dari pembangunan bandara diantaranya pengurangan waktu perjalanan dan peningkatan aksesibilitas bagi penduduk dan wisatawan, dan peningkatan dampak ekonomi dari pariwisata. Bandara baru diharapkan mengurangi waktu perjalanan antara Seoul dan Heuksando dari tujuh jam menjadi kurang dari tiga jam dan dapat meningkatkan jumlah pengunjung menjadi 1.364.000. Di sisi lain muncul juga masalah lingkungan, penilaian dampak lingkungan yang dilakukan setelahnya, mengklaim bahwa pembangunan bandara akan menghapus sekitar 120.000 pohon,

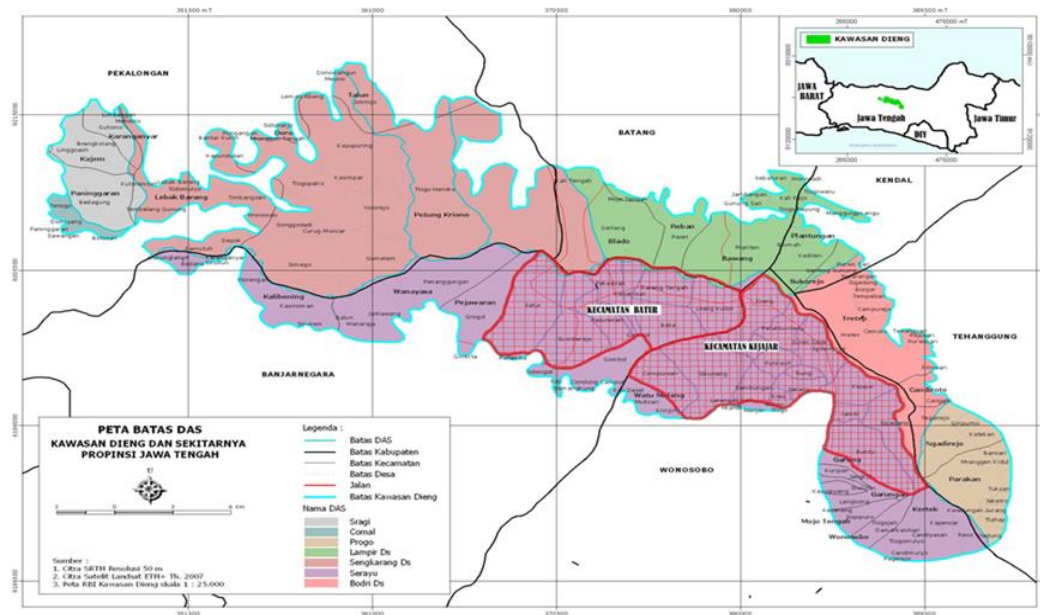
41 hektar hutan, dan 13 hektar pantai, yang akan sangat mempengaruhi burung dan habitatnya di Heuksando.

2.8. Sistem Pertanian di Dieng

2.8.1. Kondisi Geografis dan Iklim di Dieng

Kawasan Dataran Tinggi Dieng merupakan hamparan bentang lahan berketinggian 1300 mdpl sampai dengan 2500 mdpl yang secara administratif terletak di Provinsi Jawa Tengah Dieng. Secara Astronomis terletak antara $70^{\circ} 7' 4''$ – $70^{\circ} 35' 2''$ LS dan $109^{\circ} 59' 53''$ – $110^{\circ} 04' 34''$ BT dan memiliki luas 54.974,24 ha dan berada di 6 (enam) kabupaten yaitu Kabupaten Banjarnegara, Temanggung, Wonosobo, Kendal, Batang dan Pekalongan. Kawasan ini juga berada di dalam 7 daerah aliran sungai (DAS), yaitu hulu DAS Serayu seluas 22.921 ha, hulu DAS Progo seluas 2.672,13 ha, hulu DAS Bodri Ds seluas 3.646,62 ha, hulu DAS Lampir seluas 5.967,56 ha, hulu DAS Sengkarang seluas 16.857,65 ha, hulu DAS Comal seluas 380.48 ha, dan hulu DAS Sragi seluas 2.526,56 ha (BPDAS SOP 2007). Dilihat dari fungsinya, di dalam Kawasan Dieng terdapat kawasan konservasi (cagar alam dan taman wisata alam) 53,4 ha, Hutan Produksi Terbatas 26.170,08 ha, Hutan Produksi 489,89 ha, Hutan Lindung 7506,34 ha, dan Areal Penggunaan Lain (APL) 20.754,56 ha.

Di Dieng, suhu berkisar 15 — 20°C di siang hari dan 10°C di malam hari. Pada musim kemarau (Juli dan Agustus), suhu udara dapat mencapai 0°C di pagi hari dan memunculkan embun beku yang oleh penduduk setempat disebut bun upas ("embun racun") karena menyebabkan kerusakan pada tanaman pertanian.



Gambar 2.2. Peta Kawasan Dataran Tinggi Dieng (Sumber : BPDAS SOP 2007)

Kemiringan lahan lebih dari antara 15-40% dan di beberapa wilayah >40%, dengan jenis tanah Andosol. Curah hujan di dataran tinggi Dieng termasuk tinggi, yaitu 3.917 mm/tahun. Secara umum kondisi penutupan dan kondisi lahan sangat kritis, tingkat erosi mencapai 160 ton/ha/tahun (BPDAS SOP 2007), bahkan pada tahun 2002 tingkat erosi pernah mencapai 400 ton/hektar/tahun pada hulu DAS (TKPKD Banjarnegara 2012).

2.8.2. Keanekaragaman Hayati di Dieng

Tidak banyak kajian yang menunjukkan keanekaragaman hayati di kawasan Dieng, apalagi secara khusus pada lahan pertanian. Kajian-kajian tentang keanekaragaman hayati di Dieng lebih banyak dilakukan pada kawasan hutan/kawasan konservasi oleh berbagai pihak (Sumedi 2013). Kawasan Dieng merupakan habitat beragam satwa dan tumbuhan yang dilindungi yang sebagian diantaranya terancam punah. Beberapa spesies yang tercatat di hutan-hutan Dieng

antara lain: Harimau Tutul (*Panthera pardus*), mamalia endemik Jawa, seperti Babi Hutan (*Sus verrcosus*), Owa (*Hylobates moloch*), Surili (*Presbytis comata*), dan Lutung (*Trachyptheacus auratus*), serta 19 spesies burung endemik Jawa termasuk diantaranya Elang Jawa (*Spizaetus bartelsii*) (TKPKD Banjarnegara 2012).

Kajian keanekaragaman hayati jenis tumbuhan terdokumentasikan di Taman Wisata Alam (TWA) Tlaga Warna dan Pengilon. Vegetasi pendukung ekosistem TWA tersebut yang berupa pepohonan antara lain jeni Pinus (*Pinus merkusii*), Akasia (*Accasia deccurens*), Puspa (*Schima noronhae*, Rein), Cemara (*Casuarina* sp.), Pasang (*Quercus* sp), Pakis Haji (*Dicktonia blumei*, Moore), Wrakas (*Quercus sundaicus*), Kayu Dampul (*Glasidion* sp) dan Bintamin. Penyusun vegetasi berupa semak belukar adalah: Bintumi (*Podocarpus* sp.), Racunan (*Euphorbia pulcheria*, Wild), Serunen (*Speablus asper*, Loue), Andam-Andaman (*Antidesma tetandrum*), Asem-aseman (*Poligonium berbatus*), Lumbung (*Notapoebs macrocarpa*), Pakis jebol (*Crypteronia peniculata*), Kematus, Pringgodani (*Gambusa* Sp.), Krinyuh (*Euphatorim polasius*), dan Glagah (BPDAS SOP 2007; Sumedi 2013).

2.8.3. Budidaya Intensif Pertanian Kentang di Dieng

Tanaman kentang masih menjadi tanaman dominan yang di tanam di dataran tinggi Dieng, khususnya yang berada di wilayah Kabupaten Banjarnegara dan Wonosobo. Kawasan Dieng, khususnya kecamatan Batur, Kecamatan Pejawaran dan Wanayasa di Kabupaten Banjarnegara dan Kecamatan Kejajar serta Kecamatan Garung di Kabupaten Wonosobo merupakan sentra kentang terbesar di Jawa Tengah. Provinsi Jawa Tengah pada Tahun 2022 mampu memproduksi kentang mencapai 278,720 ribu ton dari total produksi nasional sebesar 1.503,998 ribu ton

atau 18,53% dari total produksi seluruh Indonesia. Produksi kentang terbesar berada di Kabupaten Banjarnegara, Wonosobo dan Brebes. Kabupaten Banjarnegara berkontribusi sebesar 32,63 persen terhadap produksi kentang di Jawa Tengah dengan produksi mencapai 90,94 ribu ton dan luas panen 4,91 ribu hektar. Kabupaten Wonosobo berkontribusi sebesar 22,17 persen dengan produksi mencapai 61,79 ribu ton dan luas panen 3,96 ribu hektar (Badan Pusat Statistik 2023).

Tanaman kentang yang masuk secara intensif dan diperkenalkan oleh petani dari Pangalengan, Jawa Barat sejak tahun 1980-an setelah era jagung dan tembakau di Dataran Tinggi Dieng, pada tahap awal berkontribusi secara signifikan terhadap aspek ekonomi petani. Masuknya komoditas kentang juga telah menyebabkan modernisasi pertanian, modernisasi peralatan dan teknologi, namun di sisi lain juga menciptakan kesenjangan stratifikasi sosial masyarakat petani dalam hal penguasaan moda produksi khususnya kepemilikan tanah dan tentu saja permasalahan lingkungan ikutannya (Sumedi 2013; Turasih 2019). Sistem pertanian kentang telah mengubah kehidupan ekonomi dan sosial masyarakat Dieng. Rumah-rumah bertingkat, kendaraan-kendaraan pribadi maupun peralatan elektronik yang lengkap di rumah tangga petani adalah hasil dari pertanian kentang. Dari sisi sosial, masjid-masjid megah yang ada di dusun-dusun di desa-desa di Dieng adalah hasil iuran (“sodakohan”) dari masyarakat, yang bahkan cara pembayarannya bisa dicicil dalam bentuk panen kentang (Salehudin 2019).

Kepadatan penduduk yang tinggi (rata-rata 100 jiwa/km²) dengan pemilikan lahan rata-rata sebesar 0,1-0,2 hektar per/KK menyebabkan besarnya tekanan

terhadap sumberdaya alam khususnya sumberdaya lahan yang ada karena budidaya pertanian monokultur yang sangat intensif tanpa mengindahkan kaidah konservasi (BPDAS SOP 2007; TKPKD Banjarnegara 2012). Budidaya kentang yang intensif dan masif di dataran tinggi Dieng, tentunya didukung dengan kondisi iklim dan tanah khas pegunungan Dieng yang memang cocok untuk tanaman kentang (Cahyono and Purwanto 2017). Cara pewarisan pengolahan lahan di Dieng diturunkan antar generasi melalui sebuah doktrin bahwa tanaman kentang merupakan sebuah tradisi yang harus dilestarikan oleh generasi penerus. Anggapan tersebut menyebabkan berapapun pendapatan petani dari usaha tani kentang, petani akan tetap menjalankan bertani kentang sebagai bagian dari kebanggaan dan tradisi (Ika et al. 2017; Pujiharto and Wahyuni 2017; Salehudin 2019). Teknik penanaman searah lereng serta minim tindakan konservasi lahan menjadi hal yang lazim dilakukan, tidak mengherankan tingkat bahaya erosi di berbagai penggunaan lahan tergolong dalam kelas sangat berat di semua satuan lahan yang menyebabkan potensi kerusakan lahan yang tinggi dalam kurun waktu yang singkat (Setiawan et al. 2018). Di sisi yang sama, penggunaan pestisida dan obat-obatan dalam skala besar juga masih menjadi strategi utama mayoritas petani kentang untuk mempertahankan produktivitas tanaman kentang khususnya pada musim hujan yang semakin meningkat volumenya (Turasih and Kolopaking 2016; Widayati 2017).

Budidaya kentang monokultur oleh sebagian besar petani tetap dianggap menguntungkan meskipun ongkos produksinya mengalami kenaikan yang cukup signifikan. Banyak penelitian produktivitas di kentang yang menunjukkan nilai rasio R/C lebih dari 1 seperti penelitian yang dilakukan oleh Munandar (2016),

Herliani et al. (2019) serta Setiawan dan Inayati (2020). Kajian Munandar (2016) melalui wawancara dengan petani kentang di Desa Sembungan Kejajar, menyebutkan masih banyak ditemukan petani kentang yang produktivitas lahannya mencapai 25-30 ton/ha. Bahkan pada hasil uji coba lapangan di Kawasan Dieng, yaitu di Kabupaten Banjarnegara, Wonosobo dan Pekalongan yang dilakukan Pertiwi dan Cempaka (2021) menyebutkan potensi peningkatan produktivitas kentang hingga mencapai 28,05 ton/ha sd 47,59 ton/ha, bila petani melakukan rotasi tanaman dan tidak menanam kentang satu tahun penuh atau hanya 1 atau 2 kali musim tanam.

Beberapa hasil kajian dan penelitian di atas memang masih menunjukkan kelayakan usaha pertanian kentang, namun sebetulnya beberapa kajian juga menunjukkan adanya penurunan efisiensi dan efektivitas maupun produktivitas usaha tani kentang. Kajian Widayati (2017) dengan mengambil sampel 200 petani yang tinggal di 2 wilayah kecamatan yaitu Kejajar dan Batur didapatkan hasil estimasi efisiensi teknis adalah 0,886. Angka efisiensi teknis yang kurang dari satu ini menunjukkan bahwa usaha tani kentang di daerah penelitian belum efisien, artinya penggunaan input masih bisa ditingkatkan untuk menaikkan produksi. Selain itu ancaman terhadap penurunan produktivitas kentang juga berasal dari fenomena embun upas/embun beku yang ada di Dieng (TKPKD Banjarnegara 2012). Embun beku menyebabkan kerusakan jaringan daun pada tanaman kentang, mengakibatkan gagal panen dan kerugian hingga puluhan jutaan. Kajian Pradana et al. (2018) di Desa Dieng, Wonosobo dan Desa Dieng Kulon, Banjarnegara dengan pendekatan GIS menunjukkan bahwa lahan pertanian yang didominasi komoditas

kentang memiliki tingkat bahaya tertinggi terkena embun upas dan kerugian *frost* di Dieng berkisar antara 800 ribu rupiah hingga lebih dari 155 juta rupiah dan hanya merusak pertanian kentang.

2.8.4. Kerusakan Lahan dan Dampak Budidaya Intensif Pertanian Kentang di Dieng

Kerusakan lahan pertanian di Dieng karena budidaya intensif tanaman semusim, khususnya kentang, bisa dilihat dari fenomena kejadian longsor, erosi tanah dan banjir yang rutin terjadi di kawasan Dieng tiap tahunnya khususnya pada musim hujan. Dampak lainnya dari degradasi lahan adalah fenomena keringnya beberapa danau dan telaga di Dieng pada musim kemarau karena penyedotan airnya untuk pengairan lahan kentang ataupun pencemaran air waduk/telaga karena pemakaian pestisida dan fungisida untuk budidaya kentang. Mengingat bahwa kawasan Dieng adalah hulu dari banyak DAS, dampak kerusakan lahan pertanian di dataran tinggi Dieng, tidak hanya berdampak pada sekitar kawasan itu sendiri, namun juga berimbas di kawasan bawahnya/hilir.

Pemakaian insektisida dan fungisida yang berlebihan telah mempengaruhi kualitas kesuburan tanah dan keanekaragaman hayati di tanah pertanian di Dieng. Kajian Susilawati et al. (2016) pada berbagai lokasi di Dieng dengan menggunakan parameter kadar biomassa karbon mikroorganisme (C_{mic}) menunjukkan bahwa kadar C_{mic} tanah di sekitar lokasi wisata adalah 748,03 (µg.g/1) dan hutan lindung C_{mic}: 869,45 (µg.g-1), keduanya memiliki kesuburan yang jauh lebih tinggi dibandingkan kesuburan pada lahan kentang di atas bukit yang hanya 305,14 (µg.g/1). Tidak berbeda jauh dengan kajian Rizqiyah et al. (2017) yang

menunjukkan bahwa indeks keanekaragaman makrofauna permukaan tanah lebih tinggi dibandingkan dengan makrofauna dalam tanahnya, dan indeks keanekaragaman pada tempat ternaung/hutan juga lebih tinggi daripada tempat terdedah/kebun kentang. Penelitian Agustina et al. (2019) tentang efektivitas mulsa plastik dalam menjaga kualitas lahan pertanian kentang menggunakan Soil Biological Quality Index (QBS-ar) berdasarkan keberadaan mikroartropoda, menunjukkan nilai indeks QBS-ar pada lahan pertanian kentang dengan penggunaan mulsa plastik jauh lebih tinggi dibandingkan lahan pertanian tanpa mulsa plastik baik di lahan datar maupun miring. Indeks QBS-ar di hutan lebih tinggi (76-77) daripada yang di lahan pertanian kentang yang hanya (43-70). Hal ini karena tanah di lahan pertanian kentang di Dieng mayoritas dalam keadaan terbuka tanpa mulsa ataupun naungan, ditambah pemakaian pupuk kimia dan pestisida dilakukan secara masif.

Dampak kerusakan lahan juga dapat dilihat dari tercemarnya air di sumur-sumur warga ataupun danau-danau yang ada di kawasan Dieng. Hasil analisis sampel air sumur dan air Telaga Sewiwi yang dilakukan oleh Marganingrum (2015) di Desa Kepakisan, salah satu desa utama di Kawasan Dieng menunjukkan kadar NO₃, COD dan BOD yang lebih tinggi dari baku mutu air (BMA). Pada air sumur sampel dan sampel air Telaga Sewiwi rata rata COD 16,8 mg/L dan 12,60 mg/l lebih tinggi dari BMA yang hanya 10 mg/l. Sedangkan kadar NO₃ (Nitrat) sebesar 13,5 dan 30,15 lebih tinggi dari BMA 10 mg/l serta kadar BOD di sumur 2,1 mg/l lebih tinggi dari BMA yang sebesar 2 mg/L sesuai dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan

Pengendalian Pencemaran Air. Tingginya kadar nitrat dan COD dalam air sumur dan air telaga memberikan indikasi yang cukup kuat telah terjadinya kontaminasi air akibat aktivitas pertanian, khususnya penggunaan pupuk anorganik/kimia yang berlebihan yang tercuci oleh aliran permukaan sehingga menyebabkan residu unsur hara dalam pupuk masuk ke dalam badan air sekitar lahan ataupun masuk ke dalam tanah sehingga mencemari sumur warga.

Selain sumur dan sungai, danau-danau vulkanik yang ada di kawasan hulu dataran tinggi Dieng juga tidak lepas dari dampak pertanian intensif budidaya kentang. Erosi telah menyebabkan sedimentasi pada danau berlangsung dengan cepat, penyusutan dan pencemaran air danau. Telaga Merdada sudah dalam kondisi kritis sebagai akibat sedimentasi dan penyusutan air, sedangkan Telaga Cebong mempunyai kondisi yang sedikit lebih baik karena adanya peningkatan kesadaran masyarakat setempat untuk konservasi telaga (Sudarmadji et al. 2019).

Berbagai kajian tentang erosivitas dan sedimentasi di kawasan Dieng dengan beberapa SubDAS utamanya yang diperkirakan berdampak sampai hilirnya juga dilakukan oleh banyak peneliti. Hasil penelitian Alfianto and Soewarno (2014) menunjukkan laju berkurangnya kapasitas waduk Mrica PLTA Sudirman di Banjarnegara. Berdasarkan analisa data debit dan sedimen tahun 1956– 1981 serta data pemeraman waduk tahun 1989-2004, menunjukkan laju sedimentasi mencapai 4,19 juta m³/tahun dan hal itu akan bisa mengurangi umur waduk lebih cepat 19 tahun dari umur waduk sampai tahun 2040 jika tidak dilakukan berbagai upaya pencegahan. Sementara itu, data terbaru dari Indonesia Power Mrica selaku pengelola waduk pada laporan rutin tahun 2020 menunjukkan bahwa tingkat erosi

di DAS Serayu, DAS Merawu dan DAS Lumajang berturut-turut sebesar 3,96; 16,44; dan 4,43 mm/thn. Dengan volume sedimen yang mengendap di tahun 2020 sebesar 2,66 juta m³, maka total volume sedimen yang mengendap di waduk mencapai 127,41 juta m³ atau 85,92% dari volume total waduk awal 148,29 juta m³. Sehingga diperkirakan total volume waduk hingga akhir tahun 2020 tinggal 20,66 juta m³ dan volume air efektif hanya 19,28 juta m³ (Suryatmojo 2021).

Selain itu, estimasi erosi dan sedimentasi dari berbagai subDAS di dataran tinggi Dieng juga menjadi objek beberapa penelitian seperti yang dilakukan Beny and Susanti (2019) yang menghitung erosi kualitatif dengan analisis digital satelit citra di SubDAS Tulis di kawasan Dieng. Hasil perhitungan erosi kualitatif di subDAS Tulis yang memiliki luas 12.750 ha, didapatkan erosi ringan 4% (529 ha), sedang 85% (10.781 ha), dan berat 11% (1.440 ha). Kajian yang hampir sama dilakukan oleh Lesmana (2020) dengan menganalisis tingkat erosi di wilayah subDAS Serayu, yang merupakan salah satu daerah tangkapan air Waduk Mrica. Analisis perhitungan erosi menggunakan rumusan *Universal Soil Loss Equation* (USLE) dan *Sistem Informasi Geografis* (SIG) menunjukkan bahwa subDAS Serayu menghasilkan erosi sebesar 11.877.576,89 ton/th dengan laju erosi rata-rata pada subDAS Serayu sebesar 166.35 ton/ha/th.

2.8.5. Penanganan Degradasi Lahan Pertanian di Dieng dan Tingkat Keberhasilannya

Berbagai upaya untuk mengatasi berbagai permasalahan lingkungan di dataran tinggi Dieng sudah dilakukan oleh berbagai *stakeholder*. Berdasarkan informasi dari beberapa *stakeholder* seperti dari Bappeda dan DLH Banjarnegara dan

Wonosobo, Cabang Dinas Kehutanan VII Banjarnegara, BP DAS Serayu Opak Progo Yogyakarta dan DLHK Jawa Tengah, sebetulnya berbagai upaya telah dilakukan untuk merehabilitasi lahan kritis/terdegradasi di kawasan Dieng baik melalui kegiatan sipil teknis maupun kegiatan penanaman vegetatif. Pembuatan demplot konservasi disertai pedampingan kelompok usaha produktif maupun berbagai studi banding sejak tahun 2009 sampai tahun 2013, baik melalui anggaran APBD I, II maupun APBN juga telah dilakukan. Kegiatan Rehabilitasi Hutan dan Lahan (RHL) kawasan lindung dan Kebun Bibit Rakyat (KBR) dari BP DAS Serayu Opak Progo sejak tahun 2010 banyak dilakukan di dataran tinggi Dieng. Pembuatan demplot konservasi dan bantuan ternak domba batur juga sudah pernah dilakukan oleh Dinas Kehutanan Jawa Tengah tahun 2008-2009. Tidak terkecuali, beberapa BUMN seperti Indonesia Power dan Geodipa, serta badan Dunia seperti UNDP dan GEF juga turut serta dalam usaha pemulihan kawasan Dieng. Tidak kurang dari 5 kali, para petani kentang di kawasan Dieng juga sudah diajak studi banding ke agroforestri kopi di Pengalengan Jawa Barat.

Pada tahun 2007 Pemerintah Kabupaten Wonosobo telah membentuk Tim Kerja Pemulihan Dieng (TKPD) sebagai sebuah bentuk kepedulian terhadap kerusakan lingkungan di Dataran Tinggi Dieng yang kelembagaannya dikukuhkan melalui SK Bupati Wonosobo tahun 2007 nomor 21. Disusul pada tahun yang sama Pemerintah Kabupaten Banjarnegara membentuk Tim Koordinasi Pemulihan Kawasan Dieng (TKPKD). Pada tahun 2010 - 2013, Pemerintah Kabupaten Banjarnegara mendapatkan bantuan dari UNDP (*United Nation Development Programme*) melalui proyek SCBFWM di dataran tinggi Dieng.

Berbagai program yang terus digalakkan tersebut meskipun dikatakan mengusung perhatian bagi aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan, pada kenyataan masih bersifat mekanis dan lebih menekankan lingkungan sebagai objek utama. Padahal permasalahan di dataran tinggi Dieng bukan semata-mata hancurnya lingkungan akibat usahatani kentang yang terlalu menekankan produktivitas, tetapi juga munculnya stratifikasi sosial akibat konsentrasi penguasaan lahan. Permasalahan sosial hasil dari stratifikasi sosial terkait konsentrasi penguasaan lahan belum menjadi fokus perhatian pelaku pemberdayaan bagi pemulihan Dieng dan hasilnya adalah petani selalu menjadi tersangka penyebab degradasi lahan (Turasih 2019).

Pada periode sebelum tahun 2006, berbagai program untuk mengatasi degradasi lahan di Dieng juga telah dijalankan oleh Departemen Kehutanan (KLHK sekarang) dan semuanya bisa dianggap kurang berhasil (BPDAS SOP 2007). Program-program tersebut antara lain Unit Percontohan Usaha Pelestarian Sumberdaya Alam (UP-UPSA) pola agroforestri dan silvopastur melalui Inpres Penghijauan, Arel Model Hutan Rakyat oleh BRLKT Wilayah IV Semarang, dan Usaha Pelestarian Sumberdaya Alam (UP-UPSA) pola agroforestri pada *South Java Flood Control Sector Project* (ADB).

Program-program berbasis vegetasi tersebut jika dilihat dari kenyataan di lapangan ataupun persentase tumbuh tanaman di lahan petani bisa dianggap kurang berhasil. Hal ini didukung hasil kajian Kartika et al. (2019) yang berdasarkan hasil survei lapangan dan analisis trend penutupan lahan dengan NDVI pada proses

evaluasi kegiatan RHL menunjukkan rendahnya tingkat tutupan lahan pada arela penggunaan lain (APL)/lahan pertanian.

Perlu dicatat juga bahwa sebagian besar program untuk mengatasi degradasi lahan di Dieng sebagian besar dilakukan di Kecamatan Batur dan Kecamatan Kejajar yang sering dianggap oleh berbagai pihak sebagai representasi dari kawasan Dieng utama. Hal itu karena pertimbangan kelengkapan dan keunggulan dua kecamatan tersebut dari potensi biogeofisik, sosial, ekonomi dan budaya dibandingkan wilayah lainnya di KDTD. Berdasarkan data spasial lahan kritis yang dirilis CDK VII Jawa Tengah (2020), meskipun kegiatan berbasis vegetasi periode tahun 2010-2013 sangat masif dilakukan pada kedua daerah tersebut, namun kekritisannya masihlah tetap tinggi seperti yang bisa dilihat pada Tabel 2.2. Luas wilayah Kecamatan Batur dan Kejajar seluas 12.592,99 Ha, dan 7.825,87 Ha atau 61,67% diantaranya berada dalam kondisi kritis. Sumbangan terbesar terhadap kekritisannya lahan diperkirakan berasal dari lahan petani seluas 7.654,77 atau 63,21% dari total luas areal yang sebagian besar merupakan areal pertanian berbasis tanaman kentang.

SEKOLAH PASCASARJANA

Tabel 2.2. Daftar Lokasi dan Jenis Kegiatan Vegetasi di Kecamatan Batur dan Kejajar Periode Tahun 2010-2013

DESA	Jumlah KK	Tinggi (mdpl)	Luas	Hutan Negara (Termasuk HL,HP,HPT, CA,TWA)	Lahan Milik (Hanya lahan pertanian)	Persentase Lahan Milik	Lahan Kritis	Persentase Lahan Kritis	Kegiatan Vegetatif			
									2010	2011	2012	2013
Bakal	1.062	1.827	565,79	118,00	359,04	63,46	414,47	73,25			KBR	
Batur	1.254	1.663	1.462,04	270,00	1.022,89	69,96	1.103,52	75,48				KBR
Dieng Kulon	1.071	2.093	263,05	146,30	110,29	41,93	161,35	61,34				KBR
Karangtengah	1.342	2.002	431,46	75,00	320,50	74,28	329,35	76,33	RHL	KBR		
Kepakisan	833	1.834	693,58	168,00	445,88	64,29	480,77	69,32	RHL	KBR	SCBFWM	
Pasurenan	759	1.639	433,17	-	263,43	60,81	371,38	85,74			KBR	
Pekasiran	1.368	1.776	665,83	169,00	491,20	73,77	447,78	67,25	KBR	SCBFWM		KBR
Sumberejo	1.507	1.609	698,86	116,00	472,77	67,65	559,99	80,13	RHL	KBR		
Kec. Batur			5.213,78	1.062,30	3.486,00	64,52	3.868,59	73,60				
Buntu	904	1.328	508,54	35,00	436,69	85,87	264,22	51,96	RHL	KBR		
Campursari	753	1.659	1.235,20	256,00	603,77	48,88	288,86	23,39	SCBFWM			KBR
Dieng	745	2.082	365,66	181,00	106,05	29,00	142,50	38,97	SCBFWM			
Igirmranak	246	1.767	243,86	39,00	152,98	62,73	210,99	86,52	RHL			
Jojogan	460	1.999	99,01	16,00	79,06	79,86	18,97	19,16				
Kejajar	1.036	1.444	951,66	386,75	301,12	31,64	415,20	43,63				
Kreo	499	1.355	185,60	77,00	129,16	69,59	161,66	87,10				
Parikesit	688	1.970	374,45	22,00	324,97	86,78	331,30	88,48	RHL		KBR	
Patakbanteng	757	1.999	167,04	80,00	102,74	61,51	115,74	69,29	RHL			
Sembungan	342	2.121	602,83	50,00	444,32	73,71	262,43	43,53				
Serang	1.400	1.495	501,54	77,00	373,98	74,57	445,05	88,74		KBR		
Sigedang	1.003	1.635	465,83	686,80	129,66	27,83	297,51	63,87				KBR
Sikunang	709	2.077	800,72	227,90	292,83	36,57	370,85	46,31				KBR
Suren Gede	1.208	1.583	376,26	14,00	346,25	92,02	302,09	80,29			RHL	KBR
Tambi	1.994	1.379	185,26	123,75	91,54	49,41	91,53	49,41	RHL		KBR	
Tieng	1.325	1.628	315,75	35,00	253,65	80,33	238,38	75,50		KBR	UTL	
Kec. Kejajar			7.379,21	2.307,20	4.168,77	61,89	3.957,27	59,76				
Total			12.592,99	3.369,50	7.654,77	63,21	7.825,87	66,68				

SEKOLAH PASCASARJANA