

ANALISIS OPTIMALISASI POLA TANAM AGROFORESTRI DUKUH DENGAN APLIKASI SEI-FS DI KECAMATAN KARANG INTAN KABUPATEN BANJAR

*Analysis of Planting Pattern Optimization in Dukuh Agroforestry Using the SEI-FS
Application in Karang Intan District, Banjar Regency*

Sebastian Arta Kesuma, Hafizianor, Mahrus Aryadi

Program Studi Kehutanan
Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat

ABSTRACT. This study aimed to evaluate spatial modeling and optimize planting patterns in dukuh agroforestry systems using the Spatially Explicit Individual-Based Forest Simulator (SEI-FS). Field data consisting of tree species, diameter, height, and spatial coordinates were used as input to simulate horizontal and vertical stand structures. The model generated crown map, root map, and light map to assess canopy distribution, root interaction, and light availability as key indicators of spatial efficiency. The results showed that both Dukuh Rumah and Dukuh Gunung exhibited adaptive spatial configurations, with light intensity ranging from 67–89.4% and 65–85%, respectively, and root density indicating low to moderate competition. More complex vertical stratification contributed to a more even distribution of light without significantly increasing competition. The optimization analysis revealed that planting arrangement based on spatial configuration and canopy stratification improves resource use efficiency and reduces interspecific competition. These findings demonstrate that SEI-FS provides a quantitative approach for designing more adaptive and sustainable planting patterns in dukuh agroforestry systems.

Keywords: *spatial modeling; planting optimization; SEI-FS; agroforestry; spatial structure*

ABSTRAK. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pemodelan spasial dan mengoptimalkan pola tanam pada sistem agroforestri dukuh menggunakan aplikasi *Spatially Explicit Individual-Based Forest Simulator* (SEI-FS). Data lapangan berupa jenis, diameter, tinggi, dan koordinat spasial pohon digunakan sebagai input untuk mensimulasikan struktur tegakan secara horizontal dan vertikal. Model menghasilkan *crown map*, *root map*, dan *light map* yang digunakan untuk menganalisis distribusi tajuk, interaksi perakaran, serta ketersediaan cahaya sebagai indikator efisiensi ruang tumbuh. Hasil simulasi menunjukkan bahwa Dukuh Rumah dan Dukuh Gunung memiliki konfigurasi spasial yang adaptif, dengan intensitas cahaya masing-masing berkisar 67–89,4% dan 65–85%, serta kepadatan akar yang mencerminkan tingkat kompetisi rendah hingga sedang. Stratifikasi vertikal yang lebih kompleks berkontribusi terhadap distribusi cahaya yang lebih merata tanpa meningkatkan kompetisi secara signifikan. Analisis optimalisasi menunjukkan bahwa pengaturan pola tanam berbasis konfigurasi spasial dan stratifikasi tajuk mampu meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya dan menekan kompetisi antarjenis. Hasil ini menegaskan bahwa SEI-FS dapat digunakan sebagai pendekatan kuantitatif dalam merancang pola tanam agroforestri dukuh yang lebih adaptif dan berkelanjutan.

Kata kunci: pemodelan spasial; optimalisasi pola tanam; SEI-FS; agroforestri; struktur spasial

Penulis untuk korespondensi, surel: hafizianor@ulm.ac.id

PENDAHULUAN

Agroforestri merupakan sistem pengelolaan lahan yang mengintegrasikan tanaman kehutanan dengan tanaman pertanian dalam satu kesatuan ruang dan waktu untuk meningkatkan produktivitas sekaligus menjaga fungsi ekologis. Sistem ini berkontribusi terhadap peningkatan kesuburan tanah, konservasi air, dan diversifikasi pendapatan

masyarakat (Hairiah *et al.* 2003) Di Kalimantan Selatan, agroforestri juga telah diterapkan sebagai pendekatan rehabilitasi lahan berbasis perhutanan sosial yang mampu memperbaiki kondisi vegetasi sekaligus memberdayakan masyarakat lokal (Aryadi *et al.* 2016).

Dukuh merupakan bentuk agroforestri tradisional khas Kabupaten Banjar yang memadukan berbagai jenis tanaman buah, kayu, dan tanaman bawah dalam struktur

berlapis menyerupai hutan alami (Hafizianor, 2002) . Struktur vegetasi pada sistem ini umumnya didominasi oleh jenis bernilai ekonomi tinggi seperti durian, dengan nilai INP yang signifikan sebagaimana juga dilaporkan pada sistem agroforestri lain di Kalimantan (Hutagaol, 2017) . Dominasi jenis tertentu dapat memengaruhi tingkat keanekaragaman dan stabilitas komunitas vegetasi.

Meskipun memiliki struktur kompleks, pengelolaan pola tanam dukuh masih banyak didasarkan pada pengalaman lokal tanpa dukungan analisis spasial kuantitatif. Kondisi tersebut berpotensi menyebabkan kurang optimalnya pemanfaatan ruang tumbuh, distribusi cahaya, serta interaksi perakaran antarindividu. Oleh karena itu, pendekatan berbasis pemodelan diperlukan untuk mengevaluasi struktur horizontal dan vertikal secara lebih terukur.

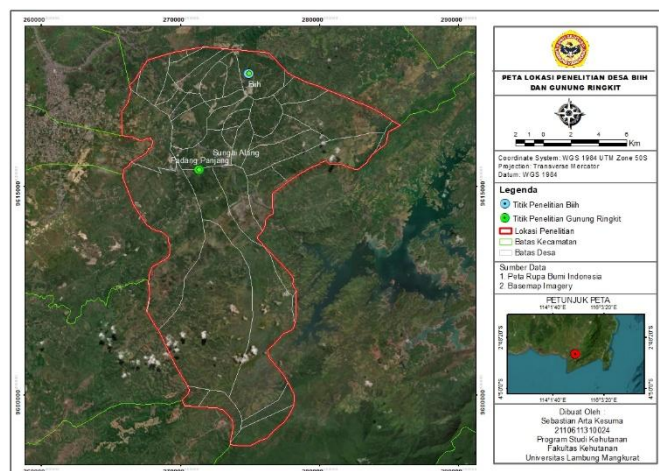
Aplikasi *Spatially Explicit Individual-Based Forest Simulator* (SEI-FS) memungkinkan simulasi distribusi individu pohon, stratifikasi tajuk, serta analisis root map dan light map sehingga memberikan gambaran komprehensif mengenai efisiensi pemanfaatan

ruang. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa pengaturan spasial dan kombinasi jenis tanaman berpengaruh terhadap produktivitas dan keberlanjutan sistem agroforestri . Penelitian ini bertujuan menganalisis struktur vegetasi serta mengoptimalkan pola tanam agroforestri dukuh menggunakan aplikasi SEI-FS di Kecamatan Karang Intan, Kabupaten Banjar.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada sistem agroforestri dukuh di Kecamatan Karang Intan, Kabupaten Banjar, Kalimantan Selatan. Lokasi penelitian terdiri atas dua tipe dukuh, yaitu Dukuh Rumah dan Dukuh Gunung, yang mewakili perbedaan kondisi topografi dan pola pengelolaan. Pengambilan data vegetasi dilakukan menggunakan metode analisis vegetasi pada petak ukur berukuran 20 × 20 m untuk kategori pohon. Setiap individu dicatat jenis, diameter, tinggi, serta posisi koordinat spasialnya



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Alat Dan Bahan

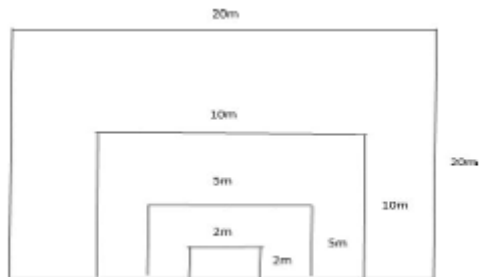
Alat yang digunakan meliputi: kamera atau telepon seluler, tali dan patok, meteran, hagameter, tally sheet, alat tulis, aplikasi Avenza Maps berbasis GPS, laptop, serta program *Spatially Explicit Individual-Based Forest Simulator* (SEI-FS).

Prosedur Penelitian

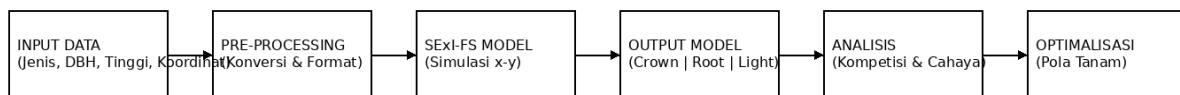
Penelitian dilakukan melalui pendekatan kuantitatif berbasis pemodelan spasial individu

pohon pada petak ukur 20 × 20 m dengan metode sensus. Data yang dikumpulkan meliputi jenis, diameter setinggi dada (DBH), tinggi total, dan posisi koordinat relatif tiap individu, yang kemudian diformat sesuai kebutuhan input *Spatially Explicit Individual-Based Forest Simulator* (SEI-FS). Setiap individu direpresentasikan secara eksplisit dalam model dua dimensi (x-y) untuk menghasilkan simulasi crown map, root map, dan light map. Keluaran model dianalisis untuk

mengevaluasi distribusi tajuk, interaksi perakaran, dan intensitas cahaya sebagai indikator kompetisi dan efisiensi ruang tumbuh, kemudian dibandingkan antar lokasi sebagai dasar rekomendasi optimalisasi pola tanam agroforestri dukuh.



Gambar 2. Contoh plot penelitian



Gambar 3. Analisis Data menggunakan Aplikasi SEXI-FS

Model menghasilkan keluaran berupa *crown map*, *root map*, dan *light map* yang merepresentasikan distribusi tajuk, interaksi sistem perakaran, serta pola intensitas cahaya. Ketiga komponen tersebut dianalisis secara terpadu untuk mengidentifikasi tingkat tumpang tindih tajuk, kepadatan perakaran, dan distribusi cahaya sebagai indikator utama dalam evaluasi efisiensi ruang tumbuh.

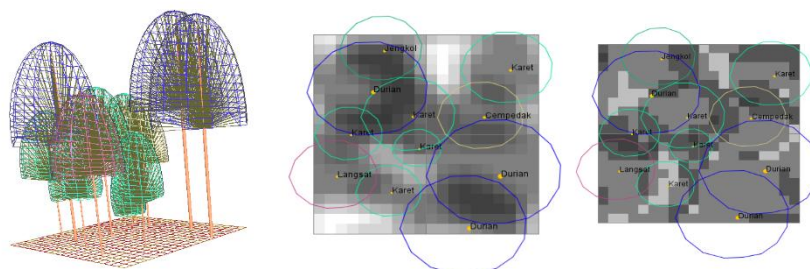
Proses optimalisasi dilakukan melalui interpretasi konfigurasi spasial yang menunjukkan keseimbangan antara distribusi cahaya dan interaksi perakaran. Pola dengan distribusi sumber daya yang lebih merata dan tingkat kompetisi yang lebih rendah diinterpretasikan sebagai kondisi optimal, sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam perumusan rekomendasi pola tanam agroforestri yang lebih adaptif dan berkelanjutan.

Analisis Data

Analisis data dilakukan melalui pendekatan pemodelan spasial berbasis individu menggunakan *Spatially Explicit Individual-Based Forest Simulator* (SEXI-FS), yang digunakan untuk mensimulasikan interaksi antarindividu dalam tegakan secara eksplisit dalam ruang tumbuh (Pretzsch, 2014; Grimm *et al.* 2010). Data atribut pohon berupa jenis, diameter, tinggi, dan koordinat spasial digunakan sebagai input utama untuk merepresentasikan setiap individu dalam sistem dua dimensi (x-y). Pendekatan ini memungkinkan simulasi interaksi antarindividu secara eksplisit dalam ruang tumbuh.

HASIL DAN PEMBAHASAN

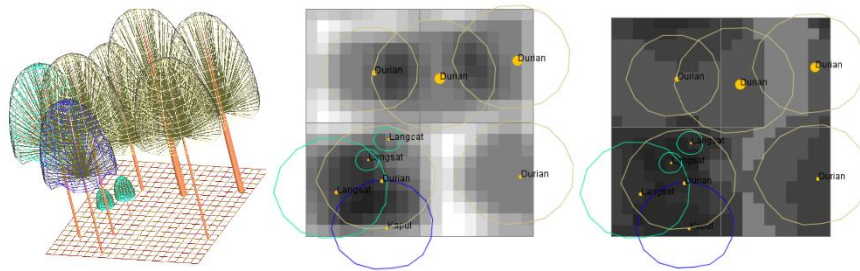
Hasil pemodelan spasial berbasis individu menggunakan SEXI-FS menunjukkan bahwa konfigurasi tegakan pada kedua lokasi menghasilkan pola distribusi tajuk, cahaya, dan perakaran yang berbeda namun tetap berada dalam kondisi yang mendukung efisiensi pemanfaatan ruang tumbuh. Pendekatan pemodelan berbasis individu ini mampu merepresentasikan interaksi antarindividu secara dinamis dalam suatu sistem (Grimm *et al.* 2010; Pretzsch, 2014). Representasi visual melalui *crown map*, *light map*, dan *root map* (Gambar 4 dan Gambar 5) memberikan gambaran komprehensif mengenai interaksi antarindividu dalam sistem agroforestri dukuh.



Gambar 4. Hasil simulasi SEXI-FS pada Dukuh Rumah: *crown map*, *light map*, *root map*

Pada Dukuh Rumah (Gambar 4), struktur tajuk menunjukkan tingkat tumpang tindih yang relatif moderat, sehingga penetrasi cahaya ke lapisan bawah masih berlangsung dengan baik. Kondisi ini berkaitan dengan dominasi jenis tanaman seperti karet (*Hevea brasiliensis*) dan durian (*Durio zibethinus*) yang cenderung memiliki tajuk tidak terlalu rapat, sehingga memungkinkan distribusi cahaya yang lebih merata sebagaimana terlihat pada *light map*. Selain itu, pola penyebaran

perakaran pada *root map* tidak menunjukkan konsentrasi kompetisi yang tinggi, yang mengindikasikan bahwa interaksi bawah permukaan masih berada dalam batas toleransi antarindividu. Kondisi ini mencerminkan sistem dengan tingkat kompetisi yang relatif rendah dan pemanfaatan ruang yang cukup efisien, yang juga berkaitan dengan struktur tajuk dan stratifikasi vertikal tegakan (Pretzsch, 2014).



Gambar 4. Hasil simulasi SEI-FS pada Dukuh Gunung: *crown map*, *light map*, *root map*

Berbeda dengan itu, Dukuh Gunung (Gambar 5) menunjukkan struktur tajuk yang lebih kompleks dengan tingkat tumpang tindih yang lebih tinggi. Hal ini dipengaruhi oleh keberadaan jenis tanaman seperti durian (*Durio zibethinus*), cempedak (*Artocarpus integer*), dan langsung (*Lansium domesticum*) yang memiliki tajuk lebih lebar dan rapat. Visualisasi *light map* mengindikasikan adanya variasi intensitas cahaya yang lebih beragam,

sementara *root map* menunjukkan kepadatan perakaran yang relatif lebih tinggi dibandingkan Dukuh Rumah. Kondisi ini mengindikasikan adanya peningkatan interaksi antarindividu, baik pada bagian atas maupun bawah permukaan, yang berkaitan dengan dinamika kompetisi akar dalam memperebutkan sumber daya (Bardgett *et al.*, 2014).

Tabel 1. Ringkasan Parameter Hasil Simulasi Intensitas Cahaya dan Kepadatan Akar

Lokasi	Intensitas Cahaya (%)	Kepadatan Akar (%)	Karakter Tajuk
Dukuh Rumah	67–89,4	10–30	Sedang
Dukuh Gunung	65–85	30–36	Kompleks

Secara kuantitatif, perbedaan tersebut diperkuat oleh data ringkasan hasil simulasi (Tabel 1). Intensitas cahaya pada Dukuh Rumah berkisar antara 67–89,4% dengan kepadatan akar 10–30%, sedangkan pada Dukuh Gunung intensitas cahaya berada pada kisaran 65–85% dengan kepadatan akar 30–

36%. Rentang nilai tersebut menunjukkan bahwa meskipun kedua lokasi memiliki kondisi yang relatif mendukung pertumbuhan, Dukuh Gunung cenderung memiliki tingkat interaksi yang lebih tinggi akibat struktur tajuk yang lebih kompleks.

Tabel 2. Nilai Indeks Nilai Penting (INP) tingkat pohon pada Dukuh Rumah

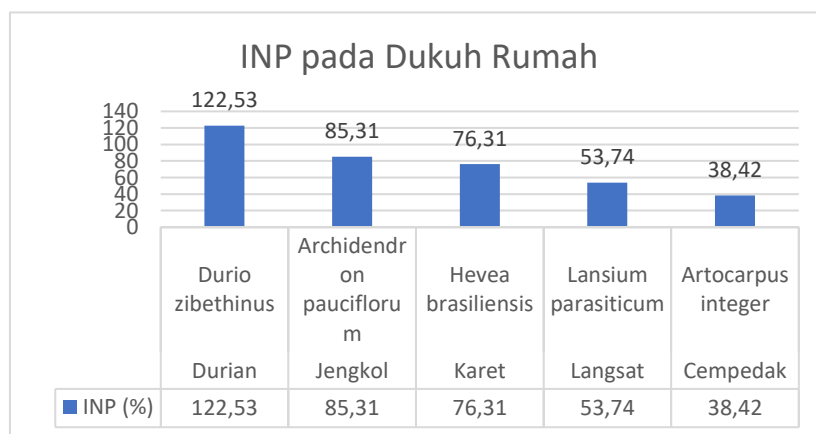
Jenis Tanaman	Nama Ilmiah	INP (%)
Durian	<i>Durio zibethinus</i>	122.53
Jengkol	<i>Archidendron pauciflorum</i>	85.31
Karet	<i>Hevea brasiliensis</i>	76.31
Langsat	<i>Lansium parasiticum</i>	53.74
Cempedak	<i>Artocarpus integer</i>	38.42

Tabel 3. Nilai Indeks Nilai Penting (INP) tingkat pohon pada Dukuh Gunung

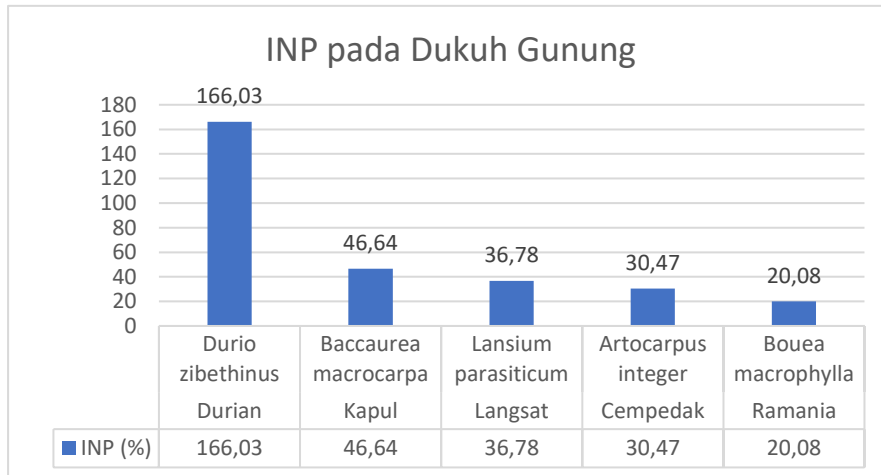
Jenis Tanaman	Nama Ilmiah	INP (%)
Durian	<i>Durio zibethinus</i>	166.03
Kapul	<i>Baccaurea macrocarpa</i>	46.64
Langsat	<i>Lansium parasiticum</i>	36.78
Cempedak	<i>Artocarpus integer</i>	30.47
Ramania	<i>Bouea macrophylla</i>	20.08

Nilai Indeks Nilai Penting (INP) pada tingkat pohon digunakan sebagai informasi pendukung untuk menggambarkan dominansi jenis pada masing-masing lokasi penelitian. Berdasarkan hasil analisis (Tabel 2 dan Tabel 3), komposisi vegetasi pada Dukuh Rumah didominasi oleh durian (*Durio zibethinus*) dengan nilai INP tertinggi sebesar 122,53%, diikuti oleh jengkol (*Archidendron pauciflorum*) dan karet (*Hevea brasiliensis*). Sementara itu,

pada Dukuh Gunung dominansi jenis lebih kuat ditunjukkan oleh durian (*Durio zibethinus*) dengan nilai INP sebesar 166,03%, diikuti oleh kapul (*Baccaurea macrocarpa*) dan langsung (*Lansium parasiticum*). Perbedaan dominansi ini menunjukkan adanya variasi struktur tegakan antar lokasi, yang berkontribusi terhadap perbedaan distribusi cahaya dan pola interaksi perakaran dalam sistem.



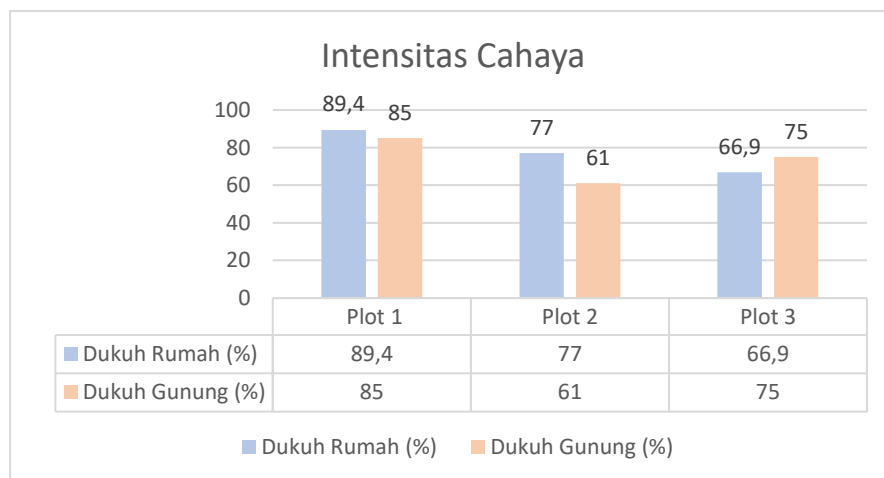
Gambar 5. Nilai Indeks Nilai Penting (INP) tingkat pohon pada Dukuh Rumah



Gambar 6. Indeks Nilai Penting (INP) pada Dukuh Gunung

Visualisasi nilai INP pada tingkat pohon di masing-masing lokasi ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6. Grafik tersebut memperlihatkan perbedaan dominansi jenis antara Dukuh Rumah dan Dukuh Gunung.

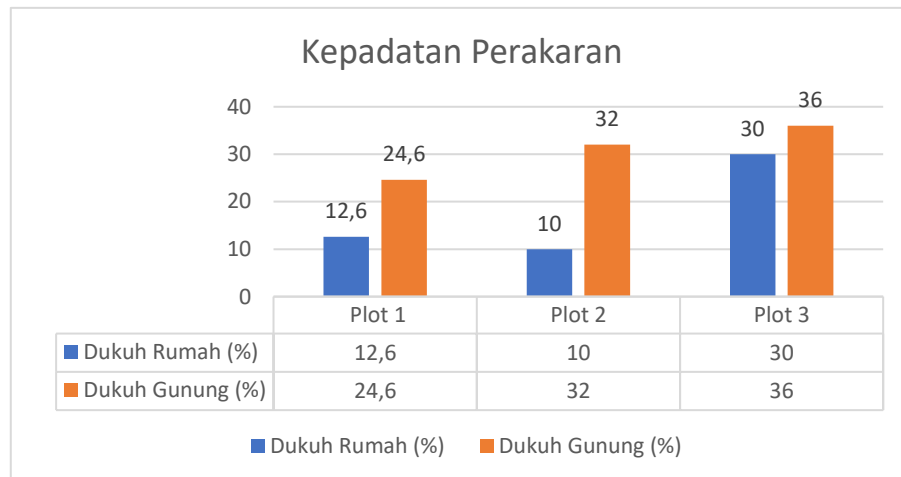
Meskipun demikian, dalam penelitian ini analisis INP tidak menjadi fokus utama, melainkan digunakan sebagai data pendukung untuk memperkuat interpretasi hasil pemodelan spasial yang telah dilakukan. Data lengkap nilai INP pada tingkat semai, pancang, dan tiang disajikan pada bagian lampiran.



Gambar 7. Intensitas Cahaya

Variasi intensitas cahaya antar plot pada kedua lokasi ditunjukkan pada Gambar 6, yang memperlihatkan adanya perbedaan nilai pada masing-masing unit pengamatan. Pada Dukuh Rumah, intensitas cahaya cenderung berada pada kisaran yang lebih tinggi dibandingkan Dukuh Gunung, meskipun pada beberapa plot

terjadi fluktuasi nilai yang dipengaruhi oleh tingkat tumpang tindih tajuk. Kondisi ini menunjukkan bahwa distribusi cahaya tidak bersifat homogen, melainkan dipengaruhi oleh konfigurasi spasial individu dan struktur tajuk pada setiap plot



Gambar 8. Kepadatan Akar

Sementara itu, distribusi kepadatan perakaran antar plot pada kedua lokasi ditunjukkan pada Gambar 7. Grafik tersebut memperlihatkan bahwa Dukuh Gunung memiliki kecenderungan nilai kepadatan akar yang lebih tinggi dibandingkan Dukuh Rumah pada sebagian besar plot. Variasi ini menunjukkan adanya perbedaan tingkat interaksi bawah permukaan yang dipengaruhi oleh jarak antarindividu serta kombinasi jenis tanaman, yang secara umum merupakan karakteristik sistem agroforestri (Jose, 2012).

Perbandingan antara Gambar 6 dan Gambar 7 menunjukkan bahwa variasi distribusi cahaya dan kepadatan akar saling berkaitan dalam membentuk dinamika sistem agroforestri. Plot dengan intensitas cahaya yang lebih rendah umumnya memiliki kecenderungan kepadatan akar yang lebih tinggi, yang mengindikasikan adanya interaksi kompetitif baik pada ruang atas maupun bawah. Meskipun demikian, kondisi tersebut masih berada dalam kisaran yang menunjukkan kestabilan sistem dan tidak mengarah pada kompetisi yang berlebihan.

Berdasarkan keseluruhan hasil pemodelan, konfigurasi spasial pada kedua lokasi menunjukkan tingkat efisiensi pemanfaatan ruang tumbuh yang cukup baik. Kombinasi jenis tanaman dengan karakter tajuk yang berbeda memungkinkan terjadinya pembagian relung (*niche differentiation*), sehingga distribusi cahaya tetap optimal tanpa meningkatkan kompetisi perakaran secara berlebihan. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem yang diamati telah mendekati kondisi optimal dalam pemanfaatan ruang dan sumber daya (FAO, 2015; Pretzsch, 2014).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Pendekatan pemodelan spasial berbasis Spatially Explicit Individual-Based Forest Simulator (SEI-FS) mampu merepresentasikan konfigurasi struktur agroforestri dukuh secara eksplisit pada skala individu pohon. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pengaturan spasial dan pembentukan stratifikasi tajuk berperan dalam menjaga keseimbangan distribusi cahaya serta interaksi perakaran, sehingga tingkat kompetisi tetap berada pada kondisi terkendali. Kompleksitas vertikal tidak mengarah pada peningkatan tekanan sumber daya, melainkan mendorong efisiensi pemanfaatan ruang tumbuh melalui mekanisme pembagian relung. Temuan ini menegaskan bahwa integrasi analisis vegetasi dan pemodelan spasial dapat digunakan sebagai dasar kuantitatif dalam merancang pola tanam agroforestri dukuh yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Saran

Penelitian selanjutnya disarankan mengembangkan pemodelan spasial ke arah simulasi pertumbuhan jangka panjang dan integrasi variabel lingkungan tambahan untuk meningkatkan akurasi optimalisasi pola tanam agroforestri dukuh. Pendekatan ini berpotensi memperluas penerapan model pada skala pengelolaan yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Aryadi, M., Fauzi, H., & Satriadi, T. (2016). *Rehabilitation of Protection Forest through Social Forestry-Based Agroforestry in South Kalimantan Indonesia*. Prosiding, Universitas Lambung Mangkurat.
- Bardgett, R.D., Mommer, L., & De Vries, F.T. 2014. *Going underground: Root traits as drivers of ecosystem processes*. *Trends in Ecology & Evolution*, 29(12), 692–699.
- Bayala, J., Sanou, J., Teklehaimanot, Z., Kalinganire, A., & Ouedraogo, S.J. 2014. *Advances in knowledge of processes in soil–tree–crop interactions in parkland systems in the West African Sahel*. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 205, 25–35.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2015. *Agroforestry for landscape restoration*. Rome: FAO.
- Grimm, V., Berger, U., DeAngelis, D.L., Polhill, J.G., Giske, J., & Railsback, S.F. 2010. *The ODD protocol: A review and first update*. *Ecological Modelling*, 221(23), 2760–2768.
- Hafizianor. 2015. *Pengelolaan Agroforestri Tradisional Dukuh untuk Ketahanan Pangan dan Energi di Kabupaten Banjar Kalimantan Selatan*. Universitas Lambung Mangkurat. Hafizianor. 2002. *Pengelolaan Dukuh Ditinjau Dari Perspektif Sosial-ekonomi Dan Lingkungan*. Banjarbaru: Fakultas Kehutanan Unlam Banjarbaru.
- Hairiah, K., M.A. Sardjono & S.Sabarnuridin. 2003. *Bahan Ajaran Agroforestry Pengantar Agroforestry*. Bogor: World Agroforestry Center.
- Hutagaol, F. 2017. *Diversitas tumbuhan buah lokal pada areal Tembawang Desa Engkersik Kabupaten Sekadau*. *Jurnal PIPER*, 13(25), 43–52.
- Jose, S. 2012. *Agroforestry for conserving and enhancing biodiversity*. *Agroforestry Systems*, 85(1), 1–8.
- Pretzsch, H. 2014. *Canopy space filling and tree crown morphology in mixed-species stands compared with monocultures*. *Forest Ecology and Management*, 327, 251–264.
- van Noordwijk, M., Coe, R., Sinclair, F.L., & Bayala, J. 2015. *Climate-smart agroforestry: Integrating adaptation and mitigation in tropical systems*. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 221, 1–3.

