

Microclimate and Structure of Tree Community in the Parak Ecosystem in Maninjau West Sumatra

Muhammad Rizki Yanuar¹, Reki Kardiman^{1*}

¹Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Science, Universitas Negeri Padang

*Corresponding author: erka@unp.ac.id

Received March, 6, 2026

Revised April, 29, 2026

Accepted April 30, 2026

ABSTRACT. *This study aims to analyze the microclimate conditions within Parak ecosystems around Lake Maninjau, West Sumatra, focusing on the relationship between tree community structure and microclimatic parameters, including light intensity, air temperature, and relative humidity. Data collection was conducted using a purposive sampling method across four research plots representing variations in vegetation structure. The results showed an average tree density of 630 trees/ha with a canopy cover of 64.86%. Microclimate parameters varied significantly between plots and measurement times. Light intensity was highest in SUDM (open canopy) at 4122.27 lux during the day, and lowest in SBDM (dense canopy) at 262.73 lux in the morning. Air temperature was more stable in plots with dense canopies (SBDM: 22.4°C in the morning; 25.9°C at noon) compared to open plots (SUDM: 26.9°C in the afternoon). Meanwhile, the highest relative humidity was found in SBDM (97.8% in the morning; 88.7% in the afternoon), which is indicated as a result of minimal evaporation. Overall, a dense stand structure, characterized by high density and wide canopy cover, significantly reduced light intensity, stabilized temperature, and maintained humidity. These findings support the development of vegetation-structure-based management strategies for Parak ecosystems to optimize ecological and economic productivity.*

Keywords: Parak Ecosystem, Microclimate, Canopy Cover, Agroforestry, Lake Maninjau, Tree Community Structure

ABSTRAK. Penelitian ini bertujuan menganalisis kondisi iklim mikro pada ekosistem Parak di sekitar Danau Maninjau, Sumatera Barat, dengan fokus pada hubungan antara struktur komunitas pohon terhadap parameter iklim mikro, meliputi intensitas cahaya, suhu udara, dan kelembaban relatif. Pengambilan data dilakukan menggunakan metode *purposive sampling* pada empat plot penelitian yang merepresentasikan variasi struktur vegetasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata kerapatan pohon adalah 630 pohon/ha dengan tutupan kanopi sebesar 64,86%. Parameter iklim mikro bervariasi signifikan antarplot dan waktu pengukuran. Intensitas cahaya tercatat tertinggi di SUDM (kanopi terbuka) sebesar 4122,27 lux pada siang hari, dan terendah di SBDM (kanopi rapat) sebesar 262,73 lux pada pagi hari. Suhu udara lebih stabil pada plot berkanopi rapat (SBDM: 22,4°C pagi; 25,9°C siang) dibandingkan plot terbuka (SUDM: 26,9°C sore). Sementara itu, kelembaban relatif tertinggi ditemukan di SBDM (97,8% pagi; 88,7% sore) yang diindikasikan akibat minimnya penguapan. Secara keseluruhan, struktur tegakan yang rapat, dengan kerapatan tinggi dan tutupan kanopi lebar, secara signifikan mengurangi intensitas cahaya, menstabilkan suhu, dan

mempertahankan kelembaban. Temuan ini mendukung pengembangan strategi pengelolaan ekosistem Parak yang berbasis pada struktur vegetasi untuk mengoptimalkan produktivitas ekologi dan ekonomi.

Kata kunci: Ekosistem Parak, Iklim Mikro, Tutupan Kanopi, Agroforestri, Danau Maninjau, Struktur Komunitas Pohon

1. PENDAHULUAN

Ekosistem parak merupakan salah satu bentuk sistem agroforestri tradisional yang berkembang secara turun-temurun di Sumatera Barat dan memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan ekologis serta mendukung kehidupan sosial ekonomi masyarakat lokal (de Foresta et al., 1995; Michon & de Foresta, 2000; Martial, 2011). Di kawasan sekitar Danau Maninjau, Kecamatan Tanjung Raya, ekosistem parak tidak hanya berfungsi sebagai sumber penghidupan, tetapi juga sebagai penyangga lingkungan yang berkontribusi terhadap pengaturan iklim mikro, konservasi tanah dan air, serta pelestarian keanekaragaman hayati (Otsuka, 2000; Asmin et al., 2017). Namun demikian, dinamika pemanfaatan lahan, perubahan intensitas pengelolaan, dan tekanan lingkungan berpotensi memengaruhi struktur vegetasi dan kondisi mikroklimat di dalam ekosistem tersebut.

Struktur vegetasi, khususnya kerapatan pohon dan tutupan kanopi, merupakan komponen kunci yang menentukan karakteristik ekosistem parak. Variasi kerapatan pohon dan tingkat penutupan kanopi berpengaruh langsung terhadap intensitas cahaya yang masuk ke permukaan tanah, yang selanjutnya memengaruhi suhu dan kelembaban udara di bawah tegakan (Kimmins, 2004; Bunyamin & Aqil, 2010). Kondisi mikroklimat ini sangat menentukan kenyamanan organisme hidup, proses fisiologis tumbuhan, serta stabilitas ekosistem secara keseluruhan (Hamdan, 2013). Oleh karena itu, perubahan pada salah satu komponen tersebut berpotensi menimbulkan efek berantai terhadap komponen lingkungan lainnya.

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengkaji hubungan antara struktur vegetasi dan faktor mikroklimat pada ekosistem hutan maupun agroforestri. Hasil-hasil studi tersebut umumnya menunjukkan bahwa peningkatan kerapatan pohon dan tutupan kanopi cenderung menurunkan intensitas cahaya serta suhu udara, sekaligus meningkatkan kelembaban (Chazdon & Field, 1987; Canham, 1988; Rogi & Rombang, 2016). Meskipun demikian, sebagian besar penelitian masih berfokus pada ekosistem hutan alam atau sistem agroforestri modern, sementara kajian yang secara spesifik menelaah ekosistem parak tradisional, khususnya di kawasan Danau Maninjau, masih relatif terbatas. Kondisi ini menyebabkan kurangnya informasi ilmiah yang kontekstual dan berbasis lokal untuk mendukung pengelolaan ekosistem parak secara berkelanjutan.

Kebaruan penelitian ini terletak pada analisis keterkaitan antara kerapatan pohon, tutupan kanopi, intensitas cahaya, suhu, dan kelembaban udara secara terpadu pada ekosistem parak di sekitar Danau Maninjau. Pendekatan kuantitatif dan analisis korelasi yang diterapkan memungkinkan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai interaksi antarvariabel lingkungan dalam sistem

agroforestri tradisional, yang selama ini masih jarang dilaporkan dalam literatur ilmiah (Michon et al., 1986; Kardiman, 2008). Selain itu, penelitian ini menyajikan gambaran empiris mengenai karakteristik mikroklimat ekosistem parak yang dapat menjadi dasar pengembangan strategi pengelolaan berbasis ekologi.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara kerapatan pohon dan tutupan kanopi dengan intensitas cahaya, suhu, serta kelembaban udara pada ekosistem parak di seputaran Danau Maninjau, Kecamatan Tanjung Raya. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengayaan kajian agroforestri tradisional, sekaligus menjadi rujukan bagi upaya pengelolaan dan pelestarian ekosistem parak secara berkelanjutan.

2. METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada ekosistem parak yang berada di seputaran Danau Maninjau, Kecamatan Tanjung Raya, Kabupaten Agam, Sumatera Barat. Penelitian dilakukan dengan pendekatan kuantitatif melalui pengukuran langsung parameter struktur vegetasi dan faktor mikroklimat di lapangan. Metode yang digunakan dirancang untuk memperoleh data yang representatif serta memungkinkan penelitian serupa dilakukan kembali pada lokasi dan waktu yang berbeda.

2.1 Prosedur Penelitian

Penelitian diawali dengan penentuan lokasi dan penetapan plot pengamatan secara *purposive sampling* pada area ekosistem parak yang mewakili kondisi umum wilayah penelitian. Pada lokasi penelitian ditetapkan sebanyak 4 plot pengamatan. Lokasi yang dipilih juga mewakili empat sisi arah mata angin dari Danau Maninjau yaitu Timur (plot1), Selatan (plot 2), Barat (plot 3) dan Utara (plot 4), di mana setiap plot dibagi menjadi 5 subplot, sehingga jumlah keseluruhan subplot yang diamati adalah 20 subplot. Setiap subplot berukuran 20 m × 20 m. Skema penempatan plot dan subplot disesuaikan dengan kondisi lapangan untuk menghindari area yang ekstrem atau terganggu secara langsung.

Pada setiap subplot dilakukan pengukuran kerapatan pohon dengan cara menghitung jumlah individu pohon yang memenuhi kriteria diameter setinggi dada (DBH) ≥ 10 cm. Tutupan kanopi diukur pada beberapa titik pengamatan dalam setiap subplot menggunakan densiometer atau analisis foto kanopi untuk memperoleh nilai rata-rata persentase penutupan tajuk.

Pengukuran faktor mikroklimat dilakukan secara langsung di bawah tegakan vegetasi pada waktu pengamatan yang relatif sama untuk meminimalkan pengaruh variasi harian. Pengambilan data intensitas cahaya, suhu udara, dan kelembaban udara dilakukan dalam tiga interval waktu: pagi hari (07.00-09.00 WIB), siang hari (11.00-13.00 WIB), dan sore hari (15.00-17.00 WIB), dengan asumsi kondisi cuaca cerah dan relatif stabil. Intensitas cahaya diukur menggunakan lux meter,

Tutuan kanopi diambil dengan menggunakan kamera lensa *fish-eye* untuk Hp, foto kanopi diambil pada jarak 1.3 m dari atas permukaan tanah, sedangkan suhu dan kelembaban udara diukur menggunakan termometer dan higrometer digital. Seluruh data hasil pengukuran dicatat secara sistematis pada setiap subplot.

Hal ini mendukung penjelasan prosedur penelitian, disajikan ilustrasi alur dan tata letak penelitian lapangan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

2.2 Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif dan inferensial. Analisis deskriptif digunakan untuk menggambarkan nilai rata-rata, kisaran, dan variasi kerapatan pohon, tutupan kanopi, intensitas cahaya, suhu, serta kelembaban udara. Selanjutnya dilakukan analisis korelasi untuk mengetahui hubungan antara variabel struktur vegetasi dan faktor iklim mikro. Uji statistik dilakukan menggunakan perangkat lunak pengolahan data statistik, seperti Microsoft Excel dan/atau SPSS, dengan tingkat kepercayaan yang ditetapkan pada taraf signifikansi tertentu. Hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk memudahkan interpretasi.

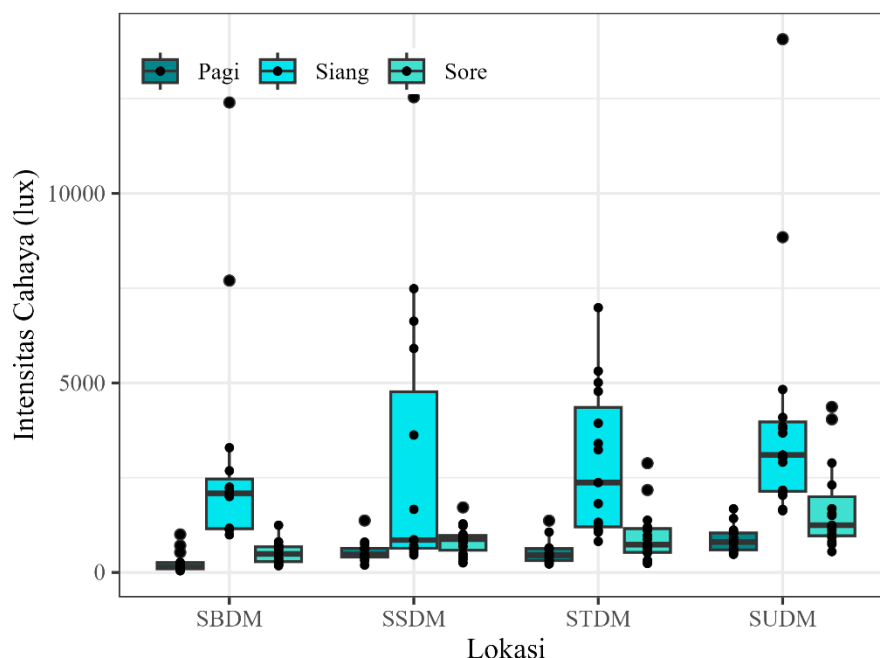
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Variasi Iklim Mikro Berdasarkan Waktu dan Lokasi Pengamatan

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa parameter iklim mikro di ekosistem parak sekitar Danau Maninjau mengalami variasi yang nyata antar waktu pengamatan (pagi, siang, dan sore) serta antar lokasi penelitian. Variasi ini berkaitan erat dengan perbedaan struktur vegetasi, khususnya kerapatan pohon dan keterbukaan tegakan.

3.1.1 Intensitas Cahaya Matahari

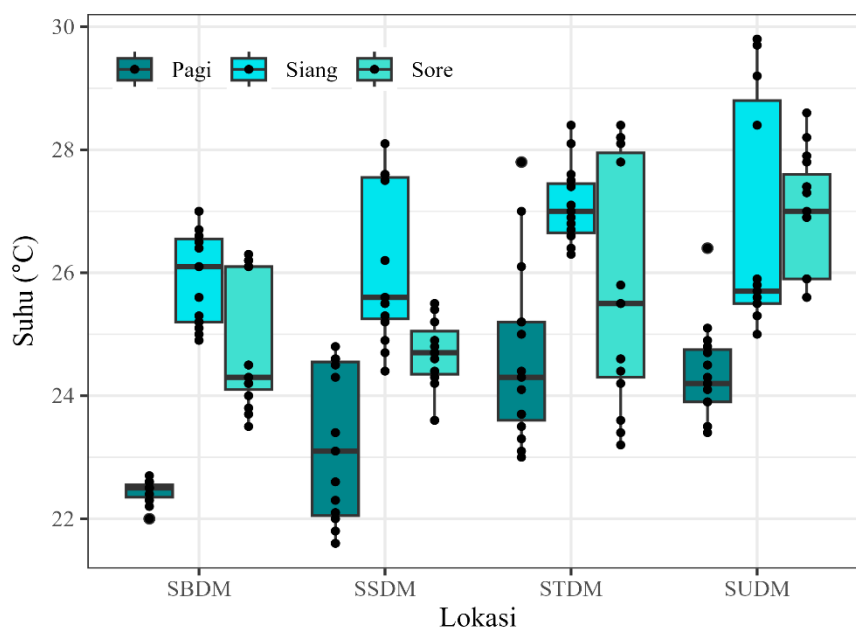
Intensitas cahaya matahari menunjukkan pola harian yang konsisten, yaitu rendah pada pagi hari, meningkat tajam pada siang hari, dan kembali menurun pada sore hari di seluruh lokasi penelitian (Gambar 2). Pada pagi hari (06.00–08.00 WIB), intensitas cahaya tertinggi tercatat di SUDM dengan rata-rata 874,33 lux, sedangkan terendah di SBDM sebesar 262,73 lux. Perbedaan ini menunjukkan bahwa struktur tegakan di SUDM relatif lebih terbuka sehingga memungkinkan penetrasi cahaya pagi lebih besar, sementara SBDM memiliki kanopi yang lebih rapat. Pada siang hari (11.00–13.00 WIB), intensitas cahaya meningkat signifikan di semua lokasi, dengan nilai tertinggi tetap ditemukan di SUDM (4122,27 lux). Sebaliknya, SBDM dan SUDM menunjukkan nilai intensitas cahaya yang lebih rendah, masing-masing sebesar 2905,24 lux dan 2956,81 lux. Kondisi ini mengindikasikan bahwa meskipun radiasi matahari berada pada puncaknya, struktur kanopi yang padat mampu mereduksi cahaya yang mencapai lantai vegetasi. Pada sore hari (15.00–17.00 WIB), intensitas cahaya menurun di seluruh lokasi, namun SUDM masih mencatat nilai tertinggi (1730,27 lux), sedangkan SBDM terendah (494,47 lux). Secara ekologis, hasil ini mendukung hipotesis bahwa lokasi dengan kerapatan pohon lebih rendah cenderung menerima intensitas cahaya lebih tinggi. Temuan ini sejalan dengan Chazdon dan Field (1987) serta Kimmins (2004) yang menyatakan bahwa kerapatan dan stratifikasi tajuk lebih menentukan distribusi cahaya dibandingkan sekadar persentaseutupan kanopi.



Gambar 2. Intensitas cahaya matahari per waktu pengukuran pada empat sisi Danau Maninjau. SBDM adalah sebelah barat Danau Maninjau, SSDM adalah sebelah selatan Danau Maninjau, STD adalah sebelah timur Danau Maninjau, SUDM adalah sebelah utara Danau Maninjau. Waktu pengambilan pagi hari pada pukul 06.00-08.00 WIB; siang hari pada pukul 11.00-13.00 WIB, dan sore hari pada pukul 15.00-17.00 WIB

3.1.2 Suhu Udara

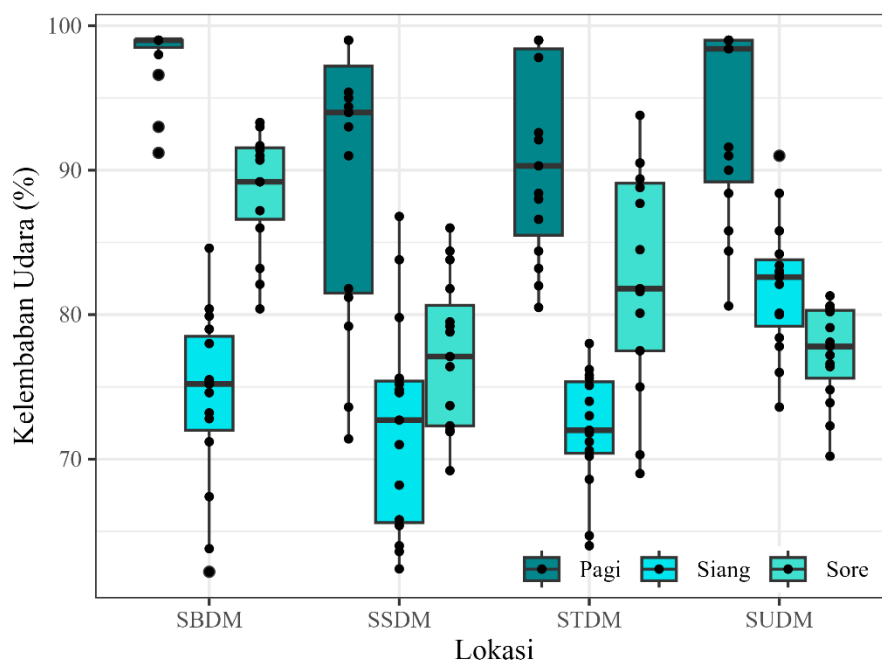
Pola suhu udara menunjukkan kecenderungan yang mengikuti variasi intensitas cahaya (Gambar 3). Pada pagi hari, suhu udara relatif rendah di seluruh lokasi, dengan nilai terendah di SBDM (22,4°C) dan tertinggi di STDM (24,6°C). Suhu pagi yang lebih rendah pada SBDM menunjukkan peran kanopi rapat dalam mempertahankan kestabilan suhu dengan menghambat pelepasan panas pada malam hari. Fenomena ini sesuai dengan pendapat Rogi dan Rombang (2016) yang menyatakan bahwa vegetasi berkanopi lebat berfungsi sebagai isolator termal alami. Pada siang hari, suhu udara meningkat di seluruh lokasi akibat meningkatnya radiasi matahari. Suhu tertinggi tercatat di STDM (27,1°C), sedangkan terendah tetap di SBDM (25,9°C). Perbedaan ini konsisten dengan pola intensitas cahaya, di mana lokasi dengan cahaya lebih rendah mengalami pemanasan yang lebih moderat. Pada sore hari, suhu udara umumnya menurun, namun SUDM masih mencatat suhu relatif tinggi (26,9°C), diduga akibat akumulasi panas pada permukaan tanah yang lebih terbuka. Analisis ini mendukung hasil korelasi yang menunjukkan hubungan negatif signifikan antara kerapatan pohon dan suhu udara (Gambar 3). Semakin rapat tegakan pohon, semakin rendah suhu udara di bawah kanopi. Hasil ini sejalan dengan Bunyamin dan Aqil (2010) serta Kimmins (2004), yang menegaskan peran vegetasi dalam mengendalikan suhu mikro melalui penyerapan dan penyebaran energi panas.



Gambar 3. Suhu udara per waktu pengukuran pada empat sisi Danau Maninjau berbeda. SBDM adalah sebelah barat Danau Maninjau, SSDM adalah sebelah selatan Danau Maninjau, STDM adalah sebelah timur Danau Maninjau, SUDM adalah sebelah utara Danau Maninjau. Waktu pengambilan pagi hari pada pukul 06.00-08.00 WIB; siang hari pada pukul 11.00-13.00 WIB, dan sore hari pada pukul 15.00-17.00

3.1.3 Kelembaban

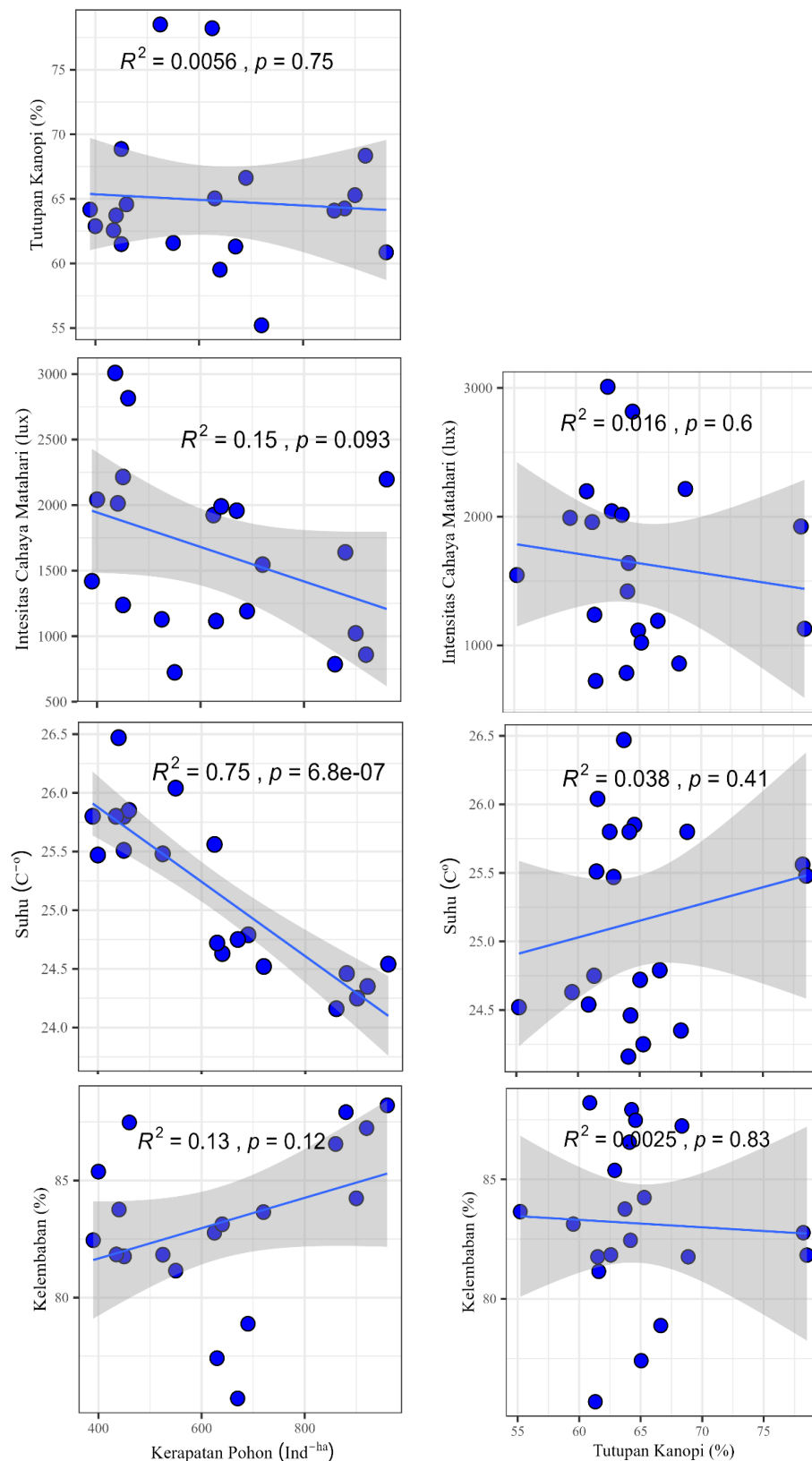
Kelembaban udara menunjukkan pola yang berlawanan dengan suhu (Gambar 4). Pada pagi hari, kelembaban udara relatif tinggi di seluruh lokasi, dengan nilai tertinggi di SBDM (97,8%) dan terendah di SSDM (89,7%). Kelembaban tinggi pada pagi hari berkaitan dengan suhu yang masih rendah dan minimnya proses penguapan. Lokasi dengan kanopi lebih rapat mampu menahan kelembaban lebih lama, sebagaimana dikemukakan oleh Hamdan (2013). Pada siang hari, kelembaban udara menurun secara signifikan akibat meningkatnya suhu dan intensitas cahaya. Nilai terendah tercatat di STD (72%), sedangkan SUDM mencatat kelembaban tertinggi (81,9%). Meskipun menerima intensitas cahaya tinggi, kelembaban di SUDM relatif tetap terjaga, yang mengindikasikan adanya faktor lain seperti kelembaban tanah, serasah, dan vegetasi bawah. Pada sore hari, kelembaban udara kembali meningkat di sebagian besar lokasi, terutama di SBDM (88,7%).



Gambar 4. Kelembaban udara per waktu pengukuran pada empat sisi Danau Maninjau. SBDM adalah sebelah barat Danau Maninjau, SSDM adalah sebelah selatan Danau Maninjau, STD adalah sebelah timur Danau Maninjau, SUDM adalah sebelah utara Danau Maninjau. Waktu pengambilan pagi hari pada pukul 06.00-08.00 WIB; siang hari pada pukul 11.00-13.00 WIB, dan sore hari pada pukul 15.00-17.00 WIB.

Hasil analisis korelasi antara struktur vegetasi dan parameter iklim mikro ditunjukkan pada (Gambar 5). Kerapatan pohon menunjukkan korelasi negatif yang signifikan dengan intensitas cahaya, yang mengindikasikan bahwa peningkatan jumlah pohon per satuan luas secara efektif menghambat penetrasi radiasi matahari ke lantai vegetasi. Struktur tegakan yang rapat menyebabkan tumpang tindih tajuk dan pembentukan lapisan vegetasi berlapis, sehingga cahaya yang diteruskan ke bawah menjadi lebih rendah. Temuan ini mendukung hipotesis penelitian serta sejalan dengan Chazdon dan Field (1987) dan Kimmins (2004). Kerapatan pohon juga berkorelasi

negatif signifikan dengan suhu udara, menunjukkan bahwa lokasi dengan kerapatan tinggi cenderung memiliki suhu mikro yang lebih rendah. Kondisi ini berkaitan dengan peran kanopi dan batang pohon dalam menyerap dan mereduksi radiasi matahari, sehingga menekan akumulasi panas di bawah tegakan. Hasil ini konsisten dengan temuan Rogi dan Rombang (2016) yang menegaskan fungsi vegetasi rapat dalam menstabilkan suhu lingkungan. Sebaliknya, kelembaban udara tidak menunjukkan korelasi signifikan dengan kerapatan pohon, mengindikasikan bahwa variasi kelembaban lebih dipengaruhi oleh faktor tapak seperti kelembaban tanah, serasah, dan vegetasi bawah. Tutupan kanopi juga tidak berkorelasi signifikan dengan intensitas cahaya, suhu udara, maupun kelembaban udara, yang menunjukkan bahwa persentase tutupan kanopi saja belum cukup merepresentasikan kompleksitas struktur tegakan. Faktor arsitektur pohon dan stratifikasi tajuk diduga lebih berperan dalam menentukan kondisi iklim mikro (Canham, 1988; Paletto & Tosi, 2009).



Gambar 5. Korelasi antara Kerapatan Pohon, Tutupan Kanopi, Intensitas Cahaya, Suhu dan Kelembaban Udara pada ekosistem parak di seputaran Danau Maninjau Kecamatan Tanjung Raya

3.2 Struktur Komunitas Pohon dan Hubungannya dengan Iklim Mikro

Struktur komunitas pohon di ekosistem parak Kecamatan Tanjung Raya menunjukkan variasi yang cukup tinggi antar lokasi. Rata-rata kerapatan pohon mencapai 630 pohon/ha dengan tutupan kanopi rata-rata sebesar 64,86%. Perbedaan struktur ini tercermin dari variasi jumlah pohon, kerapatan, serta tutupan kanopi pada masing-masing lokasi (Tabel 1). SBDM memiliki kerapatan pohon tertinggi (905 pohon/ha), sedangkan SUDM terendah (425 pohon/ha). Namun, STDM mencatat tutupan kanopi tertinggi (69,74%), meskipun kerapatan pohonnya lebih rendah dibanding SBDM. Hal ini menunjukkan bahwa kerapatan pohon tidak selalu berbanding lurus dengan besarnya tutupan kanopi, karena tutupan kanopi juga dipengaruhi oleh ukuran tajuk, tinggi pohon, dan karakteristik spesies penyusun (Kardiman, 2008). Korelasi antara struktur vegetasi dan iklim mikro menunjukkan bahwa kerapatan pohon berperan lebih dominan dibanding tutupan kanopi. Kerapatan pohon berkorelasi negatif signifikan dengan intensitas cahaya dan suhu udara, sedangkan tutupan kanopi tidak menunjukkan hubungan yang signifikan dengan ketiga parameter iklim mikro. Temuan ini mengindikasikan bahwa struktur tegakan secara keseluruhan—termasuk stratifikasi tajuk dan distribusi pohon—lebih menentukan kondisi iklim mikro dibandingkan persentase tutupan kanopi semata (Canham, 1988; Kimmins, 2004).

Tabel 1. Rata-rata jumlah, kerapatan dan tutupan kanopi pohon pada masing-masing lokasi penelitian di Ekosistem Parak Kecamatan Tanjung Raya

Plot	Jumlah Pohon	Kerapatan Pohon (ind/ha)	Tutupan Kanopi (%)
STDM	104 (1-31)	520 (5-155)	69.74 (51.69-84.63)
SSDM	134 (1-62)	670 (5-310)	61.54 (51.10-75.91)
SBDM	181 (1-68)	905 (5-340)	64.57 (50.36-74.23)
SUDM	85 (1-15)	425 (5-75)	63.58 (51.06-74.20)

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa struktur komunitas pohon berperan penting dalam mengendalikan kondisi iklim mikro pada ekosistem Parak di sekitar Danau Maninjau, Sumatera Barat. Ekosistem Parak memiliki struktur vegetasi yang heterogen dengan rata-rata kerapatan 630 pohon/ha dan tutupan kanopi 64,86%, yang dipengaruhi oleh perbedaan pengelolaan lahan dan dominasi spesies penyusun. Variasi struktur tegakan tersebut terbukti memengaruhi intensitas cahaya, suhu udara, dan kelembaban relatif, di mana tegakan dengan kerapatan dan kanopi lebih rapat secara efektif menurunkan intensitas cahaya, menstabilkan suhu udara, serta mempertahankan kelembaban relatif dibandingkan tegakan yang lebih terbuka. Temuan ini menegaskan adanya hubungan signifikan antara struktur tegakan pohon dan iklim mikro, serta menunjukkan bahwa pengelolaan Parak berbasis pengaturan struktur vegetasi, khususnya kerapatan dan stratifikasi kanopi, berpotensi meningkatkan kestabilan mikroklimat dan mendukung keberlanjutan fungsi

ekologis dan produktivitas agroforestri. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji peran vegetasi bawah, karakteristik tanah, serta dinamika musiman guna memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif terhadap pengendalian iklim mikro pada sistem Parak.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada wali nagari pada setiap lokasi plot penelitian, dan untuk civitas akademika biologi UNP yang membantu fasilitas beserta bantuan kerja lapangan.

REFERENSI

- Affandi, O. D. I. N. G. (2002). Home Garden: Sebagai salah satu sistem agroforestry lokal. *Draft Jurnal Penelitian Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara (USU)*. Medan
- Asmin F. (2020). Modal sosial kognitif dalam pengelolaan parak dan rimbo di Sumatera Barat. *Jurnal psikologi Islam dan Budaya*. Vol. 3, No.2
- Asmin, F. (2021). Perkembangan Pengelolaan Hutan Berbasis Masyarakat Di Sumatera Barat. Dinas Kehutanan Provinsi Sumatera Barat.
- Asmin, F., Darusman, D., Ichwandi, I., & Suharjito, D. (2017). Social capital of parak and rimbo management in west sumatra. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*. Vol. 23,(3):140-149
- Barbier, S., Gosselin, F., & Balandier, P. (2008). Influence of tree species on understory vegetation diversity and mechanisms involved—A critical review for temperate and boreal forests. *Forest Ecology & Management*, 254, 1-15. doi:10.1016/j.foreco.2007.09.038
- Bunyamin Z, & Aqil, M. (2010). Analisis Iklim Mikro Tanaman Jagung. *Prosiding Pekan Serelia Nasional*, 294–300.
- Canham, C.D. (1988). Growth and canopy architecture of shade-tolerant trees: response to canopy gaps. *Ecology*, 69.3: 786-795.
- Chazdon, R.L., Field, C.B., (1987). Photographic Estimation Of Photosynthetically Active Radiation: Evaluation Of A Computerized Technique. *Oecologia (Berlin)* 73, 525– 532.
- Djoeroemana, S., Myers, B., Russell-Smith, J., Blyth, M. and Salean, I.E.T. (eds) (2007). Integrated rural development in East Nusa Tenggara, Indonesia. *Proceedings of a workshop to identify sustainable rural livelihoods, held in Kupang, Indonesia, 5–7 April 2006*. ACIAR Proceedings No. 126, 196p.
- Gunawan, W., Basuni, S., Indrawan, A., Prasetyo, L. B., & Soedjito, H. (2012). Analisis Komposisi dan Struktur Vegetasi Terhadap Upaya Restorasi Kawasan Hutan Taman Nasional Gunung Gede Pangrango (Analysis of Vegetation Structure and Composition toward Restoration Efforts of Gunung Gede Pangrango National Park Forest Area) Departemen. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 1(2), 93–105.
- Gusmaylina. (1983). Analisa Vegetasi Dasar di Hutan Setia Mulia Ladang Padi, Padang. Tesis Sarjana Biologi FMIPA UNAND. Padang

- H de Foresta, A Kusworo, G Michon dan WA Djatmiko. (2000). Ketika kebun berupa hutan — Agroforest khas Indonesia — Sumbangan masyarakat bagi pembangunan berkelanjutan. International Centre for Research in Agroforestry, Bogor, Indonesia; Institut de Recherche pour le Développement, France; dan Ford Foundation, Jakarta, Indonesia.
- Hamdan, (2013). Optimalisasi Pertumbuhan Tanaman Melalui Pengaturan Cahaya. <https://Forestryinformation.Wordpress.Com/2013/01/18..>
- Kardiman, R. (2008). Komposisi dan struktur pohon di kawasan hutan Rimbo Puliah Kenagarian Simanau Kabupaten Solok. Skripsi. Universitas Andalas.
- Kardiman, R. (2012). Struktur tegakan pohon setelah 14 tahun penebangan di plot permanen Bukit Gajabuih. Tesis. Universitas Andalas.
- Karyati. (2016). Fluktasi Iklim Mikro di Hutan Pendidikan Fakultas Kehutanan. Universitas Mulawarman
- Kimmins, J. P. (2004). Forest ecology. Fishes and forestry: Worldwide watershed interactions and management, 17-43.
- Korhonen L., Korhonen K.T., Rautiainen M., Stenberg P. (2006). Estimation of forest canopy cover: a comparison of field measurement techniques. *Silva Fennica* vol. 40 no. 4 article id 315
- Martial T. (2011). Hak-hak penguasaan pohon di agroforestri (Parak): kepentingan komunal atas private di Sumatera Barat. *Menara ilmu*. Vol. V No.25
- Martial, T. (2011). Studi empiris dan implikasi penerapan konsep “tree tenure” di Sumatera Barat. *MIMBAR, Jurnal Sosial dan Pembangunan*, 27(2), 133–142. <https://doi.org/10.29313/mimbar.v27i2.321>
- Michon, G., Mary, F., & Bompard, J. (1986). Multistoried agroforestry garden system in West Sumatra, Indonesia. *Agroforestry Systems*, 4(4), 315–338. <https://doi.org/10.1007/bf00048106>
- Murniati, D. P. Garrity & A. Ng. Gintings. (2001). The contribution of agroforestry systems to reducing farmers' dependence on the resources of adjacent national parks: a case study from Sumatra, Indonesia
- Nursal, S., & Sirait, I. N. (2014). Karakteristik Komposisi Dan Stratifikasi Vegetasi Strata Pohon Komunitas Riparian Di Kawasan Hutan Wisata Rimbo Tujuh Danau. *Jurnal Biogenesis*, 9(2), 40–46. Retrieved from <http://ejournal.unri.ac.id/index.php/JPSB/article/view/1897>
- Otsuka M. (2000). Challenges to land use intensification under commercialization of local farming systems: A case from West Sumatra, Indonesia. *Tropics*, Vol. 9 (4): 309-322
- Otsuka M. (2009). Impacts of farmers' land use on natural forest conversion: A case study from West Sumatra, Indonesia. *TROPICS* 18(3):155–166. <https://doi.org/10.3759/tropics.18.155>.
- Pak, O. K. (1982). Ideology and practice of the matrilineal land tenure system in West Sumatra. Singapore: Inst of South East Asia Studies,
- Paletto, A., Tosi, V. *Canopy Cover And Canopy Closure: Comparison Of Assessment Techniques*. Eur

- J Forest Res (2009) 128:265–272
- Rich, P.M. 1990. *Characterizing plant canopies with hemispherical photographs. Remote Sensing. Reviews* 5:13-29.
- Rogi, J. E. X., & Rombang, J. (2016). *DI KOTA BITUNG Yorri Yotam Junam Sanger. 12*(November), 105–116.
- Sugiyono. (2016). Metode Penelitian Pendidikan. *Cetakan Kelima belas*, Alfabeta, Bandung
- Telaumbanua, K. (2003). Pengaruh agroforestry terhadap kehidupan sosial ekonomi dan sikap petani agroforestry pada lingkungannya di Desa Genengsari Kecamatan Toroh Kabupaten Grobogan Tahun 2002. *Skripsi*