

Spatial Distribution Pattern of Plants with Potential to Regulate Water Balance in the Babak Watershed Upstream Area

Andrie Ridzki Prasetyo^{1*}, Niechi Valentino¹, Budhy Setiawan¹, Hasyiyati Shabrina¹, Nurul Chaerani¹, Eggy Syahruanda¹

¹Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram, Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia;

Article History

Received : May 10th, 2025

Revised : May 15th, 2025

Accepted : May 20th, 2025

*Corresponding Author:

Andrie Ridzki Prasetyo,
Program Studi Kehutanan,
Fakultas Pertanian, Universitas
Mataram, Mataram, Indonesia;
Email:

andrieridzki@unram.ac.id

Abstract: Watershed degradation poses a serious threat to water availability, ecosystem sustainability, and human well-being. This study aims to identify and analyze the spatial distribution patterns of three key water-regulating plant species *Pterospermum javanicum*, *Ficus spp.*, and *Dendrocnidae decumana* in the upstream area of the Babak Watershed, Lombok, Indonesia. Field data were collected through exploratory surveys and analyzed using the Average Nearest Neighbor (ANN) method in ArcGIS 10.8. The results reveal distinct spatial patterns: *D. decumana* exhibits a random distribution ($R = 0.925$), while *Ficus spp.* ($R = 0.667$) and *P. javanicum* ($R = 0.698$) show clustered patterns. These patterns reflect ecological adaptations such as tolerance to environmental heterogeneity or vegetative reproduction strategies. Despite differences, all three species significantly contribute to watershed hydrology by enhancing infiltration, reducing surface runoff, and stabilizing soil. Spatial analysis of vegetation distribution provides essential insights for data-driven watershed management and supports targeted conservation strategies in ecologically sensitive upstream zones.

Keywords: Average nearest neighbor, hydrological regulation, spatial distribution pattern, watershed management.

Pendahuluan

Kerusakan lingkungan hidup merupakan tantangan global yang terus mengancam keberlanjutan berbagai sistem alam. Salah satu bentuk kerusakan yang paling berdampak adalah degradasi Daerah Aliran Sungai (DAS). Kerusakan ini berdampak langsung pada menurunnya ketersediaan air, rusaknya ekosistem, serta berkurangnya kualitas hidup masyarakat yang bergantung pada DAS (Dharmawan et al., 2023). Fenomena yang umum terjadi akibat kerusakan DAS mencakup banjir saat musim hujan dan kekeringan ekstrem di musim kemarau, menunjukkan terganggunya fungsi pengaturan air dalam lanskap tersebut.

Secara ekologis, kawasan hulu DAS memegang peran vital dalam menjaga kestabilan siklus hidrologi. Vegetasi hutan di

wilayah ini berfungsi sebagai penyangga utama yang mengatur tata air melalui proses transpirasi, serapan air hujan, serta pengurangan aliran permukaan (Feng et al., 2023; Li et al., 2023). Akar-akar pohon turut mencegah erosi, menyaring polutan, dan menjaga kualitas tanah, sehingga keberadaan tumbuhan di hulu DAS menjadi indikator penting dalam mempertahankan kesehatan ekosistem DAS secara keseluruhan (Nirala et al., 2019; Shah et al., 2022).

Salah satu DAS penting di Pulau Lombok adalah DAS Babak, yang memiliki luas sekitar ± 259.166 km² dan melintasi dua wilayah administratif, yakni Kabupaten Lombok Tengah dan Kabupaten Lombok Barat. DAS ini merupakan sumber air utama bagi berbagai sektor, termasuk pertanian, perikanan, hingga pariwisata. Menurut Balai Wilayah Sungai I Nusa Tenggara, DAS Babak

memiliki utilitas penyediaan air yang tinggi. Namun demikian, DAS ini kini mengalami tekanan berat akibat aktivitas manusia seperti penebangan liar, pembakaran hutan, dan kegiatan pertambangan yang tidak terkendali.

Untuk mengantisipasi kerusakan yang semakin meluas, diperlukan perencanaan pengelolaan DAS yang berbasis data dan informasi yang akurat (Narendra *et al.*, 2021). Wilayah hulu, sebagai zona kritis pengatur air, membutuhkan perhatian khusus dalam hal pemetaan vegetasi yang berfungsi mengatur tata air. Tanaman pengatur air tidak hanya menjaga ketersediaan air melalui transpirasi, tetapi juga berdampak pada kualitas air, iklim mikro, serta keanekaragaman hayati lokal (Shah *et al.*, 2022). Oleh karena itu, pemahaman tentang distribusi spasial spesies tumbuhan pengatur air menjadi krusial untuk menunjang strategi pengelolaan DAS yang berkelanjutan.

Kemajuan teknologi seperti *Remote Sensing* dan *Geographic Information System* (GIS) menyediakan solusi berbasis data spasial untuk mendukung pengelolaan DAS. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi pola distribusi tumbuhan adalah *Average Nearest Neighbor* (ANN). Metode ini mampu menggambarkan pola persebaran spasial berdasarkan titik koordinat dan telah digunakan dalam berbagai studi, baik sektor pariwisata (Fadellah & Marsisno, 2023; Simatupang *et al.*, 2023; Valgunadi *et al.*, 2023) maupun dalam studi ekologi seperti analisis distribusi vegetasi hutan dan pemetaan habitat spesies langka (Miron *et al.*, 2021; Qazi *et al.*, 2022). Bantuan perangkat lunak seperti ArcGIS 10.8, metode ANN tidak hanya mampu mengklasifikasikan pola persebaran (terpadu, acak, atau tersebar), tetapi juga memungkinkan integrasi dengan data lingkungan seperti tutupan lahan dan topografi. Pendekatan ini mendukung pentingnya pengelolaan DAS berbasis informasi spasial sebagai fondasi dalam perencanaan konservasi dan rehabilitasi lahan. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini disusun dengan tujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis pola distribusi spasial spesies tumbuhan yang berperan dalam pengaturan tata air di wilayah hulu DAS Babak.

Bahan dan Metode

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret sampai Oktober tahun 2024. Wilayah hulu DAS Babak dipilih sebagai Lokasi pelaksanaan penelitian. Secara administratif lokus penelitian ini terletak di wilayah Desa Karang Sidemen, Kecamatan Batukliang Utara, Kabupaten Lombok Tengah. Peta lokus penelitian ditampilkan pada Gambar 1.

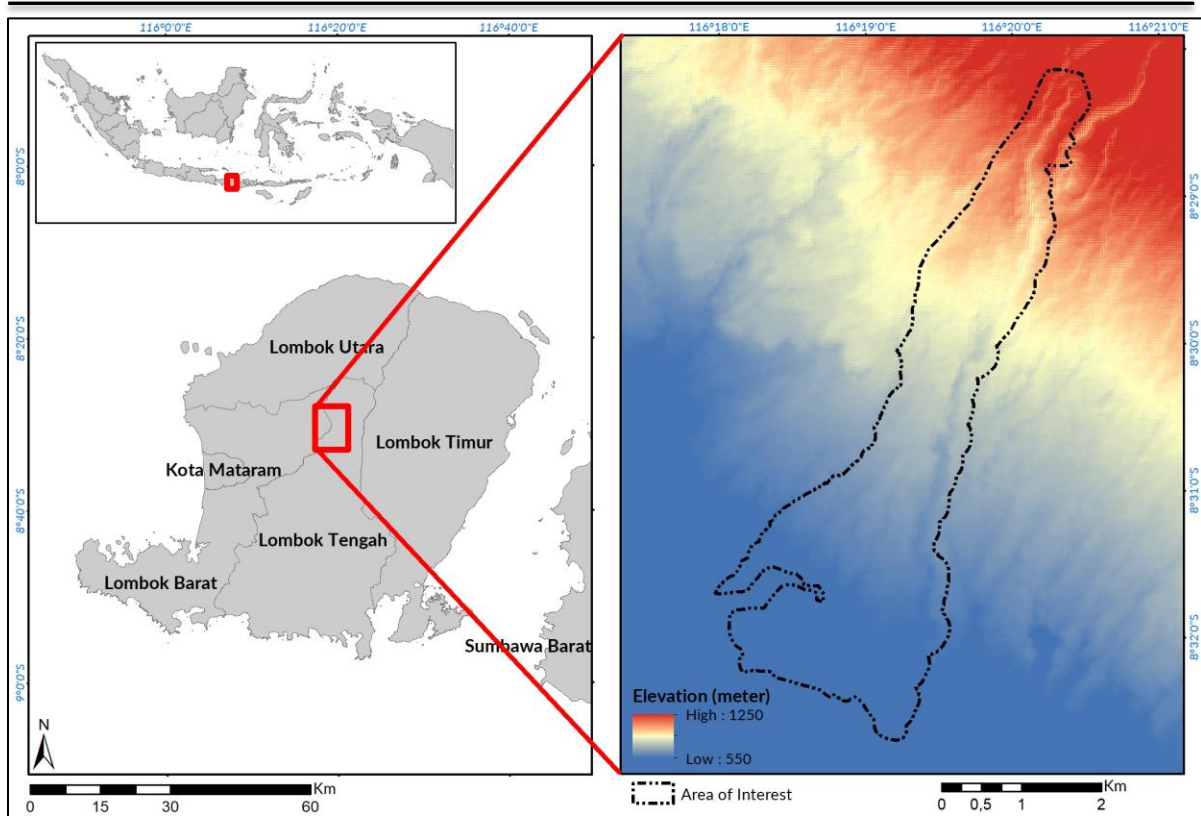
Alat dan bahan

Peralatan penelitian ini diantaranya, kompas, pita ukur, *phi band*, kamera, GPS, alat tulis dan *tallysheet*. Pengolahan data dilakukan dengan bantuan laptop yang dilengkapi perangkat lunak, antara lain *software ArcGIS 10.8*, *Quantum GIS*, dan *Microsoft Office*. Bahan penelitian ini yaitu titik perjumpaan tumbuhan berpotensi pengatur air, Buku Flora Pendidikan Indonesia van stenis, shp Batas DAS Babak, Citra Satelit Landsat yang meliputi areal fokus penelitian, dan DEMNAS dari Badan Informasi Geospasial.

Prosedur Penelitian

Pengumpulan data dilakukan melalui metode eksplorasi lapangan untuk mendeteksi posisi dan keberadaan tumbuhan yang berpotensi mengatur tata air di wilayah penelitian. Metode ini bertujuan untuk menjelajahi area penelitian secara menyeluruh, termasuk mengidentifikasi tumbuhan yang mungkin tidak terdeteksi pada titik pengamatan sebelumnya. Setiap individu tumbuhan yang ditemukan dicatat menggunakan perangkat GPS untuk memperoleh koordinat geografis yang akurat, sehingga informasi geospasial dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut.

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksploratif dengan memanfaatkan analisis spasial guna mengidentifikasi pola distribusi spesies tumbuhan yang berpotensi mendukung pengaturan tata air. Data lapangan mencakup titik kehadiran spesies. Sumber data pendukung lainnya meliputi publikasi ilmiah dan data resmi pemerintah yang dapat dipercaya. Pendekatan ini memastikan hasil penelitian didasarkan pada data yang komprehensif dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.



Gambar 1. Peta Lokus Penelitian

Average Nearest Neighbor

Analisis data pada riset ini mengaplikasikan metode *Average Nearest Neighbor* (ANN) untuk menentukan pola distribusi spasial spesies tumbuhan yang berpotensi mengatur tata air. Metode ANN menghitung rasio antara jarak rata-rata teramati antar titik kehadiran spesies dan jarak rata-rata yang diharapkan dalam distribusi acak hipotetis dengan jumlah fitur dan area total yang sama. Rasio ini diekspresikan sebagai Indeks Tetangga Terdekat (*Nearest Neighbor Index*), di mana nilai kurang dari 1 menunjukkan pola berkelompok, sedangkan nilai lebih dari 1 menunjukkan pola tersebar. Rumus yang digunakan untuk menghitung ANN pada persamaan 1.

$$\text{ANN} = \frac{\bar{D}_0}{\bar{D}_F} \quad (1)$$

Keterangan:

Do : jarak rata-rata yang diamati antara
setiap titik dengan tetangga terdekatnya
DE : jarak rata-rata yang diharapkan pada
pola

Hasil analisis ANN kemudian divisualisasikan menggunakan perangkat lunak *Geographic Information System* (GIS) untuk memetakan lokasi dan pola kehadiran spesies di wilayah hulu DAS Babak. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi area dengan konsentrasi spesies tinggi, yang penting untuk perencanaan konservasi dan pengelolaan sumber daya alam.

Hasil dan Pembahasan

Identifikasi Spesies Berpotensi Pengatur Tata Air

Data keberadaan atau selanjutnya disebut sebagai titik kehadiran spesies dikumpulkan dengan melakukan survey eksplorasi pada areal studi. Penelitian ini dilakukan pada bulan maret tahun 2024 dengan fokus areal studi di wilayah hulu DAS Babak. Berdasarkan survey lapangan yang dilakukan didapatkan tiga jenis pohon yang berpotensi sebagai pengatur tata air, yaitu *Pterospermum javanicum*, *Dendrocnidae decumana*, dan *Ficus Sp.*



Gambar 2. Proses Pengambilan data lapangan di wilayah Hulu DAS Babak

Pterospermum javanicum termasuk ke dalam famili Malvaceae. Habitus tumbuhan ini berupa pohon berdimensi besar dengan tinggi pohon mencapai 45 m dan diameter 100 cm. berwarna coklat keabu-abuan dengan permukaan kulit kasar dan bersisik halus. Akar tanaman ini berupa akar tunggang yang kuat. Spesies ini umumnya mendominasi habitat hutan primer dan sekunder di wilayah dataran rendah, dengan distribusi elevasi terbatas pada rentang di bawah 1.000 meter di atas permukaan laut (mdpl). Secara sekunder, keberadaannya dapat teramati pada ekosistem riparian sepanjang aliran sungai serta kawasan hutan pantai, dengan adaptasi terhadap variasi substrat tanah meliputi tipe liat, pasir, atau campuran liat-pasir. (Hidayat, 2014).



Gambar 2. Daun *Pterospermum javanicum*

Dendrocnidae decumana atau lebih dikenal dengan nama lokal Jelatang Elak Kao termasuk kedalam famili Moraceae. Jelatang tumbuh ditepi hutan, di bawah pagar, adapun ditanam di dalam kebun. Panjang daun 1 span atau 1 kaki, lebar 15 cm, memiliki banyak sekali bulu-bulu kecil. Apabila tersentuh oleh bulu-bulu tersebut maka akan menyebabkan rasa gatal seperti terbakar dan menyebabkan terjadinya binti-bintit Bagian yang dimanfaatkan: Kulit batang dan daun (Irnawati *et al.*, 2017).



Gambar 3. Daun Pohon *Dendrocnidae decumana*

Selanjutnya tumbuhan yang berpotensi sebagai pengatur air yang ditemukan dilapangan adalah *Ficus Sp.* Tumbuhan ini memiliki habitus sebagai pohon dan dikenal dengan nama lokal bunut. *Ficus Sp.* termasuk kedalam famili Moraceae. *Ficus Sp.* umumnya terdistribusi pada

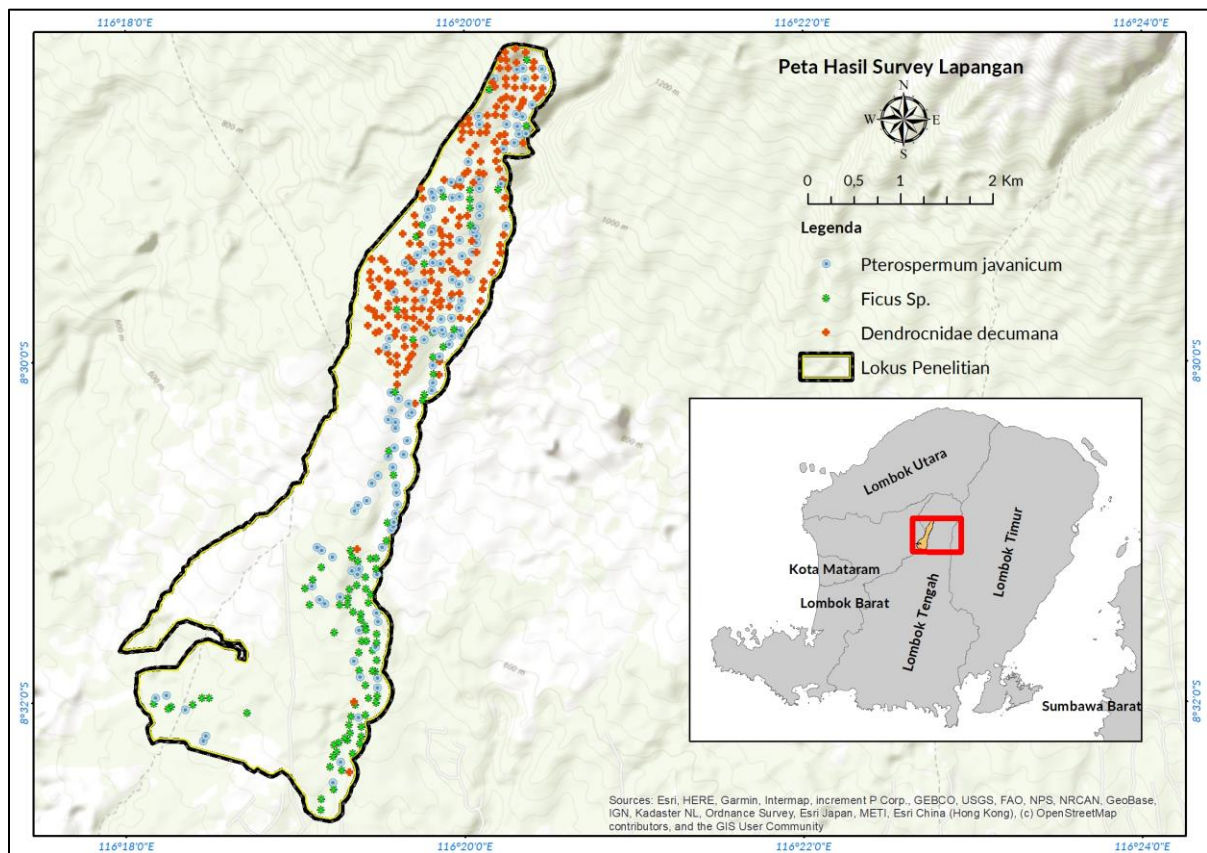
habitat antropogenik seperti tepian jalan, zona peri-urban, serta ekosistem lereng terjal. Spesies ini tergolong pohon berukuran besar dengan tinggi mencapai 20–25 meter, dilengkapi sistem perakaran tunggang yang kokoh. Morfologi batang berkayu ditandai dengan bentuk silindris tegak, permukaan batang bertekstur kasar berwarna coklat gelap, percabangan simpodial, dan adanya modifikasi akar udara (*aerial roots*) yang tumbuh dari batang.

Daun tunggal tersusun secara berseling berhadapan (*decussate*), dengan tangkai pendek (panjang petiolus <1 cm). Helaian daun berbentuk lonjong (*elliptic*) berukuran 3–6 cm × 2–4 cm, tepi rata (*entire margin*), ujung meruncing (*acuminate apex*), pangkal membulat (*rounded base*), serta pertulangan menyirip (*pinnate venation*) berwarna hijau. Infloresensi aksilar berupa bunga tunggal dengan kelopak berbentuk tubular (*funnel-shaped calyx*) dan mahkota bulat bertekstur halus berwarna kuning-hijau. Buah

tipe buni (*berry*) berbentuk bulat dengan diameter 0,5–1 cm, mengalami perubahan warna dari hijau saat fase imatur menjadi merah saat matang. Biji berbentuk sferis, berkulit keras (*sclerified testa*), dan berwarna putih (RKSDS *et al.*, 2014).



Gambar 4. Daun *Ficus Sp.*



Gambar 5. Peta Sebaran Tumbuhan berpotensi Pengatur Tata Air

Pohon ini memiliki tinggi hingga 35 m dengan diameter 40 cm, serta akar udara yang menggantung dari batang utama. Pepagannya

bervariasi dari coklat terang hingga kelabu atau kehitaman. Rantingnya mengandung getah putih, sementara daun tunggalnya tersusun berseling

dalam pola spiral, berbentuk elips atau bundar telur lanset, dengan permukaan atas mengkilap dan bawah hijau kusam. Daun penumpu berbentuk lanset, meruncing, dan mudah luruh. Buahnya berbentuk bulat dengan diameter 3 cm, berwarna merah tua saat matang (Gunawan et al., 2019).

Hasil survei lapangan mengidentifikasi tiga spesies pohon dominan yang berperan sebagai pengatur tata air di kawasan hutan wilayah hulu DAS Babak, yaitu *Pterospermum javanicum* (Bajur), *Ficus spp.*, dan *Dendrocnidae decumana* (Jelateng Elak Kao). *Pterospermum javanicum* tercatat sebanyak 132 individu dengan diameter rata-rata 64 cm dan tinggi rata-rata 20 m, menunjukkan sebaran merata di seluruh zona elevasi penelitian. Sementara itu, *Ficus spp.* ditemukan sebanyak 92 individu (diameter rata-rata 67 cm; tinggi rata-rata 21 m) dengan dominansi di zona elevasi bawah, meskipun beberapa individu terdeteksi di zona atas. Adapun *Dendrocnidae decumana* mendominasi dengan 183 individu (diameter rata-rata 25 cm; tinggi rata-rata 13 m), tersebar luas di zona elevasi atas, namun hanya beberapa individu ditemukan di zona bawah. Variasi distribusi ini mengindikasikan adaptasi spesies terhadap faktor lingkungan seperti ketersediaan air, jenis tanah, dan kompetisi interspesifik (Priyono et al., 2002; Halecki & Łyszczarz, 2021). Secara visual sebaran pohon yang berpotensi sebagai pengatur air tersebut disajikan pada Gambar 5.

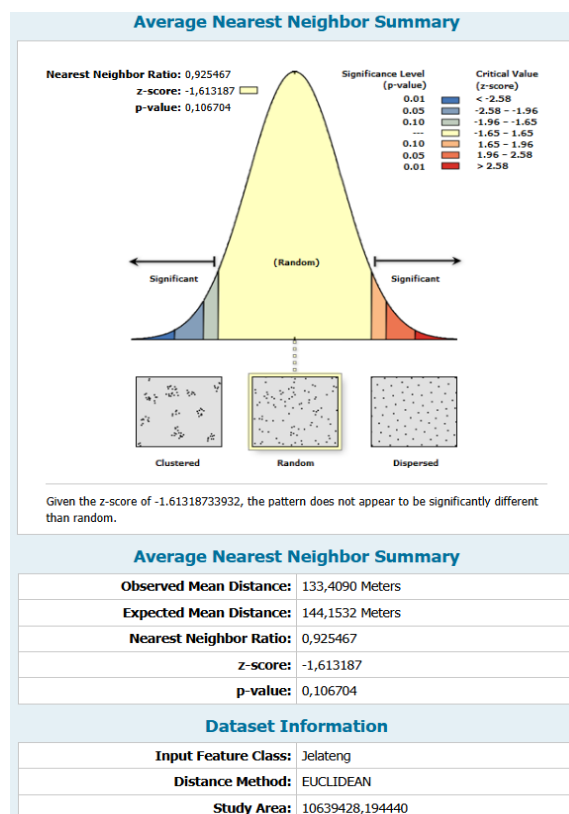
Pola distribusi spasial ketiga spesies tersebut memiliki implikasi ekologis yang signifikan terhadap regulasi hidrologi DAS. *Pterospermum javanicum*, dengan sebaran merata, diduga berperan dalam stabilisasi infiltrasi air tanah secara horizontal akibat sistem akar tunggang yang dalam (Hidayat, 2014). Sementara itu, *Ficus spp.* yang cenderung mengelompok di zona elevasi bawah dapat meningkatkan retensi air melalui serasah dan akar udara yang menciptakan mikrohabitat lembap, sebagaimana ditemukan pada studi serupa di hutan tropis Asia Tenggara (Keleş, 2019). Di sisi lain, dominansi *Dendrocnidae decumana* di zona atas yang rentan erosi menunjukkan perannya dalam mengurangi aliran permukaan melalui penutupan kanopi dan akar serabut yang mengikat tanah (Shah et al., 2022). Temuan ini sejalan dengan penelitian Liu et al. (2023) yang menyatakan bahwa heterogenitas distribusi

vegetasi di daerah hulu berkorelasi positif dengan kapasitas DAS dalam mitigasi banjir dan kekeringan.

Pola Distribusi Spasial

Pola sebaran spasial vegetasi dalam ekosistem hutan secara umum diklasifikasikan menjadi tiga tipe utama, yaitu *clustered* (mengelompok), *random* (acak), dan *dispersed* (menyebarkan) (Liarin et al., 2023). Berdasarkan analisis *Average Nearest Neighbor* (ANN), klasifikasi pola tersebut ditentukan melalui rasio (R) dihitung dari perbandingan jarak rata-rata teramati antar individu (D_o) dengan jarak rata-rata teoritis pada distribusi acak (D_e). Kriteria interpretasinya sebagai berikut:

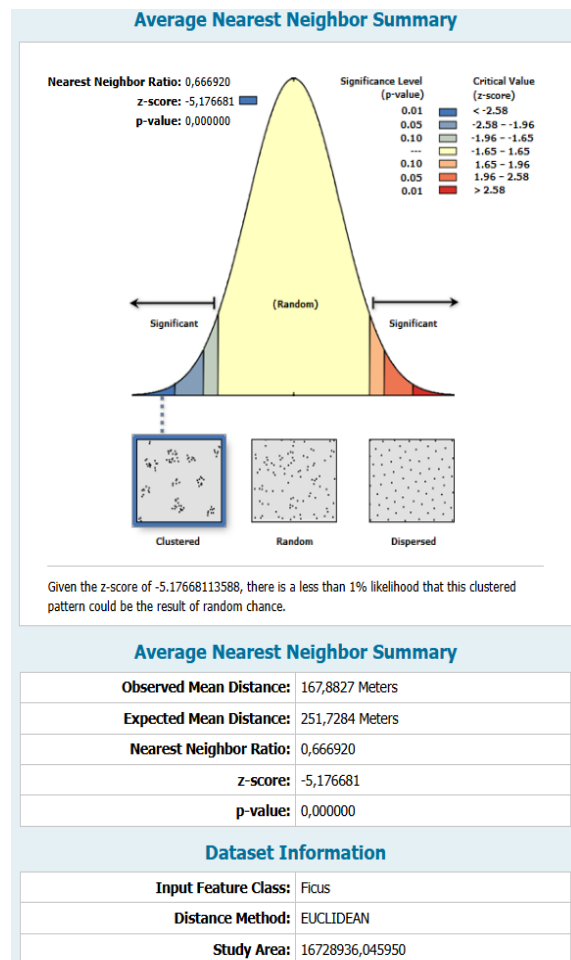
- Jika $R < 1$, pola sebaran dikategorikan *clustered* (mengelompok),
- Jika $R \approx 1$, pola dianggap *random* (acak),
- Jika $R > 1$, pola menunjukkan sebaran *dispersed* (menyebarkan) (Sibly et al., 2023).



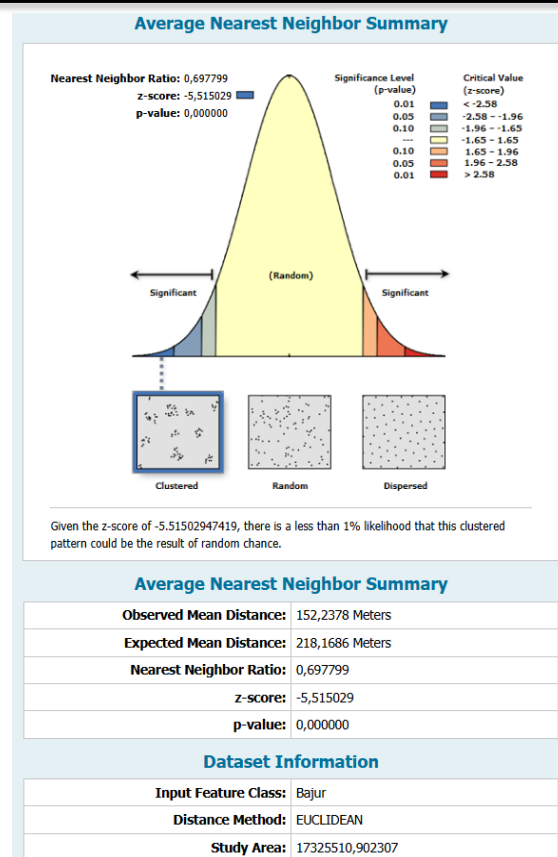
Gambar 6. Analisis *Average Nearest Neighbor* jenis Jelateng

Berdasarkan analisis *Average Nearest Neighbor* (ANN), pola sebaran *Dendrocnidae*

decumana (Jelateng Elak Kao) menunjukkan nilai rasio tetangga terdekat (R) sebesar **0,925** (Gambar 6), yang mengindikasikan pola sebaran acak (*random*). Pola acak ini diduga dipengaruhi oleh interaksi kompleks antara faktor biologis intrinsik spesies dan heterogenitas lingkungan, seperti ketersediaan sumber daya atau kompetisi dengan vegetasi sekunder di sekitarnya (Desriyanty et al., 2019). Dominansi *D. decumana* di zona elevasi atas wilayah studi memperkuat hipotesis bahwa pola acak dapat muncul ketika suatu spesies memiliki toleransi ekologis tinggi terhadap variasi kondisi lingkungan, sehingga mampu beradaptasi tanpa terpengaruh oleh agregasi spasial. Meskipun bersifat acak, kerapatan vegetasi yang relatif tinggi pada spesies ini tetap berkontribusi dalam menjaga keseimbangan hidrologi melalui penyerapan air hujan dan reduksi aliran permukaan, sebagaimana dijelaskan dalam studi serupa di ekosistem hutan tropis (Keleş, 2019).



Gambar 7. Analisis *Average Nearest Neighbor* jenis *Ficus*



Gambar 8. Analisis *Average Nearest Neighbor* jenis *Bajur*

Sementara itu, *Ficus spp.* dan *Pterospermum javanicum* menunjukkan pola sebaran mengelompok (*clustered*) dengan nilai R berturut-turut sebesar **0,667** (Gambar 7) dan **0,698** (Gambar 8). Pola mengelompok pada kedua spesies ini umumnya terkait dengan strategi reproduksi vegetatif, ketergantungan pada mikrositik lingkungan tertentu, atau kompetisi intraspesifik untuk memperoleh cahaya, unsur hara, dan ruang tumbuh (Liarian et al., 2021). Fenomena ruang kosong di antara agregasi individu (*Ficus spp.* dan *P. javanicum*) menegaskan adanya tekanan kompetisi yang tinggi, di mana hanya individu dengan adaptasi fisiologis optimal yang mampu bertahan. Meskipun pola mengelompok berpotensi meningkatkan limpasan permukaan akibat kanopi yang tidak merata, akumulasi serasah dan jaringan akar yang rapat pada kedua spesies ini justru meningkatkan kapasitas infiltrasi air tanah dibandingkan area terbuka, sehingga tetap efektif dalam mengendalikan erosi dan mempertahankan kelembaban tanah (Priyono et al., 2002; Liu et al., 2023). Temuan ini selaras dengan penelitian

Halecki & Łyszczarz (2021) yang menyatakan bahwa vegetasi berpola *clustered* di daerah hulu DAS berperan sebagai *buffer* hidrologi yang kritis, terutama pada lereng curam.

Kesimpulan

Penelitian ini mengidentifikasi pola distribusi spasial tiga spesies tumbuhan pengatur tata air (*Pterospermum javanicum*, *Ficus spp.*, dan *Dendrocnidae decumana*) di wilayah hulu DAS Babak menggunakan metode *Average Nearest Neighbor* (ANN). Hasil analisis menunjukkan *Dendrocnidae decumana* memiliki pola sebaran acak (*random*; $R = 0,925$), diduga akibat adaptasi terhadap heterogenitas lingkungan dan kompetisi dengan vegetasi sekunder, sementara *Ficus spp.* ($R = 0,667$) dan *Pterospermum javanicum* ($R = 0,698$) menunjukkan pola mengelompok (*clustered*) yang terkait dengan strategi reproduksi vegetatif dan kompetisi intraspesifik. Pola acak pada *D. decumana* berkontribusi dalam mengurangi aliran permukaan melalui kerapatan vegetasi, sedangkan pola mengelompok pada *Ficus spp.* dan *P. javanicum* meningkatkan infiltrasi air tanah melalui akumulasi serasah dan sistem akar yang rapat.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Mataram yang telah membiayai pendanaan penelitian ini dalam skema penelitian dosen pemula tahun 2024.

Referensi

- Dharmawan, I. W. S., Pratiwi, Siregar, C. A., Narendra, B. H., Undaharta, N. K. E., Sitepu, B. S., Sukmana, A., Wiratmoko, M. D. E., Abywijaya, I. K., & Sari, N. (2023). Implementation of Soil and Water Conservation in Indonesia and Its Impacts on Biodiversity, Hydrology, Soil Erosion and Microclimate. *Applied Sciences*, 13(13), 7648. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/app13137648>
- Desriyanty, R., Karlita, M., & Hidayat, M. (2019) Pola Penyebaran Tumbuhan Di Kawasan Landai Pantai Iboih Sabang, Aceh. Pusat Jurnal, (2) 43-48. <http://dx.doi.org/10.22373/pbio.v7i1.9765.g5480>
- Fadellah, P., & Marsisno, W. (2023). Buffering and Nearest Neighbor Analysis on Google Maps in Providing Tourism Sector Data. *Seminar Nasional Official Statistics*, 2023(1), 179-190. <https://doi.org/10.34123/semnasoffstat.v2023i1.1628>
- Feng, J., Haddad, S., Gao, K., Garshasbi, S., Ulpiani, G., Santamouris, M., ... & Bartesaghi-Koc, C. (2023). Fighting urban climate change—State of the art of mitigation technologies. *Urban Climate Change and Heat Islands*, 227-296. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818977-1.00006-5>
- Halecki, W., & Łyszczarz, S. (2021). Examination of Susceptibility to the Deficiency of Soil Water in a Forested Agricultural Area. *Earth*, 2(3), 532–543. <https://doi.org/10.3390/earth2030031>
- Hidayat, S. (2014). Pola Sebaran dan Asosiasi Bayur (*Pterospermum javanicum* Jungh.) di Kawasan Taman Nasional Gunung Rinjani. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*, 11(3), 225-237. <https://doi.org/10.20886/jphka.2014.11.3.225-237>
- Irnawati, I., Soekamto, M. H., & Hidaya, N. (2023). Study on the Utilization of Itchy Leaf Plants (*laportea* sp.) By the Community of Bariat Village, Konda District South Sorong Regency. *Median : Jurnal Ilmu Ilmu Eksakta*, 15(2), 78–87. <https://doi.org/10.33506/md.v15i2.2565>
- Keleş, S. (2019). An assessment of hydrological functions of forest ecosystems to support sustainable forest management. *Journal of Sustainable Forestry*, 38(4), 305–326. <https://doi.org/10.1080/10549811.2018.1547879>
- Li, Z., Zhang, H., Juan, Y.-H., Lee, Y.-T., Wen, C.-Y., & Yang, A.-S. (2023). Effects of urban tree planting on thermal comfort and air quality in the street canyon in a subtropical climate. *Sustainable Cities and Society*, 91, 104334. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104334>

- Liarian, A. E., Febriadi, I., & Ponisri, P. (2023). Komposisi dan Pola Penyebaran Vegetasi Tingkat Pohon di Hutan TWA Klamono Kabupaten Sorong. *Agriva Journal (Journal of Agriculture and Sylva)*, 1(2), 8–19.
<https://doi.org/10.33506/agriva.v1i2.2584>
- Liu, S., Dong, Y., Liu, H., Wang, F., & Yu, L. (2023). Review of Valuation of Forest Ecosystem Services and Realization Approaches in China. *Land*, 12(5), 1102.
<https://doi.org/10.3390/land12051102>
- Mirauda, D., & Ostoich, M. (2018). Assessment of pressure sources and water body resilience: an integrated approach for action planning in a polluted river basin. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(2), 390.
<https://doi.org/10.3390/ijerph15020390>
- Miron, A. C., Bezerra, T. G., Nascimento, R. G. M., Emmert, F., Pereira, R. S., & Higuchi, N. (2021). Spatial distribution of six managed tree species is influenced by topography conditions in the Central Amazon. *Journal of Environmental Management*, 281, 111835.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111835>
- Nahib, I., Amhar, F., Wahyudin, Y., Ambarwulan, W., Suwarno, Y., Suwedi, N., Turmudi, T., Cahyana, D., Nugroho, N. P., & Ramadhani, F. (2023). Spatial-Temporal Changes in Water Supply and Demand in the Citarum Watershed, West Java, Indonesia Using a Geospatial Approach. *Sustainability*, 15(1), 562.
<https://doi.org/10.3390/su15010562>
- Narendra, B. H., Siregar, C. A., Dharmawan, I. W. S., Sukmana, A., Pratiwi, Pramono, I. B., Basuki, T. M., Nugroho, H. Y. S. H., Supangat, A. B., & Purwanto. (2021). A review on sustainability of watershed management in Indonesia. *Sustainability*, 13(19), 11125.
<https://doi.org/10.3390/su131911125>
- Nirala, D., Pant, N., & Rawat, M. (2019). Response of tree roots to drought condition: A review. *Int. J. Chem*, 7, 824–826.
- Priyono, C. N. S. (2002) Hutan Pinus dan Hasil Air.
<https://konservasidas.fkt.ugm.ac.id/wp-content/uploads/sites/1079/2018/08/7707015-Hutan-Pinus-Dan-Hasil-Air.pdf>
- Qazi, A. W., Saqib, Z., & Zaman-ul-Haq, M. (2022). Trends in species distribution modelling in context of rare and endemic plants: a systematic review. *Ecological Processes*, 11(1), 1–11.
<https://doi.org/10.1186/s13717-022-00384-y>
- RKSDS. (2014). Daftar Tanaman Obat Herbal Indonesia. Sragen: Remaja Kerokhanian Sapta Darma Sragen.
<https://drive.google.com/file/d/1VlOhcqHn6-VPkllCuxQIJQrLmAMP6wWk/view>
- Shah, F., Chavan, S. B., Chichaghare, A. R., Uthappa, A. R., Kumar, M., Kakade, V., Pradhan, A., Jinger, D., Rawale, G., Yadav, D. K., Kumar, V., Farooq, T. H., Baber, A., Sawant, A. V., Shah, S., Chen, S., & Poczai, P. (2022). Agroforestry Systems for Soil Health Improvement and Maintenance. *Sustainability*, 14(22), 14877.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su142214877>
- Sibly, M., Deffry, M., & Khairunnisa, N. F. (2023). Analisis Pola Persebaran Sekolah Menengah Atas di Kecamatan Koja, Jakarta Utara Menggunakan Metode Nearest Neighbor Analysis (NNA). *Jurnal Sains Geografi*, 1(2), 78–84. Retrieved from
<https://journal.unj.ac.id/unj/index.php/jsg/article/view/40529>
- Simatupang, N. B., Pratiwi, N., & Rahmah, S. (2023). Analisis Pola Persebaran Mall di Jakarta Pusat dengan Menggunakan Metode Average Nearest Neighbor (ANN). 56–61.
- Valgunadi, A. N., Zidanarta, M. B., & Rahmalia, A. (2023). Analisis Hotspot (Getis Ord Gi*) Dan Average Nearest Neighbour (ANN) Pada Sebaran Pariwisata di Kabupaten Wonosobo. *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, 11(2), 204–214.
<https://doi.org/10.23887/jjpg.v11i2.58127>