

ARTIKEL

STRUKTUR, KOMPOSISI, DAN MODEL ARSITEKTUR POHON DI KAWASAN REHABILITASI SUNGAI KARANG MUMUS LEMPAKE, SAMARINDA

[*Tree Structure, Species Composition, and Architectural Models in the Reforestation Area of Karang Mumus River, Lempake, Samarinda*]

Medi Hendra^{1*}, Jusmaldi¹, Dijan Sunar Rukmi², Mukhlis², Kadek Subagiada²

¹Program Studi Biologi, Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Mulawarman, Jl. Barong Tongkok No 4, Kampus Gunung Kelua, Samarinda 75123

²Program Studi Ilmu Lingkungan, Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Mulawarman, Jl. Barong Tongkok No 4, Kampus Gunung Kelua, Samarinda 75123

ABSTRAK

Komposisi dan struktur vegetasi merupakan parameter utama dalam rehabilitasi hutan, yang dipengaruhi oleh habitat, iklim, dan kondisi tanah. Pepohonan di kawasan rehabilitasi Sungai Karang Mumus memperlihatkan model arsitektur yang beragam, yang mewakili ciri morfologi pertumbuhan pohon, seperti perkembangan batang dan pola percabangan. Pemantauan karakteristik ini penting untuk mengevaluasi upaya restorasi hutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji komposisi dan struktur vegetasi pada tiga fase pertumbuhan—pohon, permudaan, dan anakan—dan mengidentifikasi model arsitektur pepohonan di kawasan rehabilitasi. Penelitian ini menggunakan metode petak, yaitu lahan seluas 500 meter persegi yang dibagi menjadi lima anak petak yang masing-masing berukuran 10 x 10 meter. Metode survei digunakan untuk mengeksplorasi dan mengamati secara langsung model arsitektur pohon. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada fase pohon, spesies *Cerbera manghas* memiliki Indeks Nilai Penting (INP) tertinggi yaitu sebesar 94,773%. Pada fase pancang, *Mitragyna speciosa* mendominasi dengan INP sebesar 74,999%, sedangkan pada fase semai, *Ficus fistulosa* memimpin dengan INP sebesar 77,258%. Keberagaman model arsitektur pohon di kawasan rehabilitasi Sungai Karang Mumus, dengan 15 model arsitektur yang ditemukan dari 27 jenis pohon, mencerminkan adaptasi ekologis yang penting dalam stabilisasi tebing sungai dan pengurangan erosi. Pemilihan model arsitektur pohon yang sesuai di kawasan rehabilitasi sungai sangat penting dalam upaya rehabilitasi hutan. Model pohon seperti Aubreville dan Leeuwenberg, dengan percabangan yang baik dan kemampuan regenerasi cepat, memberikan manfaat tambahan dalam menahan erosi, memperkuat stabilitas tanah, dan mengurangi dampak aliran permukaan. Model-model ini tidak hanya membantu dalam pemulihan fungsi ekologis hutan tetapi juga mendukung stabilitas tanah serta menyediakan habitat yang mendukung keberlanjutan spesies lokal di kawasan hutan riparian.

Kata Kunci: Komposisi, struktur, model arsitektur, rehabilitasi, Karang Mumus

ABSTRACT

The composition and structure of vegetation are key parameters in forest rehabilitation, influenced by habitat, climate, and soil conditions. Trees in the rehabilitation area of the Karang Mumus River display a diverse array of architectural models that represent tree growth morphology characteristics, such as stem development and branching patterns. Monitoring these characteristics is essential for evaluating forest restoration efforts. This study aims to examine the vegetation composition and structure at three growth stages—tree, pole, and seedling—and to identify tree architectural models in the rehabilitation area. The study employed a plot sampling method, with a 500-square-meter area divided into five sub-plots, each measuring 10 x 10 meters. A survey method was used to explore and directly observe tree architectural models. Results showed that in the tree phase, *Cerbera manghas* had the highest Importance Value Index (IVI) at 94.773%. In the pole phase, *Mitragyna speciosa* dominated with an IVI of 74.999%, while in the seedling phase, *Ficus fistulosa* led with an IVI of 77.258%. The diversity of tree architectural models in the rehabilitation area of the Karang Mumus River, encompassing 15 architectural models across 27 tree species, reflects significant ecological adaptations for stabilizing riverbanks and reducing erosion. Selecting appropriate tree architectural models is essential for river rehabilitation efforts, as models like *Aubreville* and *Leeuwenberg*, with robust branching and rapid regeneration capabilities, provide additional benefits in controlling erosion, enhancing soil stability, and mitigating surface runoff impacts. These models not only contribute to the ecological restoration of forest functions but also support soil stability and provide habitats that promote the sustainability of local species in riparian forest areas.

Keywords: *Composition, structure, architecture model, rehabilitation, Karang Mumus*

PENDAHULUAN

Sungai Karang Mumus merupakan anak Sungai Mahakam yang membelah Kota Samarinda, Kalimantan Timur. Sungai Karang Mumus memiliki panjang dari hulu ke hilir sekitar 17 km dengan lebar 10 – 15 m. Pada bagian hulu dari Sungai Karang Mumus terdapat Bendungan Lempake yang dimanfaatkan sebagai pengendali banjir Kota Samarinda (Pramaningsih *et al.*, 2017). Kerusakan yang terjadi di Sub DAS Karang Mumus menyebabkan meningkatnya banjir, pendangkalan sungai, penurunan kualitas air, penurunan keanekaragaman hayati serta memburuknya kualitas lingkungan yang ada di daerah pemukiman (Mislan *et al.*, 2018).

Mempertimbangkan kondisi Sub DAS Karang Mumus, maka rehabilitasi hutan sangat diperlukan untuk mengembalikan kondisi Sub DAS Karang Mumus menjadi lebih baik. Oleh karena itu dibangun suatu pendidikan lingkungan Sekolah Sungai Karang Mumus (SeSuKaMu) yang dikelola oleh Yustinus S. Hardjanto dan dibantu beberapa aktivis dari Gerakan Memungut Selelai Sampah – Sungai Karang Mumus (GMSS-SKM) yang diketuai oleh Misman. Upaya rehabilitasi yang dilakukan salah satunya ialah dengan menanam pohon. Pohon yang ditanam merupakan jenis lokal yang tujuannya untuk melestarikan vegetasi khas di sekitaran Sungai Karang Mumus (Suharko dan Kusumadewi 2019).

Rehabilitasi vegetasi sangat penting untuk meningkatkan peranan tanaman untuk melindungi kawasan sempadan sungai. Rehabilitasi hutan dan lahan (RHL) merupakan upaya untuk memulihkan, mempertahankan serta meningkatkan fungsi hutan dan lahan. Sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 76 Tahun 2008 tentang Rehabilitasi dan Reklamasi Hutan, RHL bertujuan untuk memulihkan, mempertahankan dan meningkatkan fungsi hutan dan lahan sehingga daya dukung, produktivitas serta peranannya dalam mendukung sistem penyangga kehidupan tetap terjaga (Jatmiko *et al.*, 2012). Selanjut Rachmawati dan Retnaningdyah (2014) juga menambahkan bahwa vegetasi riparian memiliki peran penting dalam ekosistem, antara lain sebagai pengendali erosi, mencegah terjadinya banjir, menyerap polutan dalam air, serta memperbaiki kualitas air dan tanah di sekitar sungai.

Struktur vegetasi merupakan gambaran susunan tegakan dasar yang berdasarkan pada sebaran diameter, tingkat permudaan pancang, tiang dan pohon, lapisan tajuk serta penyebaran dalam ruang (Junardi *et al.*, 2018). Komposisi vegetasi merupakan susunan dan jumlah individu dari suatu komunitas tumbuhan (Naharuddin 2017). Kondisi awal kawasan sungai Karang Mumus yang direhabilitasi merupakan lahan terbuka yang ditumbuhi semak belukar, sehingga diharapkan upaya penanaman yang dilakukan dapat memperbaiki peranan vegetasi untuk melindungi daerah sempadan sungai. Selain itu dalam melakukan kegiatan konservasi perlu dilakukan suatu studi dan analisis

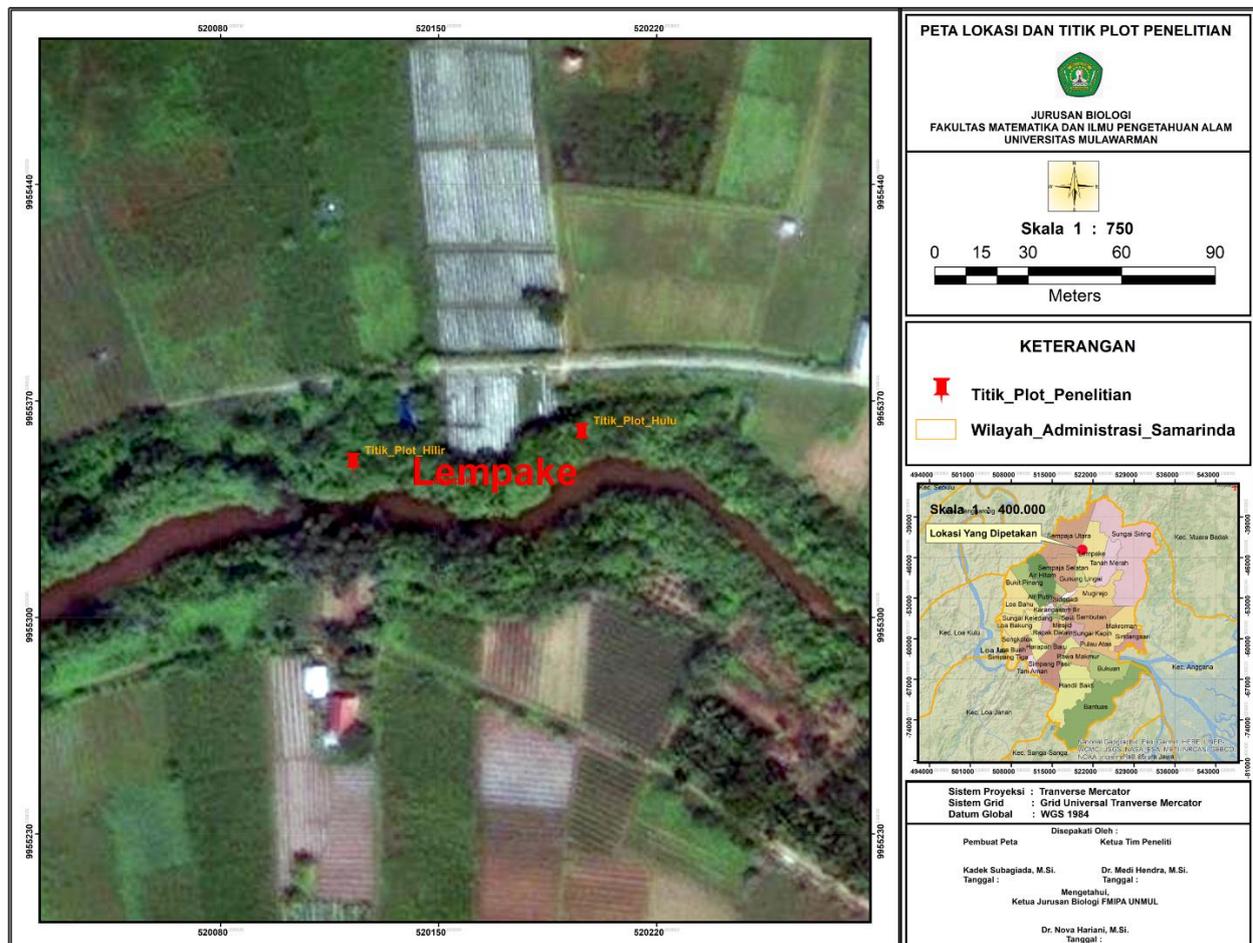
ilmiah mengenai struktur dan komposisi serta model arsitektur pohon yang berada pada kawasan rehabilitasi sungai (Ruslan *et al.*, 2016).

Pengertian model arsitektur biasa digunakan pada tumbuhan berhabitus pohon sebagai suatu gambaran pertumbuhan pohon dari waktu ke waktu. Hal ini dikarenakan pewarisnya menurunkan sifat genetik sehingga pohon memiliki ciri khas masing-masing yang bersifat konsisten sehingga dapat menjadi data tambahan saat akan membedakannya dengan jenis pohon lain (Arijani dan Boy, 2006). Selain itu menurut Darlian *et al.* (2019) model arsitektur pohon merupakan suatu gambaran morfologi pohon yang dapat langsung diamati pola percabangan batang, arah pertumbuhan batang hingga tata letak perbungaannya.

Hingga saat ini penelitian mengenai struktur dan komposisi serta model arsitektur pohon pada kawasan hutan rehabilitasi Sungai Karang Mumus yang telah berlangsung selama 5 tahun belum pernah dilakukan. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui struktur dan komposisi vegetasi serta model arsitektur pohon di kawasan rehabilitasi sungai Karang Mumus, Samarinda.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di kawasan rehabilitasi Sungai Karang Mumus Desa Muang Iir, Samarinda, Kalimantan Timur. Plot penelitian dibuat pada area penanaman dengan umur di atas 5 tahun dengan luas sekitar 3 hektar di sisi Utara sungai Karang Mumus (Gambar 1). Kawasan rehabilitasi tersebut terbagi dalam beberapa umur penanaman, namun tingkatan pohon hanya ditemukan pada kawasan dengan umur penanaman setelah 5 tahun. Selanjutnya analisis struktur dan komposisi vegetasi, serta identifikasi model arsitektur pohon dilakukan di Laboratorium Anatomi dan Sistematika Tumbuhan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman.



Gambar 1. Lokasi plot penelitian (*The research plot location*).

Pengambilan data dilakukan dengan menyusuri kawasan hutan rehabilitasi Sungai Karang Mumus disepanjang garis transek yang telah ditentukan. Selanjutnya dibuat plot dengan ukuran 10 x 50 meter, tegak lurus membelah kawasan hutan dengan lebar 10 meter dari bibir sungai ke arah daratan dan panjang 50 meter (Peta 1). Plot dibagi menjadi lima sub-plot dengan ukuran 10 x 10 meter. Setelah itu semua tumbuhan yang ada di dalam plot diberi label gantung dengan nomor sesuai urutan pengukuran. Semua vegetasi tingkat pohon, permudaan (sapling) dan anakan (seedling) yang berada di dalam plot dicatat namanya dalam tabel pengamatan dan diukur diameter batang dengan menggunakan jangka sorong. Pada tingkat pohon diukur diameter batang setinggi dada, tinggi total pohon dan tinggi titik cabang pertama (Cahyanto *et al.*, 2019).

Setiap sampel pohon yang ada dilokasi penelitian didokumentasikan atau diambil gambar model arsitekturnya. Selanjutnya dilakukan kajian literatur, karena dari pengambilan data ini dibutuhkan buku penunjang, internet, maupun jurnal penelitian tentang model arsitektur pohon. Buku yang digunakan adalah *Tropical Trees and Forest: An Architectural Analysis* (Halle *et al.*, 2012) dan beberapa jurnal yaitu: *Evolution and ecology of plant architecture: integrating insights from the fossil record, extant morphology, developmental genetics and phylogenies* (Chomiccki *et al.*, 2017), *Tree architectural models and its role in stand management* (Ravivarma *et al.*, 2023), *The Use Of Tree Architecture Models On The Landscape Arrangement Pattern To Manage Micro Environment In Universitas Tadulako* (Fachruddin *et al.*, 2020) dan *Model Arsitektur Pohon di Sekitar Daerah Aliran Sungai (DAS) Kecamatan Insana Tengah* (Kamaluddin *et al.*, 2024). Data tumbuhan berupa pohon yang diperoleh selanjutnya diidentifikasi untuk menentukan jenis, suku dan model arsitekturnya.

HASIL

Komposisi dan struktur vegetasi di kawasan rehabilitasi Sungai Karang Mumus

Hutan rehalitasi yang terdapat di kawasan hulu Sungai Karang Mumus berdasarkan fase pertumbuhannya, ditemukan mulai dari tingkat anakan (seedling), permudaan (sapling) hingga tingkat pohon. Keanekaragaman jenis vegetasi riparian tersebut terdiri dari 14 jenis pada tingkat pohon, 30 jenis pada tingkat permudaan dan 16 jenis pada tingkat anakan. Kehadiran jenis vegetasi riparian tersebut memberikan dampak positif bagi keseimbangan ekosistem yang ada di kawasan Sungai Karang Mumus, terutama dalam memperbaiki ekosistem daerah aliran sungai (DAS) di bagian hulu.

Tingkat pertumbuhan pohon sebanyak 14 jenis dari berbagai spesies yang ditanam oleh pengelola seperti bintaro (*Cerbera manghas*), kedamba (*Mitragyna speciosa*), bungur (*Lagerstroemia speciosa*), sengkung (*Dracontomelon dao*), pulai (*Alstonia scholaris*), rambai punai (*Glochidion obscurum*), bayur (*Pterospermum javanicum*), beringin (*Ficus benjamina*), sirsak (*Annona muricata*), angka (*Artocarpus heterophyllus*), saboi (*Bridelia glauca*), srikaya ganal (*Rollinia deliciosa*) dan sukun (*Artocarpus altilis*). Sedangkan jenis kabuau (*Excocaria indica*) merupakan jenis alami dibantaran sungai. Berikut ini merupakan 5 jenis hasil analisa vegetasi pada tingkatan pohon yang memiliki nilai INP tertinggi di hutan rehabilitasi Sungai Karang Mumus (Tabel 1).

Tabel 1. Lima jenis dengan INP tertinggi dan Indeks Keanekaragaman pada tingkat pohon (*Top five species with the highest Importance Value Index (IVI) and Diversity Index at the tree level*).

No	Nama Lokal/ Spesies (Local name/Species)	KR (%) (RD)	FR (%) (RF)	DR (%) (RDo)	INP (IVI)	H'
1	Kabuau (<i>Excocaria indica</i>)	5,97	11,11	16,62	33,70	0,814
2	Bintaro (<i>Cerbera manghas</i>)	38,81	18,52	37,45	94,77	
3	Sengkung (<i>Dracontomelon dao</i>)	4,48	11,11	3,67	19,26	
4	Kedamba (<i>Mitragyna speciosa</i>)	23,88	14,82	18,39	57,09	
5	Bungur (<i>Lagerstroemia speciosa</i>)	11,94	11,11	10,53	33,59	

Keanekaragaman tumbuhan pada tingkat permudaan (sapling) cukup banyak ditemukan di kawasan Sungai Karang Mumus. Tumbuhan yang tergolong permudaan ini memiliki tinggi berkisar antara 3-9 meter dengan diameter 2 - < 10 cm. Tumbuhan yang mencapai tingkat sapling ditemukan sebanyak 30 jenis dari berbagai spesies yang ditanam oleh pengelola maupun yang tumbuh secara alami seperti srikaya ganal (*Rollinia deliciosa*), sirih-sirih (*Piper aduncum*), jambu biji (*Psidium guajava*), kejajing (*Ficus fistulosa*), bungur (*Lagerstroemia speciosa*), kedamba (*Mitragyna speciosa*), singkil (*Premna serratifolia*), rengas (*Gluta renghas*), bayur (*Pterospermum javanicum*), jambu air (*Syzygium aqueum*), saboi (*Bridelia glauca*), sengkuang (*Dracontomelon dao*), mengkudu (*Morinda citrifolia*), bengkal (*Nauclea speciosa*), kendikara (*Dillenia excelsa*), elai (*Durio kutejensis*), nangka (*Artocarpus heterophyllus*), bintaro (*Cerbera manghas*), manitri (*Pachira* sp.), langsung (*Lansium domesticum*), pulai (*Alstonia scholaris*), mengkirai (*Trema orientalis*), maja (*Aegle marmelos*), ande-ande (*Antidesma montanum*), ketapang (*Terminalia catappa*), jambu bol (*Syzygium malaccense*), sirsak (*Annona muricata*), beringin (*Ficus benjamina*), gaharu (*Aquilaria malaccensis*) dan kabuau (*Excocaria indica*). Berikut ini merupakan 5 jenis hasil analisa vegetasi tertinggi pada tingkatan permudaan (sapling) di hutan rehabilitasi Sungai Karang Mumus (Tabel 2).

Tabel 2. Lima jenis dengan INP tertinggi dan Indeks Keanekaragaman pada tingkat permudaan (*Top five species with the Highest Importance Value Index (IVI) and Diversity Index at the sapling level*).

No	Nama Lokal/Spesies (Local name/Species)	KR (%) (RD)	FR (%) (RF)	DR (%) (RDo)	INP (IVI)	H'
1	Bungur (<i>Lagerstroemia speciosa</i>)	21,29	9,43	18,18	48,90	1,027
2	Kedamba (<i>Mitragyna speciosa</i>)	29,70	9,43	35,86	74,99	
3	Rengas (<i>Gluta renghas</i>)	8,91	9,43	5,71	24,05	
4	Sengkuang (<i>Dracontomelon dao</i>)	10,89	7,55	15,54	33,98	
5	Bintaro (<i>Cerbera manghas</i>)	4,95	7,55	5,91	18,41	

Pada tingkatan anakan (*seedling*) ditemukan 16 jenis tumbuhan, antara lain kejajing (*Ficus fistulosa*), srikaya ganal (*Rollinia deliciosa*), gaharu (*Aquilaria malaccensis*), pulai (*Alstonia scholaris*), durian (*Durio zibethinus*), sukun (*Artocarpus altilis*), bungur (*Lagerstroemia speciosa*), bengalon (*Lephisantes alanta*), keledang (*Artocarpus lanceifolius*), sirih (*Piper aduncum*), maja (*Aegle marmelos*), saboi (*Bridelia glauca*), *Aporosa* sp, bintaro (*Cerbera manghas*), kedamba (*Mitragyna speciosa*) dan jambu air (*Syzygium aqueum*). Jenis-jenis tersebut seperti halnya pada tingkatan permudaan, merupakan hasil penanaman maupun jenis alami pada riparian sungai Karang Mumus. Berikut ini merupakan 5 jenis tertinggi INP hasil analisa vegetasi pada tingkat anakan di hutan rehabilitasi Sungai Karang Mumus (Tabel 3).

Tabel 3. Lima jenis dengan INP tertinggi dan Indeks Keanekaragaman pada tingkat anakan (*Top five species with the Highest Importance Value Index (IVI) and Diversity Index at the seedling level*).

No	Nama Lokal/Spesies (Local name/Species)	KR (%) (RD)	FR (%) (RF)	DR (%) (RDo)	INP (IVI)	H'
1	Kejajing (<i>Ficus fistulosa</i>)	32,927	17,241	27,089	77,258	0,918
2	Sukun (<i>Artocarpus altilis</i>)	3,659	10,345	2,054	16,058	
3	Bungur (<i>Lagerstroemia speciosa</i>)	12,195	13,793	18,818	44,806	
4	Sirih (<i>Piper aduncum</i>)	8,537	6,897	2,943	18,376	
5	Bintaro (<i>Cerbera manghas</i>)	23,171	10,345	29,391	62,906	

Model arsitektur pohon di kawasan rehabilitasi Sungai Karang Mumus

Pada kawasan rehabilitasi Sungai Karang Mumus, ditemukan 15 model arsitektur pohon dari 27 jenis tumbuhan yang diidentifikasi (Tabel 4.). Model-model arsitektur pohon ini meliputi model Attims, Aubreville, Champagnat, Cook, Corner, Koriba, Leeuwenberg, Massart, Petit, Prevost, Rauh, Roux, Scarrone, Stone, dan Troll. Keberagaman model arsitektur ini mencerminkan adaptasi berbagai jenis pohon dalam menghadapi kondisi lingkungan yang dinamis di kawasan riparian, seperti stabilisasi tanah, intersepsi air hujan, dan peningkatan ketahanan terhadap erosi. Kehadiran model-model ini juga berperan penting dalam membentuk struktur kanopi yang berbeda, yang membantu dalam pengaturan distribusi cahaya serta menyediakan habitat yang beragam bagi spesies lokal. Kombinasi berbagai model arsitektur ini memberikan kontribusi penting dalam proses pemulihan ekosistem hutan riparian yang lebih stabil dan berkelanjutan di kawasan rehabilitasi Sungai Karang Mumus.

Tabel 4. Jenis dan model arsitektur pohon di kawasan rehabilitasi Sungai Karang Mumus (*The tree species and architectural models in the Karang Mumus River rehabilitation area*).

No	Nama Lokal (Local Name)	Nama Ilmiah (Latin Name)	Famili (Family)	Model Arsitektur (Architectural Models)
1	Ara	<i>Ficus variegata</i>	Moraceae	Attims
2	Ketapang	<i>Terminalia catappa</i>	Combretaceae	Aubreville
3	Saboi	<i>Bridelia glauca</i>	Euphorbiaceae	Champaqnat
4	Kabuau	<i>Excoecaria indica</i>	Euphorbiaceae	Champaqnat
5	Mangga	<i>Mangifera indica</i>	Anacardiaceae	Champaqnat
6	Jabon	<i>Neolamarckia cadamba</i>	Rubiaceae	Cook
7	Kadamba	<i>Mytragina speciosa</i>	Rubiaceae	Cook
8	Srikaya ganal	<i>Rollinia deliciosa</i>	Annonaceae	Cook
9	Kelapa	<i>Cocos nucifera</i>	Arecaceae	Corner
10	Rambai punai	<i>Glochidion obscurum</i>	Phyllanthaceae	Koriba
11	Bintaro	<i>Cerbera manghas</i>	Apocynaceae	Leeuwenberg
12	Jabon merah	<i>Anthocephalus macrophyllus</i>	Rubiaceae	Massart
13	Kapuk	<i>Ceiba pentandra</i>	Bombaceae	Massart
14	Mengkudu	<i>Morinda citrifolia</i>	Rubiaceae	Petit
15	Kecapi	<i>Sandaricum koetjape</i>	Meliaceae	Petit
16	Pulai	<i>Alstonia scholaris</i>	Apocynaceae	Prevost
17	Sukun	<i>Artocarpus altilis</i>	Moraceae	Rauh
18	Nangka	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	Moraceae	Rauh
19	Beringin	<i>Ficus benjamina</i>	Moraceae	Rauh
20	Kibar lalat	<i>Macaranga tanarius</i>	Euphorbiaceae	Rauh
21	Bayur	<i>Pterospermum javanicum</i>	Malvaceae	Rauh
22	Durian	<i>Durio zibethinus</i>	Malvaceae	Roux
23	Kemiri	<i>Aleurites moluccana</i>	Euphorbiaceae	Scarrone
24	Sengkuang	<i>Dracontomelon dao</i>	Anacardiaceae	Stone
25	Kejating	<i>Ficus fistulosa</i>	Moraceae	Stone
26	Bungur	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	Lythraceae	Troll
27	Jambu air	<i>Syzigium aqueum</i>	Myrtaceae	Troll

PEMBAHASAN

Komposisi dan struktur vegetasi di kawasan rehabilitasi Sungai Karang Mumus

Jenis tumbuhan pada tingkat pohon di kawasan rehabilitasi Sungai Karang Mumus tidak terlalu banyak. Hal ini disebabkan oleh sebagian besar vegetasi di kawasan tersebut berumur sekitar 5 tahun, sehingga hanya tanaman dengan pertumbuhan yang cepat (*fast growth*) yang dapat tumbuh mencapai tingkat pohon. Tingkatan pohon didominasi oleh jenis bintaro (*Cerbera manghas*) dengan nilai INP tertinggi sebesar 94,773%. Dominasi bintaro ini terjadi karena tanaman ini banyak ditanam di kawasan rehabilitasi Sungai Karang Mumus dan mampu beradaptasi pada lingkungan yang tergenang serta memiliki pertumbuhan yang cepat. Menurut Arifin dan Nakagoshi (2011) bintaro

merupakan pohon berukuran kecil hingga sedang, berasosiasi dengan mangrove di daerah tropis dan subtropis. Di Indonesia, tanaman ini ditemukan di taman pinggir jalan, desa, pemukiman, dan kompleks perumahan, serta di pekarangan rumah sebagai tanaman hias.

Lima jenis pohon yang memiliki nilai INP tertinggi merupakan jenis tumbuhan yang banyak ditanam pada awal kegiatan rehabilitasi kecuali kabuau (*Excocaria indica*) yang tumbuh secara alami. Ravagan *et al.* (2015), menyatakan bahwa habitat *Excocaria indica* umumnya ditemukan pada tepi sungai dengan pasang surut dan pantai laut, serta di hutan sekunder primer maupun di tempat-tempat berawa dan tergenang musiman. Pemilihan jenis tanaman pada awal rehabilitasi mempertimbangkan kemudahan adaptasi terhadap kondisi riparian yang sering tergenang saat banjir serta ketersediaan bibit. Berdasarkan umur vegetasi di kawasan rehabilitasi ini, kawasan tersebut tergolong hutan sekunder muda. Hal ini karena sebagian besar vegetasi baru berusia 5 tahun, sehingga banyak tumbuhan yang baru mencapai fase permudaan (sapling). Hutan sekunder muda sering kali didominasi oleh tumbuhan muda dengan keanekaragaman spesies yang berkembang seiring waktu, menjadi fase awal dalam proses suksesi menuju hutan yang lebih kompleks. Kehadiran vegetasi muda ini menunjukkan permulaan suksesi ekologi, di mana jenis-jenis tumbuhan yang tumbuh cepat dan toleran terhadap cahaya akan lebih dominan di fase-fase awal rehabilitasi hutan (Alves *et al.*, 2022).

Indeks keanekaragaman jenis pohon di kawasan rehabilitasi sungai Karang Mumus masih tergolong rendah dengan nilai H' yaitu 0,814, yang menunjukkan rendahnya keanekaragaman pohon akibat keterbatasan jenis yang ditanam pada awal rehabilitasi. Penanaman berikutnya diharapkan memperkaya kawasan ini dengan lebih banyak jenis pohon, terutama yang alami di sepanjang riparian Sungai Karang Mumus. Menurut Arifin dan Nakagoshi (2011) penggunaan jenis asli dalam program rehabilitasi sangat disarankan, karena jenis asli cenderung lebih adaptif terhadap kondisi biofisik lokal, membutuhkan perawatan yang rendah, serta melestarikan sumber daya genetik. Selanjutnya dari perspektif ekologi, ekonomi, dan sosial budaya, tidak ada pihak yang akan merasa terganggu jika hewan dan tumbuhan asli kembali menghuni habitatnya.

Kedamba (*Mitragyna speciosa*) mendominasi tingkat permudaan (sapling) dengan nilai INP tertinggi, yaitu 74,999%. Hal ini disebabkan oleh kemampuan adaptasi kedamba yang baik sehingga mampu tumbuh dan mendominasi kawasan hutan rehabilitasi Sungai Karang Mumus. Kedamba yang ditemukan dalam plot penelitian merupakan hasil pengayaan atau penanaman yang dilakukan 5 tahun yang lalu dan juga yang tumbuh secara alami di bantaran sungai Karang Mumus. Menurut Wahyono *et al.* (2019), kedamba merupakan tumbuhan yang tingginya berkisar antara 10-30 meter dan biasanya tumbuh secara soliter atau berdekatan dengan jenis yang serupa. Habitat alami kedamba berada di daerah aliran sungai (DAS) dan rawa-rawa. Tumbuhan ini dapat tumbuh optimal pada tanah aluvial (endapan mineral) yang subur dan berair, biasanya di dataran rendah yang lembab serta kaya bahan organik. Kedamba juga mampu tumbuh di lahan dengan pH asam dan kondisi tergenang air sepanjang tahun. Pada lokasi plot penelitian, kedamba menunjukkan pertumbuhan awal yang cepat, mencapai 2 -3 meter per tahun. Perakarannya yang kuat menjadikan tumbuhan ini berperan penting dalam mencegah erosi di bagian tepi sungai.

Selain kedamba, beberapa jenis lain yaitu bungur (*Lagerstroemia speciosa*), sengkung (*Dracontomelon dao*), rengas (*Gluta reinghas*) dan bintaro (*Cerbera manghas*) memiliki nilai INP cukup tinggi pada tingkat permudaan. Jenis-jenis ini umumnya memiliki kemampuan adaptasi yang baik pada kondisi habitat yang sering tergenang oleh air. Rahmah *et al.* (2021), melaporkan bahwa jenis bungur dapat ditemukan di hutan dengan kondisi tanah yang subur maupun yang gersang sekalipun. Keanekaragaman jenis pada tingkat permudaan masih tergolong rendah dengan nilai H' sebesar 1,027. Namun, keanekaragaman ini lebih tinggi dibandingkan keanekaragaman pada tingkat pohon. Hal ini disebabkan oleh usia tanaman di kawasan hutan rehabilitasi Sungai Karang Mumus yang rata-rata baru sekitar 5 tahun, sehingga banyak yang masih berada pada fase permudaan (sapling). Data pengukuran menunjukkan bahwa hanya beberapa jenis dengan pertumbuhan cepat yang telah mencapai fase pohon.

Kejajing (*Ficus fistulosa*) dengan nilai INP tertinggi sebesar 77,258% mendominasi fase anakan (seedling) di kawasan rehabilitasi Sungai Karang Mumus. Hal ini disebabkan oleh kemampuan adaptasinya yang baik, sehingga *Ficus fistulosa* dapat tumbuh dan berkembang secara

alami di area ini. Jenis ini menghasilkan buah yang banyak, yang berperan dalam penyebaran anakan di tebing dan bantaran sungai. Pramono dan Rustam (2015), menyatakan bahwa *Ficus* merupakan tumbuhan yang dapat berperan penting dalam upaya peningkatan konservasi lingkungan maupun produktivitas hutan. *Ficus fistulosa* yang termasuk ke dalam famili Moraceae selain berperan dalam konservasi, juga berperan penting dalam rehabilitasi lahan karena termasuk ke dalam golongan pionir dan dapat dengan mudah ditemui secara alami di hutan alam yang mengalami gangguan. *Ficus* merupakan genus tumbuhan yang penting bagi kehidupan hewan tropis pemakan buah. Berbagai jenis hewan seperti reptil, burung dan mamalia memanfaatkan buah *Ficus* sebagai salah satu sumber makanannya.

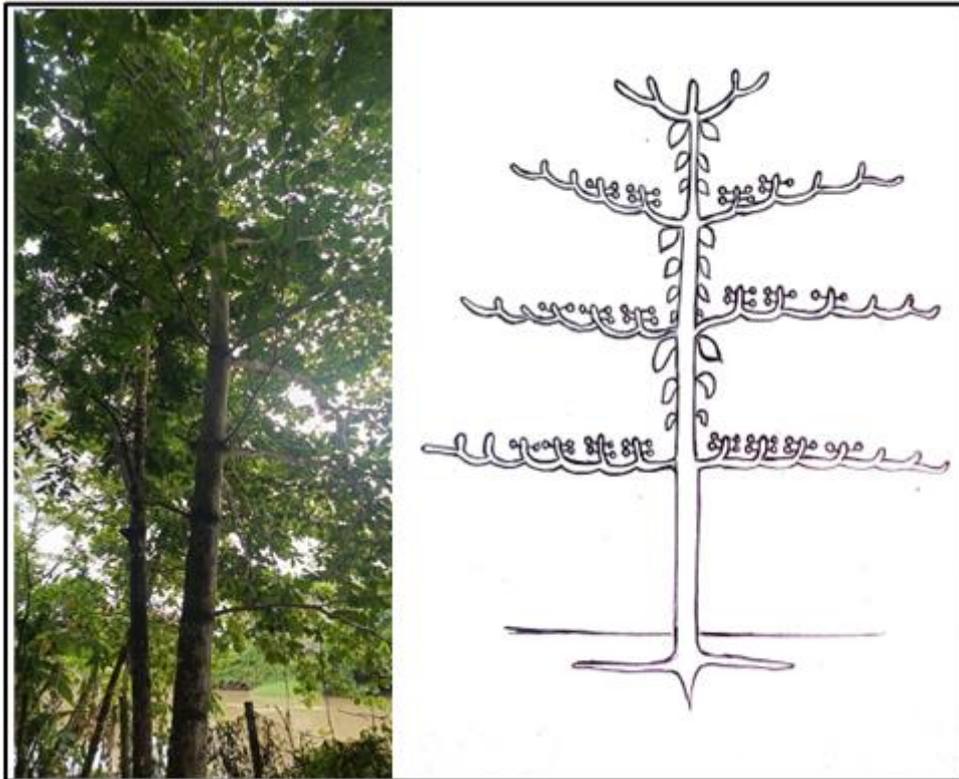
Terbatasnya jenis yang mampu tumbuh pada kawasan riparian menyebabkan indeks keanekaragaman pada tingkat anakan tergolong rendah, dengan nilai H' sebesar 0,918. Menurut Sidiyasa (2009) di hutan alami umumnya jumlah vegetasi tingkat anakan atau semai cenderung mendominasi dan lebih banyak dibandingkan tingkatan lainnya, yang menunjukkan kondisi hutan yang normal. Namun, di kawasan rehabilitasi ini, vegetasi tingkat permudaan (sapling) justru lebih dominan.. Fluktuasi pasang surut muka air sungai juga mempengaruhi jenis-jenis yang mampu tumbuh dan bertahan pada kedua sisi sungai.

Model arsitektur pohon di kawasan rehabilitasi Sungai Karang Mumus

Model arsitektur merupakan strategi pertumbuhan bawaan yang menentukan cara tumbuhan membentuk dirinya dan arsitektur yang dihasilkan. Setiap jenis pohon memiliki model arsitektur yang mencerminkan sifat dan urutan dari program pertumbuhan dasar yang membentuk keseluruhan bentuk pohon. Model arsitektur ini diidentifikasi berdasarkan pengamatan terhadap empat kelompok fitur morfologis utama, yaitu pola pertumbuhan, pola percabangan, diferensiasi morfologis sumbu, serta tipe pembungaan, baik lateral maupun terminal (Ravivarma *et al.*, 2023).

Arsitektur pohon yang ditemukan dalam kawasan rehabilitasi hutan Sungai Karang Mumus cukup beragam. Menurut Beech *et al.* (2017) arsitektur pohon berkisar dari bentuk ramping, bentuk seperti tiang hingga besar, dengan kanopi yang luas dan berlapis-lapis. Model arsitektur pohon di setiap kawasan tergantung komposisi jenis vegetasi alami yang tumbuh, maupun jenis tumbuhan yang di tanam pada lahan hutan yang telah direboisasi. Struktur arsitektur pohon ini memainkan peran penting dalam mempengaruhi dinamika tegakan hutan, khususnya dalam aspek ekstensi tajuk, kemampuan penangkapan cahaya, dan stabilitas mekanis pohon, serta memungkinkan spesies memanfaatkan gradien ketinggian vertikal di kanopi hutan dan gradien cahaya horizontal di lantai hutan. Selanjutnya arsitektur pohon secara langsung mempengaruhi proses biofisik seperti fotosintesis dan evapotranspirasi (Ravivarma *et al.*, 2023).

Pemilihan model arsitektur pohon sangat penting dalam rehabilitasi hutan riparian, mengingat pohon-pohon di kawasan ini diharapkan mampu menstabilkan tebing sungai, menahan erosi, serta menyediakan habitat bagi berbagai spesies. Beberapa model arsitektur pohon yang lebih cocok untuk kawasan hutan riparian adalah Aubreville, Leeuwenberg, Koriba, Massart, Roux, dan Troll (Kamaluddin *et al.*, 2024). Sesuai dengan pendapat Chomicki *et al.* (2017) bahwa beberapa model arsitektur lebih menguntungkan di habitat tertentu.



Gambar 1. Model arsitektur Aubreville pada pohon ketapang (*Terminalia catappa*) (Aubreville architectural model on the ketapang tree (*Terminalia catappa*)).

Model Aubreville, seperti yang diwakili oleh ketapang (*Terminalia catappa*), memiliki percabangan bertingkat dan akar yang kuat untuk mampu memperkuat tebing sungai pasca gangguan. Model Leeuwenberg seperti bintang (*Cerbera manghas*) memiliki batang utama kuat dengan cabang lateral simetris yang memberi keseimbangan dan kestabilan struktur, sehingga efektif dalam menahan aliran air yang deras. Arsitektur pohon juga penting untuk penangkapan cahaya yang efisien, pertumbuhan tinggi, stabilitas mekanik, dan hidrolika (Edwards *et al.*, 2014). Tidak mengherankan bahwa arsitektur tumbuhan khususnya pohon berbeda-beda; beberapa sifat mendukung diferensiasi relung, misalnya ortotrop berhubungan dengan intensitas cahaya tinggi, sedangkan plagiotrop lebih sering di lingkungan teduh (Chomicki *et al.*, 2017).

Mode Aubreville dan Leeuwenberg penting dalam pemulihan hutan riparian pasca gangguan karena pohon dengan model arsitektur ini memiliki potensi intersepsi yang cukup tinggi (Hendarso *et al.*, 2022). Kemampuan intersepsi yang tinggi ini mendukung upaya pengurangan erosi dan stabilisasi tanah di sepanjang tebing sungai (Kamaluddin *et al.*, 2024). Vegetasi pohon memiliki peran kunci integritas fungsi ekosistem riparian. Selain itu, pohon memiliki sistem perakaran yang kuat dan dalam yang berpotensi meningkatkan kapasitas menahan tanah, meningkatkan laju infiltrasi sehingga proses terjadinya limpasan permukaan dan erosi dapat diminimalisir (Semiun *et al.*, 2013).

Model Koriba yang diwakili rambai punai (*Glochidion obscurum*) dikenal dengan batang lurus dan tinggi serta percabangan lateral simetris, yang cocok untuk melindungi tebing sungai dari erosi oleh hujan. Sementara model Massart, seperti jabon merah (*Anthocephalus macrophyllus*) dan kapuk (*Ceiba pentandra*), memiliki kanopi yang lebar untuk meredam dampak air hujan langsung ke tanah, membantu mencegah erosi permukaan. Model Roux yang terlihat pada pohon durian (*Durio zibethinus*) dengan percabangan yang rapat dapat membentuk kanopi padat, sehingga efektif melindungi tanah dari pukulan air hujan dan hembusan angin. Adapun model Troll adalah bungur (*Lagerstroemia speciosa*) dan jambu air (*Syzigium aqueum*) memiliki struktur simetris dan percabangan lateral yang baik untuk memperkuat tanah di sepanjang tepi sungai, dengan kanopi yang seimbang yang dapat memberikan naungan dan menjaga kelembapan tanah.

Struktur tajuk dengan kerapatan tinggi pada beberapa model arsitektur pohon ini memiliki peran penting dalam menahan daya kinetik air hujan yang jatuh ke permukaan tanah, sehingga

membantu mengurangi erosi dan resiko longsor di area sekitar Daerah Aliran Sungai (DAS). Dalam hal ini, vegetasi dengan tajuk rindang dan sistem perakaran yang kuat mampu mempercepat proses rehabilitasi hutan dan lahan, khususnya dalam mengurangi aliran permukaan (Naharuddin *et al.*, 2016, Naharuddin 2021). Pohon menunjukkan plastisitas luar biasa dalam merespons kondisi lingkungan, misalnya dengan menyesuaikan bentuk batang dan percabangannya untuk menghadapi angin atau tekanan fisik lainnya (De Langre 2008).

Pada pohon, terdapat hubungan timbal balik antara penambahan tinggi dan stabilitas mekanis dengan kemampuan menangkap cahaya (Poorter *et al.*, 2003). Pengaruh arsitektur pohon terhadap sifat fungsional membentuk diferensiasi relung, baik secara spasial maupun temporal. Oleh karena itu, ciri-ciri arsitektural berkorelasi dengan proses suksesi hutan. Perbedaan utama arsitektur jenis pada suksesi awal dibandingkan dengan jenis pada suksesi akhir terletak pada kemampuan jenis-jenis tersebut untuk melakukan reiterasi. Pertumbuhan cepat yang menjadi ciri suksesi awal lebih mendukung jenis dengan potensi reiterasi rendah, sementara jenis-jenis pada suksesi akhir memiliki potensi reiterasi tinggi yang mengakibatkan pertumbuhan lebih lambat (Millet *et al.*, 1999). Potensi reiterasi menentukan tingkat plastisitas dan umur panjang suatu spesies, sehingga berperan penting dalam proses suksesi hutan (Chomicki *et al.*, 2017).

KESIMPULAN

Komposisi dan struktur tumbuhan yang membentuk vegetasi hutan rehabilitasi Sungai Karang Mumus pada tingkat pohon mencakup 14 jenis dengan nilai indeks keanekaragaman (H') sebesar 0,814. Pada tingkat permudaan ditemukan 30 jenis dengan nilai H' sebesar 1,027, sedangkan pada tingkat anakan ditemukan 16 jenis dengan nilai H' sebesar 0,918. Meskipun kawasan ini memiliki indeks keanekaragaman yang rendah pada tingkat pohon dan anakan, jenis-jenis yang ada berperan penting dalam stabilisasi tebing sungai dan pencegah erosi, mendukung proses suksesi ekologis menuju hutan yang lebih kompleks. Indeks Nilai Penting (INP) tertinggi pada setiap tingkat berbeda, yaitu pada tingkat pohon tertinggi ditemukan pada jenis bintangoro (*Cerbera manghas*) sebesar 94,773%, pada tingkat permudaan (sapling) tertinggi pada jenis kedamba (*Mitragyna speciosa*) sebesar 74,999%, dan pada tingkat anakan (seedling) tertinggi pada jenis kejajing (*Ficus fistulosa*) sebesar 77,258%.

Keberagaman model arsitektur pohon di kawasan rehabilitasi Sungai Karang Mumus, dengan 15 model arsitektur yang ditemukan dari 27 jenis pohon, mencerminkan adaptasi ekologis yang penting dalam stabilisasi tebing sungai dan pengurangan erosi. Pemilihan model arsitektur pohon yang sesuai di kawasan rehabilitasi sungai sangat penting dalam upaya rehabilitasi hutan. Model pohon seperti Aubreville dan Leeuwenberg, dengan percabangan yang baik dan kemampuan regenerasi cepat, memberikan manfaat tambahan dalam menahan erosi, memperkuat stabilitas tanah, dan mengurangi dampak aliran permukaan. Model-model ini tidak hanya membantu dalam pemulihan fungsi ekologis hutan tetapi juga mendukung stabilitas tanah serta menyediakan habitat yang mendukung keberlanjutan spesies lokal di kawasan hutan riparian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dilakukan atas dana SKIM bantuan biaya penelitian dan pengabdian kepada masyarakat pendanaan PNPB tahun anggaran 2024. Terima kasih kepada Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman dan Ketua Jurusan Biologi yang telah memberikan kesempatan dan pembiayaan sehingga penelitian ini dapat dilakukan tepat waktu.

KONTRIBUSI PENULIS

MH: Membuat konsep penelitian, mengumpulkan data penelitian, analisis data, membuat draf artikel, merevisi naskah akhir; J: mengumpulkan data penelitian, analisis data, membuat draf; DSR: mengumpulkan data penelitian, membuat draf artikel, merevisi naskah akhir; M: mengumpulkan data penelitian; KS: membuat peta dan gambar penelitian, editing.

REFERENSI

- Arifin S.A., Nakagoshi, N. 2011. Landscape ecology and urban biodiversity in tropical Indonesian cities. *Landscape Ecological Engineering*, 7(1), pp.33-43.
- Arrijani, Boy, J.A. 2006. Model arsitektur pohon pada hulu DAS Cianjur Zona Sub-Montana Taman Nasional Gunung Gede Pangrango. *Jurnal Matematika, Sains dan Teknologi*, 7(2), pp.71-84.
- Alves, J., Oliveira, M., Chazdon, R., Calmon, M., Pinto, A., Darvin, E., Pereira, B. 2022. The role of assisted natural regeneration in accelerating forest and landscape restoration: practical experiences from the field. Washington DC: World Resources Institute.
- Beech, E., Rivers, M.C., Oldfield, S.F., Smith, P.P. 2017. GlobalTreeSearch: The first complete global database of tree species and country distributions. *Journal of Sustainable Forestry*, 36(5), pp.454-489.
- Cahyanto, T., Efendi, M., Shofara, R.M., Dzakiyah, M., Nurlaela, Satria P.G. 2019. Short communication: floristic survey of vascular plant in the submontane forest of Mt. Burangrang Nature Reserve, West Java, Indonesia. *Biodiversitas*, 20(8), pp.2197-2205.
- Chomicki, G., Coiro, M., Renner, S.S. 2017. Evolution and ecology of plant architecture: integrating insights from the fossil record, extant morphology, developmental genetics and phylogenies. *Annals of Botany*, 120(6), pp.855-891.
- Darlian, L., Kolaka, L., Syalat, R.B., Asteno, M. 2019. Model arsitektur pohon ordo Sapindales dan Malvales di Kawasan Hutan Lambusango, Kabupaten Buton, Sulawesi Tenggara. *Prosiding Seminar Nasional Biologi*. Kendari: 28 September 2019.
- De Langre, E. 2008. Effects of wind on plants. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 40, pp.141-168.
- Edwards, E.J., Chatelet, D.S., Sack, L., Donoghue, M.J. 2014. Leaf life span and the leaf economic spectrum in the context of whole plant architecture. *Journal of Ecology*, 102, pp.328-336.
- Fachruddin, P.A., Basir, M., Pitopang, R., Amar. 2020. The use of tree architecture models on the landscape arrangement pattern to manage micro environment in Universitas Tadulako. *Tadulako Science and Technology Journal*, 1(1), pp.24-29.
- Halle, F., Oldeman, R.A.A., Tomlinson, P.B. 2012. Tropical trees and forest: an architectural analysis. Springer Science & Business Media.
- Hendarso, S.A., Sulistiono, Rahmawati, I., Cintamulya, I. 2022. Arsitektur percabangan pohon di Taman Kota Kediri. *Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*, 9(2), pp.113-122.
- Jatmiko, A., Sadono, R., Faida, L.R.W. 2012. Evaluasi kegiatan rehabilitasi hutan dan lahan menggunakan analisis multikriteria (studi kasus di Desa Butuh Kidul Kecamatan Kalikajar, Kabupaten Wonosobo, Jawa Tengah). *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 6(1), pp.30-44.
- Junardi, I.T., Rafdinal, Linda, R. 2018. Komposisi dan struktur vegetasi riparian di Kawasan Taman Wisata Gunung Poteng Singkawang Kalimantan Barat. *Jurnal Protobiont*, 7(3), pp.118-126.
- Kamaluddin, Atini, B., Hano'e, E.M.Y. 2024. Model arsitektur pohon di sekitar Daerah Aliran Sungai (DAS) Kecamatan Insana Tengah. *Jurnal Pro-Life*, 11(1), pp.56-65.
- Millet, J., Bouchard, A., Edelin, C. 1999. Relationship between architecture and successional status of trees in the temperate deciduous forest. *Ecoscience*, 6, pp.187-203.
- Mislan, Sudaryanto, Ayub, S.O., Hadiati, D.S. 2018. Penyusunan aksi restorasi sub DAS Karang Mumus dalam perspektif ketahanan air. *Prosiding Seminar Nasional Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta*. IX, pp.264-275.
- Naharuddin. 2017. Komposisi dan struktur vegetasi dalam potensinya sebagai parameter hidrologi dan erosi. *Jurnal Hutan Tropis*, 5(2), pp.134-142.
- Naharuddin, Bratawinata, A., Hardwinarto, S., Pitopang, R. 2016. Curahan tajuk pada tegakan model arsitektur pohon Aubreville, Leeuwenberg dan Stone di tipe penggunaan lahan kebun hutan sub daerah aliran sungai Gumbasa. *Warta Rimba*, 4(1), pp.28-33.
- Naharuddin, S. 2021. Tingkat erosi pada plot model arsitektur pohon Attimis (*Eucalyptus deglupta*), Corner (*Arenga pinnata*) dan Rauh (*Artocarpus teysmanii*). *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 15(1), pp.28-41.

- Pooter, L., Bongers, F., Sterck, F.J., Woll, H. 2003. Architecture of 53 rain forest tree species differing in adult stature and shade tolerance. *Ecology*, 84, pp.602-608.
- Pramaningsih, V., Suprayogi, S., Purnama, I.L.S. 2017. Kajian persebaran spasial kualitas air sungai Karang Mumus, Samarinda, Kalimantan Timur. 2017. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 7(3), pp.211-218.
- Pramono, A.S., Rustam, E. 2015. Karakteristik morfologi serta perkembangan Fig Nyawai (*Ficus variegata* Blume) di Kebun Raya Cibodas. *Jurnal Perbenihan Tanaman Hutan*, 3(2), pp.101-113.
- Rachmawati, E.T., Retnaningdyah, C. 2014. Karakteristik vegetasi riparian dan interaksinya dengan kualitas air Mata Air Sumber Awan serta salurannya di Kecamatan Singosari Malang. *Jurnal Biotropika*, 2(3), pp.136-141.
- Rahmah, S.M., Dharmono, Putra, A.P. 2021. Kajian etnobotani tumbuhan bungur (*Lagerstroemia speciosa*) di Kawasan Hutan Bukit Tamiang Kabupaten Tanah Laut sebagai buku ilmiah populer. *Biodik: urnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, 7(1), pp.1-12.
- Ravagan, P., Ravichandran, K., Mohan, P.M., Sxaena, A., Prasanth, R.S., Jayaraj, R.S.C., Saravanan, S. 2015. Short communication: note on *Excoecaria indica* (Willd.) Muell.-Arg, 1863 (Euphorbiaceae), from the Andaman and Nicobar Islands, India; a data deficient species. *Journal Biodiversitas*, 16(1), pp.22-26.
- Ravivarma, D., Swamynath, S., Varun, P., Bargavi, T., Ashwitha, B. 2023. Tree architectural models and its role in stand management. *Van Sangyan*, 10(12), pp.1-10.
- Ruslan, M., Fithria A., Peran, B.S., Syam'ani. 2016. *Pola arahan rehabilitasi hutan dan lahan; di sub-sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Amandit Kabupaten Hulu Sungai Selatan*. Banjarmasin: Lambung Mangkurat University Press.
- Semiun, C.G., Arisoelaningsih, E., Retnaningdyah, C. 2013. Degradation of riparian tree diversity on spring fed drains and its impacts to water quality, East Java. *Journal of Tropical Life Science*, 3(2), pp.120-126.
- Sidiyasa, K. 2009. Struktur dan komposisi tegakan serta keanekaragamannya di Hutan Lindung Sungai Wain, Balikpapan, Kalimantan Timur. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 6(1), pp. 79 -93.
- Suharko, Kusumadewi, C.D.M. 2019. Organisasi masyarakat sipil dan restorasi sungai: studi pada gerakan memungut sehelai sampah di Sungai Karang Mumus Kota Samarinda. *Jurnal Sosiologi Reflektif*, 14(1), pp.81-104.
- Wahyono, S., Widowati, L., Handayani, L., Sampurno, O.D., Haryati, S., Fauzi, Ratnawati, G., Budiarti, M. 2019. *Kratom: prospek kesehatan dan sosial ekonomi*. Jakarta: Lembaga Penerbit Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan (LPB).