

Mata Air dan Kelimpahan Vegetasi Pada Taman Wisata Alam Gunung Meja Kabupaten Manokwari

Water Springs and Abundance of Vegetation in the Table Mountain Natural
Tourism Park, Manokwari Regency

Mahmud¹, Syaiful Rahmanto¹, Francina F. Kesaulija¹, La Ode Muhlis²

¹Program Studi Kehutanan Fakultas Kehutanan, UNIPA, Jalan Gunung Salju, Amban, Manokwari,
98314, Indonesia

²Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, UNIPA, Jalan
Gunung Salju, Amban, Manokwari, 98314, Indonesia

*Korespondensi: mahmudalya6@gmail.com

Disubmit: 13 September 2024, Direvisi: 12 Februari 2025, Diterima: 16 Agustus 2024

ABSTRAK

Air menjadi kebutuhan vital bagi setiap makhluk hidup, sehingga apabila tidak ada air dipastikan tidak ada kehidupan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui lokasi mata air, keanekaragaman dan kesamaan jenis pada sekitar mata air. Metode penelitian dengan menggunakan survey dan teknik sampling. Hasil penelitian TWAGM dari 9 mata air memiliki 7 pola mata air yang berbeda. Debit air terbesar pada pola mata air yang keluar diantara bebatuan, sementara terkecil air yang keluar dari rembesan pori-pori tanah. Debit air terbesar berlokasi di Manggoapi dengan titik koordinat -0.847744, 134.069008. Sementara debit air yang terkecil berasal dari mata air yang muncul dari tanah berlokasi di Brawijaya dengan titik koordinat -0.854717, 134.075233. Indeks keanekaragaman jenis vegetasi berkayu memiliki nilai tinggi yang mencerminkan keberagaman jenis pada TWAGM. Sementara itu indeks kesamaan lebih tinggi dibandingkan perbedaan menunjukkan vegetasi berkayu memiliki kesamaan diantara plot-plot pengamatan. Tegakkan mulai semai sampai pohon yang mendominasi diantaranya *Palaquium amboinensis*, *Artocarpus altilis*, *Lansium domesticum*, *Pometia coriacea*, *Pometia pinnata*, dan *Koordersiodendron pinnatum*. Ke-6 jenis diduga berhabitat yang sesuai, perlu banyak air dan memiliki hubungan yang berkaitan.

Kata kunci: Air, Keanekaragaman, Karakteristik Mata Air, TWAGM, Vegetasi

ABSTRACT

Water is a vital need for every life, so if there is no water there will certainly be no life. This research aims to determine the pattern of springs, diversity and similarity of types around the springs. The research method uses surveys and sampling techniques. Research results of Meja Mountain Natural Tourism Park (MMNTP) from 9 springs have 7 different spring patterns. The largest water discharge in the spring pattern that comes out between the rocks, while the smallest water comes out of seepage of soil pores. The largest water discharge is located in Manggoapi with coordinates -0.847744, 134.069008. While the smallest water discharge comes from springs that emerge from the ground located in Brawijaya with coordinates -0.854717, 134.075233. The woody vegetation type diversity index has a high value which reflects the diversity of types in the MMNTP. Meanwhile, the similarity index is higher than the difference, indicating that woody vegetation has similarities between the observation plots. Establish from seedlings to dominant trees including *Palaquium amboinensis*, *Artocarpus altilis*, *Lansium domesticum*, *Pometia coriacea*, *Pometia pinnata*, and *Koordersiodendron pinnatum*. The six types are thought to have suitable habitats, need lots of water and have related relationships.

Keywords: Diversity, MMNTP, Springs Haracteristics, Vegetation, Water

PENDAHULUAN

Air berperan penting dalam setiap makhluk hidup dan memiliki proporsi terbesar dalam menunjang kehidupan, sehingga bisa dipastikan kalau tidak ada air tentu saja tidak ada kehidupan (Sulistiyorini *et al.*, 2016; Anam *et al.*, 2020). Begitu pentingnya air, Presiden Republik Indonesia Joko Widodo dalam acara forum air sedunia tahun 2024 mengatakan tanpa air tidak ada perdamaian, tidak ada makanan dan tidak ada kehidupan. Air yang berasal dari mata air memiliki peran yang sangat penting dalam menjaga ekosistem dan mendukung kehidupan manusia terutama masyarakat sekitar hutan. Air yang berasal dari mata air tidak hanya merupakan sumber air minum yang penting tetapi juga berkontribusi pada keseimbangan ekologi dalam suatu wilayah. Oleh karena itu, pemahaman mendalam mengenai kondisi hutan di sekitar mata air dan dampaknya terhadap kualitas dan kuantitas air sangatlah esensial (Arnell, 2019).

Karakteristik (tipologi) mata air menjadi begitu penting karena disinyalir berhubungan dengan potensi, debit, kualitas dan jumlah air yang keluar. Melalui analisis karakteristik mata air menjadi informasi bagaimana watak dan sifat yang melekat pada mata air. CNBC Indonesia (2024) fluktuasi aliran permukaan, debit air, hasil sedimen menjadi bagian dari karakteristik mata air yang menjadi perhatian dalam pemanfaatan air. Bahkan banjir mungkin akan terjadi sebagai dampak dari daya tampung sungai tidak mencukupi jika terjadi aliran berlebih dari mata air. Curah hujan, hidrologi vegetasi, penggunaan lahan, tanah, topografi, geologi menjadi parameter dari karakteristik mata air. Menurut Ningkeula (2016) parameter watak dan ciri khusus tata air seperti, evaporasi, transpirasi, limpasan permukaan, infiltrasi, intersepsi, air tanah, dan debit air dipengaruhi oleh curah hujan. Mata air menjadi prioritas penting dalam pengelolaan lingkungan (Bruijnzeel, 2004).

Hutan yang mengelilingi mata air memiliki peran yang krusial dalam mempertahankan fungsi mata air. Fungsi-fungsi ini meliputi: Vegetasi hutan berperan sebagai penyaring alami, mengurangi erosi tanah, dan menyerap polutan sebelum air mencapai mata air. Hal ini mendukung kualitas air yang berasal dari mata air. Akar pohon dan tumbuhan membantu mengatur aliran air bawah tanah dan mempertahankan cadangan air yang penting untuk ketersediaan air dalam jangka panjang. Hutan melindungi tanah dari erosi oleh hujan intens. Erosi dapat mengancam keberlangsungan mata air dengan mengurangi lapisan tanah yang mengandung air. Dengan bertambahnya populasi manusia dan aktivitas manusia yang terus berkembang, terjadi peningkatan tekanan terhadap mata air dan hutan di sekitarnya. Kegiatan seperti deforestasi, pertanian intensif, dan urbanisasi dapat mengancam keberlangsungan mata air dan keseimbangan ekologis yang ada (Ghimire, 2011).

Kawasan TWAGM di Kecamatan Manokwari Barat, Kabupaten Manokwari, Papua Barat merupakan salah satu kawasan konservasi yang memiliki beberapa mata air yang potensial. Meskipun demikian, belum ada kajian komprehensif mengenai pola mata air dan analisis vegetasi pohon di sekitarnya. Dengan memahami pentingnya peran hutan dalam menjaga mata air, inventarisasi menjadi langkah kunci dalam upaya konservasi dan pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan. Informasi yang diperoleh dari inventarisasi ini dapat memberikan panduan bagi pengambilan langkah-langkah konkret untuk menjaga mata air sebagai sumber daya yang vital bagi kehidupan manusia dan ekosistem. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tipe mata air dan keanekaragaman jenis pada sekitar mata air yang bermanfaat sebagai dasar untuk menentukan pengelolaan TWAGM.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu

Penelitian ini dilakukan pada Kawasan TWA Gunung Meja Kabupaten Manokwari, waktu penelitian $\pm$ 3 bulan dari bulan Januari 2024 sampai April 2024 dengan koordinat 1340 04' 30" -1340 05' 32" Bujur Timur dan 00 50'25" - 00' 55" Lintang Selatan (Gambar 1).



Gambar 1. Peta TWAGM

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah meteran, pita ukur, hagameter, tali rafia, kamera, gps, software (arcGIS dan avenza map) dan alat tulis. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Talisheet. Bahan yang dipergunakan diantaranya: peta TWAGM, GPS, recorder, jerigen 20 liter, stopwatt, kamera, laptop, printer dan alat tulis menulis. Jerigen 20 liter dan stopwatt digunakan untuk mengukur debit air permukaan sesaat dari mata air/air permukaan yang dipilih. GPS untuk mengetahui letak geografi dari mata air terpilih, kamera dan recorder untuk mendokumentasi hasil penelitian.

Teknik Penelitian

Lokasi titik mata air diperoleh melalui observasi dan survai untuk mencari detail mata air, lalu melakukan penentuan lokasi penelitian dengan menarik garis transek mengikuti arah mata angin utara, timur, selatan, dan barat yang berpusat pada mata air, dimana utara sebagai posisi I, timur sebagai posisi II, selatan sebagai posisi III, dan barat sebagai posisi IV. Penelitian yang

digunakan adalah metode survey dengan teknik petak bersarang. Setiap mata air dibagi menjadi 4 titik sampling dan pada setiap titik dibuat 2 petak plot. Plot berukuran 20x 20 m untuk pohon, 10 x 10m untuk tiang, 5 x 5m untuk pancang, dan 2 x 2m untuk semai.

1. Tumbuhan yang didata adalah pohon, tiang dan semai dengan kriteria perawakan tumbuhan sebagai berikut:
 - a. Semai adalah tumbuhan yang tidak memiliki batang utama, tingkat pertumbuhan permudaan dengan tinggi kurang dari 1,5 m.
 - b. Pancang adalah tingkat pertumbuhan permudaan dengan tinggi di atas 1,5 m dan diameter batang kurang dari 10 cm.
 - c. Tiang adalah tumbuhan berkayu dengan diameter 10-35 cm diukur 1,3 meter dari permukaan tanah.
 - d. Pohon adalah tumbuhan berkayu yang berdiameter lebih dari 35 cm diukur 1,3 meter dari permukaan tanah.
2. Dilakukan pengukuran diameter pohon dan tiang pada ketinggian 1,3 m atau setinggi dada orang dewasa untuk mengetahui luas basal area.
3. Tiap petak plot penelitian dilakukan pencatatan nama jenis, jumlah jenis, jumlah individu dan dokumentasi dari masing-masing jenis.
4. Untuk tumbuhan yang belum diketahui nama jenisnya akan didokumentasikan dengan kamera dan dimasukkan dalam kategori spesies yang belum diketahui, kemudian selanjutnya dilakukan proses identifikasi dengan menggunakan situs:
 - departments.bloomu.edu
 - <http://www.tropicos.org>
 - <http://www.plantamor.com>
 - <http://www.itis.gov>

Pengolahan data

Setelah mengetahui lokasi mata air ditentukan koordinat dan debit air. Potensi vegetasi dilakukan dengan menentukan kerapatan relatif, frekwensi relatif, dominansi relatif, dan indeks nilai

penting. Variabel yang diamati pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- **Kerapatan**

$$K = \frac{\text{Jumlah individu suatu jenis}}{\text{luas seluruh petak contoh}}$$

$$KR = \frac{\text{Kerapatan suatu jenis}}{\text{Kerapatan seluruh jenis}} \times 100\%$$

Ket:

K = kerapatan jenis;

KR = kerapatan relatif

- **Frekuensi**

$$F = \frac{\text{jumlah plot di temukan suatu spesies}}{\text{jumlah seluruh petak contoh}}$$

$$FR = \frac{\text{Frekuensi suatu jenis}}{\text{Frekuensi seluruh jenis}} \times 100\%$$

Ket:

F = frekuensi;

FR = frekuensi relatif

- **Intensitas Sampling**

Intensitas Sampling = Jumlah Individu / Luas Area Sampel

- **Luas Bidang Dasar**

$$LBDS = \frac{1}{4} \pi \cdot d^2 ; d = k/\pi$$

- **Dominansi**

$$D = \frac{\text{Luas bidang dasar suatu jenis}}{\text{luas seluruh petak contoh}}$$

$$DR = \frac{\text{dominansi suatu jenis}}{\text{dominansi seluruh jenis}} \times 100\%$$

Ket:

D = Dominansi;

DR = Dominansi relatif

- **Indeks Nilai Penting (INP)**

INP = KR+FR+DR, untuk pohon dan tiang

INP = KR+FR, untuk semai dan pancang

Analisis Data

Lokasi mata air dilakukan dengan mengidentifikasi dan mengamati tipe dan titik koordinat. Indeks keanekaragaman (H') yang digunakan adalah indeks keanekaragaman Shannon Wiener dengan rumus sebagai berikut:

$$H' = -\sum \frac{n_i}{N} \log \frac{n_i}{N}$$

Ket:

H' = Indeks keanekaragaman

n_i = Nilai penting jenis ke- I ;

N = Total nilai penting

Adapun nilai indeks keanekaragaman jenis menurut (Suin,1999) adalah sebagai berikut, jika: H' = 0-1,0 termasuk kategori sangat

rendah; H' = 1,0-2,0 termasuk kategori rendah H' = 2,0-3,0 termasuk kategori sedang; H' = 3,0-4,0 termasuk kategori tinggi H' = > 4,0 termasuk kategori sangat tinggi.

Indeks kesamaan jenis yang digunakan dalam penelitian ini adalah indeks kesamaan Sorenson dengan rumus sebagai berikut :

$$ISS = \frac{2C}{(A+B)} \times 100\%$$

Ket:

C = jumlah jenis tumbuhan yang sama pada dua tipe ekosistem

A = jumlah jenis tumbuhan pada tipe ekosistem A;

B = jumlah jenis tumbuhan pada tipe ekosistem B

Berdasarkan indeks kesamaan komunitas dari keempat tipe ekosistem yang diperbandingkan, apabila nilainya di atas 50% maka kecenderungan memiliki kesamaan lebih tinggi daripada perbedaannya, bahkan apabila nilainya 100% berarti struktur dan jenisnya sama. Apabila nilainya di bawah 50% maka kecenderungan kesamaan tumbuhan lebih rendah, 0% berarti tidak mirip sama sekali atau sangat berbeda sekali struktur dan jenis komposisi tumbuhan dari tipe ekosistem yang diperbandingkan (Suin, 1999).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mata air

Mata air merupakan air yang muncul ke permukaan akibat batuan yang bersifat jenuh air atau akuifer yang berada di bawah permukaan tanah. Mata air yang akhirnya menjadi air permukaan tanah pada dasarnya sebagai dampak banyaknya air hujan yang masuk ke dalam tanah (infiltrasi). Semakin banyak air masuk dalam tanah sebagian akan tertahan, sebagian terus mengalir ke dalam tanah, sebagian akan mengalir secara *horizontal*. Jika semakin banyak kandungan air tanah, maka air tanah akan mendorong tanah/batuan, sehingga muncul mata air diantara batuan atau tanah cadas. Dari hasil penelitian terdapat 9 mata air dengan debit air, pola mata air

dan karakteristik yang berbeda-beda, adapun lokasi mata air tertera Tabel 1. Debit air terbesar pada mata air yang berlokasi di Manggoapi dengan karakteristik air muncul diantara batuan. Sementara debit air yang terkecil berasal dari mata air yang muncul dari tanah berlokasi di Brawijaya. Kawasan TWAGM menurut Basna *et al.* 2012, TWAGM terdapat 44 mata air. Perbedaan jumlah ini dimungkinkan terjadi karena pada musim penghujan dan kemarau akan berdampak pada jumlah air yang muncul baik dari tanah, batuan maupun perakaran.

Mata air berlokasi di Manggoapi dengan titik koordinat (Tabel 1) yang berasal dari akuifer batuan seperti pada bentang alam karst yang berlubang-lubang terbuka ataupun batuan batu gamping yang mengalami pelarutan. Pola mata air keluar dari diantara batuan terbesar diduga karena berada di lembah datar (bagian atas curam tajam) yang dikelilingi bukit berbatu kapur. Sementara bagian atas lembah berupa lahan agak miring cukup luas dan ditumbuhi pepohonan yang rindang. TWAGM dengan potensi flora yang melimpah dan lahan yang tertutupi vegetasi menjadi daerah resapan sehingga saat hujan banyak air terinfiltrasi dan terperangkap kedalam tanah dan batuan. Sehubungan debit mata air sangat besar dibandingkan mata air yang lain maka dipasang pipa/slang diantara semen cor berbentuk kotak. Mata air terbesar diduga karena kawasan resapan dan tanah yang memiliki daya resap baik yang akan memiliki pasokan air tanah, sehingga mata air terus mengalir dalam jumlah besar. Diduga pula adanya lapisan batuan tertentu seperti batuan karang yang berongga memungkinkan air tersimpan dalam jumlah besar dan mengalir dengan deras saat keluar ke permukaan. Semen cor berbentuk kotak bertujuan agar air tanah tetap jernih, batuan tidak ambrol/runtuh mengingat debit air saat hujan sangat besar sekali.

Saat air terkumpul dalam kotak dengan mudah air masuk dan mengalir untuk dialirkan ke bak penampungan. Dari bak penampungan inilah air

disalurkan ke Pelabuhan Manokwari, masyarakat Fanindi, Manggoapi dan sekitarnya yang dikelola PDAM. Berdasarkan wawancara dengan masyarakat lokal bak penampungan dibangun saat pemerintah Belanda menjajah di Indonesia. Akan tetapi seiring waktu dan begitu besar manfaat air, hanya dikuasai oleh pihak tertentu untuk diperjualbelikan kepada masyarakat yang membutuhkan. Mata air (lokasi Fanindi Belakang Triton) mata air keluar diantara patahan-patahan bantuan/ retakan-retakan batuan seperti batuan beku, sedimen kompak, batuan breksi dan batuan konglomerat. Menurut Leppe dan Tokede (2008) formasi batuan pada TWAGM terdiri atas dari batu gamping terumbu, sedikit biomikrit, kalsidurit dan kalkarenit mengandung ganggang dan foraminifera. Air yang menyembur menyebabkan batuan menjadi terpotong dan retak akhirnya batuan menjadi relatif lebih kecil seperti bongkahan-bongkahan. Debit air yang berfluktuatif diperkirakan berada didataran cukup tinggi, bukan daerah terperangkapnya air yang banyak sehingga saat hujan air hanya sedikit yang menjadi mata air. Penurunan debit air sangat berkaitan terhadap sekitar kawasan TWAGM banyak terjadi alih fungsi dan perubahan tutupan lahan. Menurut Mahmud *et al.* 2021 daerah tangkapan air menurun akibat alih fungsi lahan berdampak penurunan tutupan lahan sehingga limpasan permukaan dan erosi permukaan meningkat.

Tabel 1. Nama Mata air dan Titik Koordinat

Lokasi Mata Air	Titik Koordinat
Kampung Ayambori	-0.857845, 134.092283
Brawijaya Misi	-0.859903, 134.077654
Brawijaya Fanindi	-0.858367, 134.077968
Belakang Triton	-0.852007, 134.070766
Brawijaya	-0.854717, 134.075233

Brawijaya Belakang RRI	-0.852355, 134.073788
Manggoapi Kampung Ambon	-0.847744, 134.069008
Fanindi Bengkel Tan	-0.849143, 134.072180

Komposisi penyusun vegetasi

Dari hasil penelitian yang dilakukan pada sembilan mata air yang tersebar disekitar TWA gunung meja dengan jumlah petak ukur sebanyak 72 dengan luasan 2,88 ha, ditemukan vegetasi berkayu sebanyak 3.151 individu dari 99 jenis yang tergolong dalam 41 famili (Tabel 2). Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa famili Moraceae memiliki jumlah jenis terbanyak yaitu 14, kemudian famili Euphorbiaceae sebanyak 10 jenis, Fabaceae sebanyak 8 jenis, Malvaceae sebanyak 7 jenis, Meliaceae sebanyak 6 jenis, Anacardiaceae dan Sapindaceae sebanyak 4 jenis. Pada fase pertumbuhan semai ditemukan sebanyak 1756 individu dari 86 jenis, Pada Fase pertumbuhan pancang sebanyak 1042 individu dari 77 jenis. Fase pertumbuhan tiang sebanyak 381 individu dari 61 jenis. Fase pertumbuhan pohon sebanyak 337 individu dari 53 jenis.

Tingkat dominansi tertinggi pada fase semai sebagaimana Tabel 3 yaitu *P. limpato* dengan INP sebesar 18.9% yang merupakan penjumlahan dari kerapatan relatif 13.61% dan frekuensi relatif 5.32%. Nilai tersebut yang menyebabkan *P. limpato* menempati posisi tertinggi untuk fase semai, kemudian *P. amboinensis*. Sementara *A. altilis* berada ditempat ketiga yaitu dengan INP 10.6% dimana kerapatan relatif 5.30% dan frekuensi relatif 5.32%. Selanjutnya diikuti *P. coriacea*, *P. pinnata*, *F. trachypison*, *K. pinnatum*, *L. domesticum*, *M. browneoides* dan *F. septica*. Jenis *P. limpato* ditemukan memiliki nilai INP tertinggi yang mengindikasikan kelimpahan individu jenis tersebut pada fase semai. Frekuensi relatif yang cukup

tinggi menunjukkan sebaran *P. limpato* yang merata di sekitar mata air.

Kelimpahan *P. limpato* diduga memiliki adaptasi morfologi dan fisiologi seperti mekanisme penyebaran benih melalui aliran air atau struktur untuk membantu perkecambahan di lingkungan basah (Fenner & Thompson, 2005). Toleransi terhadap kondisi lingkungan spesifik mata air seperti kelembapan tinggi, intensitas cahaya rendah, dan aliran air konstan yang mungkin lebih tinggi dibandingkan jenis lain (Grime, 2006). Kemampuan kompetisi yang lebih baik dalam memperebutkan sumber daya terbatas pada fase semai (Keddy, 2007). Ketersediaan benih/propagul yang melimpah di lingkungan mata air sehingga memungkinkan lebih banyak benih berkecambah dan menjadi dominan (Leck *et al.*, 2008). Kemungkinan adanya interaksi positif dengan organisme lain seperti simbiosis dengan mikroorganisme atau hubungan dengan hewan penyebar benih (Silvertown, 2004).

Berdasarkan Tabel 4 dominansi tertinggi pada fase pancang dari 9 titik mata air yaitu *Palaquium amboinensis* dengan INP sebesar 13,4% diikuti *Artocarpus altilis* dengan INP sebesar 13.1% dan *L. domesticum* sebesar 12.7%. *K. pinnatum* (Anacardiaceae) atau mentibu, adalah jenis pohon yang banyak ditemukan di hutan hujan tropis Asia Tenggara. Jenis ini mampu beradaptasi dengan baik pada lingkungan yang lembab dan terlindung seperti di sekitar mata air. Yamakura *et al.* (1986) menyebutkan bahwa *K. pinnatum* sering mendominasi pada tahap awal suksesi hutan setelah terjadi gangguan. Jenis *Palaquium amboinensis* memiliki nilai INP tertinggi pada fase pertumbuhan pancang di sekitar mata air. Hal ini diduga *Palaquium amboinensis* memiliki kerapatan relatif paling tinggi yaitu 7,97% di antara jenis-jenis tumbuhan lainnya, yang mengindikasikan jumlah individunya paling melimpah ditemukan di lokasi pengamatan pada fase pancang (Ratnasari *et al.*, 2018). *P. amboinensis* juga memiliki frekuensi relatif cukup tinggi sebesar 5,42% dibandingkan jenis

lain, yang menunjukkan sebarannya cukup merata di sekitar mata air.

Palaquium amboinensis (Sapotaceae) atau nyatoh, merupakan jenis pohon yang umum ditemukan di hutan hujan tropis Asia Tenggara. Kartawinata *et al.* (2004) menyebutkan bahwa *P. amboinensis* sering mendominasi di hutan dataran rendah yang terganggu dan berada dalam tahap

awal suksesi sekunder. Disamping itu *P. amboinensis* dimungkinkan memiliki adaptasi fisiologis terhadap lingkungan basah seperti toleransi tergenang dan mekanisme respirasi akar untuk kondisi anaerob. Ketersediaan air dan nutrisi yang melimpah dari aliran mata air mendukung pertumbuhan pada semua fase termasuk tingkatan pacang.

Tabel 2. Komposisi Tumbuhan Penyusun Vegetasi

Jenis	Famili	Jenis	Famili	Jenis	Famili
1. <i>Aglaia odorata</i>	Meliaceae	30. <i>Ficus robusta</i>	Moraceae	59. <i>Maniltoa browneoides</i>	Fabaceae
2. <i>Aglaia spectabilis</i>	Meliaceae	31. <i>Ficus septica</i>	Moraceae	60. <i>Mastixiodendron pachyclados</i>	Rubiaceae
3. <i>Alchornea</i> sp	Euphorbiaceae	32. <i>Ficus</i> sp	Moraceae	61. <i>Medusanthera laxiflora</i>	Icacinaceae
4. <i>Alstonia scholaris</i>	Apocynaceae	33. <i>Ficus trachypison</i>	Moraceae	62. <i>Melanolepis multiglandulosa</i>	Euphorbiaceae
5. <i>Antiaris toxicaria</i>	Moraceae	34. <i>Ficus variegata</i>	Moraceae	63. <i>Moringa Oleifera</i>	Moringaceae
6. <i>Archidendron parviflorum</i>	Fabaceae	35. <i>Garcinia picrorhiza</i>	Clusiaceae	64. <i>Myristica fatua</i>	Myristicaceae
7. <i>Archidendron aruense</i>	Fabaceae	36. <i>Glochidion</i> sp	Euphorbiaceae	65. <i>Neonauclea</i> sp	Rubiaceae
8. <i>Artocarpus altilis</i>	Moraceae	37. <i>Gnetum gnemon</i>	Gnetaceae	66. <i>Nephelium lappaceum</i>	Sapindaceae
9. <i>Artocarpus heterophyllus</i>	Moraceae	38. <i>Gomphandra globosa</i>	Stemonuraceae	67. <i>Oreocnide</i> sp	Urticaceae
10. <i>Callicarpa longifolia</i>	Lamiaceae	39. <i>Gliricidia sepium</i>	Fabaceae	68. <i>Osmoxylon globulare</i>	Araliaceae
11. <i>Calophyllum inophyllum</i>	Calophyllaceae	40. <i>Harpullia arborea</i>	Sapindaceae	69. <i>Palaquium amboinensis</i>	Sapotaceae
12. <i>Canarium hirsutum</i>	Burseraceae	41. <i>Homalium foetidum</i>	Salicaceae	70. <i>Pimelodendron amboinicum</i>	Euphorbiaceae
13. <i>Canarium indicum</i>	Burseraceae	42. <i>Horsfieldia irya</i>	Myristicaceae	71. <i>Piper aduncum</i>	Piperaceae
14. <i>Carallia brachiata</i>	Rhizophoraceae	43. <i>Horsfieldia laevigata</i>	Myristicaceae	72. <i>Pisonia umbellifera</i>	Nyctaginaceae
15. <i>Celtis latifolia</i>	Cannabaceae	44. <i>Kleinhovia hospita</i>	Malvaceae	73. <i>Planchonia papuana</i>	Lecythidaceae
16. <i>Cerbera floribunda</i>	Apocynaceae	45. <i>Koordersiodendron pinnatum</i>	Anacardiaceae	74. <i>Polyscias scutellaria</i>	Araliaceae
17. <i>Chisocheton ceramicus</i>	Meliaceae	46. <i>Lansium domesticum</i>	Meliaceae	75. <i>Pometia coriacea</i>	Sapindaceae
18. <i>Citrus aurantifolia</i>	Rutaceae	47. <i>Leea indica</i>	Vitaceae	76. <i>Pometia pinnata</i>	Sapindaceae

19. <i>Clerodendrum japonicum</i>	Lamiaceae	48. <i>Lepiniopsis ternatensis</i>	Apocynaceae	77. <i>Popowia sp</i>	Annonaceae
20. <i>Codiaeum variegatum</i>	Euphorbiaceae	49. <i>Lepionurus sylvestris</i>	Opiliaceae	78. <i>Pouteria obovata</i>	Sapotaceae
21. <i>Diospyros papuana</i>	Ebenaceae	50. <i>Leucaena leucocephala</i>	Fabaceae	79. <i>Prainea limpato</i>	Moraceae
22. <i>Durio zibethinus</i>	Malvaceae	51. <i>Litsea ledermannii</i>	Lauraceae	80. <i>Premna Corymbosa</i>	Verbenaceae
23. <i>Dysoxylum mollissimum</i>	Meliaceae	52. <i>Lunasia amara</i>	Rutaceae	81. <i>Pterocymbium beccarii</i>	Malvaceae
24. <i>Entandrophragma sp</i>	Meliaceae	53. <i>Macaranga aleuritoides</i>	Euphorbiaceae	82. <i>Pterygota horsfieldii</i>	Sterculiaceae
25. <i>Ficus ampelas</i>	Moraceae	54. <i>Macaranga mappa</i>	Euphorbiaceae	83. <i>Rhodamnia cinerea</i>	Myrtaceae
26. <i>Ficus annulata</i>	Moraceae	55. <i>Mallotus paniculatus</i>	Euphorbiaceae	84. <i>Semecarpus papuana</i>	Anacardiaceae
27. <i>Ficus globosa</i>	Moraceae	56. <i>Mallotus philippensis</i>	Euphorbiaceae	85. <i>Sesbania grandiflora</i>	Fabaceae
28. <i>Ficus montana</i>	Moraceae	57. <i>Mangifera indica</i>	Anacardiaceae	86. <i>Siphonodon celastrineus</i>	Celastraceae
29. <i>Ficus nodosa</i>	Moraceae	58. <i>Mangifera minor</i>	Anacardiaceae	87. <i>Sloanea pulchra</i>	Elaeocarpaceae
88. <i>Spathiostemon javensis</i>	Euphorbiaceae	92. <i>Sterculia macrophylla</i>	Malvaceae	96. <i>Syzygium malaccense</i>	Myrtaceae
89. <i>Spathodea campanulata</i>	Bignoniaceae	93. <i>Sterculia shillinglawii</i>	Malvaceae	97. <i>Terminalia canaliculata</i>	Combretaceae
90. <i>Stemonurus javanicum</i>	Icacinaceae	94. <i>Syzygium aqueum</i>	Myrtaceae	98. <i>Terminalia catappa</i>	Combretaceae
91. <i>Vitex pinatta</i>	Lamiaceae	95. <i>Trichospermum javanicum</i>	Malvaceae	99. <i>Theobroma cacao</i>	Malvaceae

Tabel 3. Jenis Dominan berdasarkan Indeks Nilai Penting (INP) pada fase semai

Spesies	Σ Individu	K	KR (%)	F	FR (%)	INP (%)
<i>Prainea limpato</i>	28	8298	13,6	0,4	5,3	18,9
<i>Palaquium amboinensis</i>	28	5590	9,2	0,4	5,3	14,5
<i>Artocarpus altilis</i>	28	3229	5,3	0,4	5,3	10,6
<i>Pometia coriacea</i>	26	3298	5,4	0,3	5,0	10,4
<i>Pometia pinnata</i>	22	2777	4,5	0,3	4,1	8,7
<i>Ficus trachypison</i>	18	1770	2,9	0,2	3,4	6,3
<i>Koordersiodendron pinnatum</i>	15	2118	3,5	0,2	2,8	6,3
<i>Lansium domesticum</i>	17	1840	3,0	0,2	3,2	6,3
<i>Maniltoa browneoides</i>	14	1527	2,5	0,2	2,7	5,2
<i>Ficus septica</i>	14	1423	2,3	0,2	2,7	5,0

Berdasarkan Tabel 4 dominansi tertinggi pada fase pancang dari 9 titik mata air yaitu *P. amboinensis* dengan INP sebesar 13,4% diikuti *A. altilis* dengan INP sebesar 13.1% dan *L. domesticum*

sebesar 12.7%. *L. pinnatum* (Anacardiaceae) atau mentibu, adalah jenis pohon yang banyak ditemukan di hutan hujan tropis Asia Tenggara. Jenis ini mampu beradaptasi dengan baik pada

lingkungan yang lembab dan terlindung seperti di sekitar mata air. Yamakura *et al.* (1986) menyebutkan bahwa *K. pinnatum* sering mendominasi pada tahap awal suksesi hutan setelah terjadi gangguan. Jenis *Palaquium amboinensis* memiliki nilai INP tertinggi pada fase pertumbuhan pancang di sekitar mata air. Hal ini diduga *P. amboinensis* memiliki kerapatan relatif paling tinggi yaitu 7,97% di antara jenis-jenis tumbuhan lainnya, yang mengindikasikan jumlah individunya paling melimpah ditemukan di lokasi pengamatan pada fase pancang (Ratnasari *et al.*, 2018). *P. amboinensis* juga memiliki frekuensi relatif cukup tinggi sebesar 5,42% dibandingkan jenis lain, yang menunjukkan sebarannya cukup merata di sekitar mata air.

Palaquium amboinensis (Sapotaceae) atau nyatoh, merupakan jenis pohon yang umum ditemukan di hutan hujan tropis Asia Tenggara. Kartawinata *et al.* (2004) menyebutkan bahwa *P. amboinensis* sering mendominasi di hutan dataran rendah yang terganggu dan berada dalam tahap awal suksesi sekunder. Disamping itu *P. amboinensis* dimungkinkan memiliki adaptasi fisiologis terhadap lingkungan basah seperti toleransi tergenang dan mekanisme respirasi akar untuk kondisi anaerob. Ketersediaan air dan nutrisi yang melimpah dari aliran mata air mendukung pertumbuhan pada semua fase termasuk tingkatan pancang.

Tabel 4. Jenis Dominan berdasarkan INP pada fase Pancang

Spesies	Σ Individu	K	KR	F	FR	INP (%)
<i>Palaquium amboinensis</i>	83	461	7,9	0,3	5,4	13,4
<i>Artocarpus altilis</i>	65	361	6,2	0,4	6,8	13,1
<i>Lansium domesticum</i>	76	422	7,3	0,3	5,4	12,7
<i>Koordersiodendron pinnatum</i>	59	327	5,6	0,25	4,2	9,9
<i>Pometia coriacea</i>	52	288	5	0,2	3,7	8,8
<i>Pometia pinnata</i>	45	250	4,3	0,25	4,2	8,6
<i>Prairiea limpat</i>	41	227	3,9	0,2	3,3	7,2
<i>Pterygota horsfieldii</i>	33	183	3,2	0,2	4,0	7,2
<i>Lepiniopsis ternatensis</i>	27	150	2,6	0,1	2,6	5,2
<i>Glochidion Sp</i>	29	161	2,8	0,1	2,4	5,1

Sumber: Pengolahan data primer

Berdasarkan Tabel 5 diketahui spesies *L. domesticum* menunjukkan dominansi tertinggi dengan INP sebesar 54.5 %. *L. domesticum* atau langsung, merupakan tanaman buah-buahan yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Spesies ini diketahui mampu tumbuh dengan baik pada lingkungan yang lembab dan tanah yang subur. Dominansi jenis *L. domesticum* di lingkungan mata air pada fase tiang dimungkinkan oleh beberapa faktor seperti toleransi tinggi terhadap kondisi lembab dan tergenang secara periodik. Adaptasi seperti ketersediaan air, struktur akar yang dapat mentolerir kondisi anaerob, dan kemampuan untuk menyerap air dan nutrisi dengan baik dari

tanah yang lembab (Lekitoo *et al.*, 2017). Disamping itu Jenis *L. domesticum* mampu memanfaatkan nutrisi terlarut dan sedimen yang dibawa aliran mata air melalui asosiasi simbiosis dengan jamur mikoriza arbuskular yang membantu dalam penyerapan nutrisi (Dewi *et al.*, 2019). Toleransi terhadap kondisi teraungi di bawah vegetasi riparian memungkinkannya tumbuh dominan pada fase tiang dengan morfologi daun yang efisien dalam menangkap cahaya dan strategi pertumbuhan yang memanfaatkan celah cahaya dengan baik.

Dominansi kedua ditempati oleh *Artocarpus altilis* dengan nilai INP 41,0% dan yang ketiga *P. coriacea* dengan nilai INP 30,5%. *A. altilis* atau sukun, adalah

tanaman buah-buahan yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Shyamalamma *et al.* (2008) menyatakan bahwa *A. altilis* mampu beradaptasi dengan baik pada kondisi lingkungan yang lembab dan terlindung. Menurut Noor *et al.* (2012) *P. coriacea* sering mendominasi di daerah hutan yang terganggu atau pada tahap awal suksesi sekunder.

Tabel 5. Jenis Dominan pada fase Tiang

Spesies	K	KR (%)	F	FR (%)	D	DR (%)	INP (%)
<i>Lansium domesticum</i>	77,8	14,7	0,3	7,4	43,5	32,4	54.5%
<i>Artocarpus altilis</i>	55,6	10,5	0,4	9,9	27,7	20,6	41.0%
<i>Pometia coriacea</i>	44,4	8,4	0,3	7,0	20,2	15,1	30.5%
<i>Durio zibethinus</i>	32	6,0	0,2	5,3	7,6	5,6	17.0%
<i>Pometia pinnata</i>	26,4	5,0	0,2	4,6	6,6	5,0	14.5%
<i>Koordersiodendron pinnatum</i>	16,7	3,0	0,2	4,6	6,5	4,8	12.6%
<i>Lepiniopsis ternatensis</i>	22,2	4,2	0,2	4,6	6,5	2,8	11.6%
<i>Macaranga mappa</i>	16,7	3,1	0,1	3,9	2,3	1,7	8.8%
<i>Spathodea campanulata</i>	12,5	2,4	0,1	2,5	2,3	1,7	6.6%
<i>Mallotus philippensis</i>	13,9	2,6	0,1	2,5	1,4	1,1	6.1%

Berdasarkan Tabel 6 tiga jenis dominan berturut-turut *A. altilis*, *P. coriacea* dan *D. zibethinus*. *A. altilis* mendominasi pada tingkatan pohon diduga oleh jenis ini mampu memanfaatkan nutrisi terlarut dan sedimen yang dibawa aliran mata air melalui sistem perakaran yang efisien (Raulerson, 2004). Toleransi terhadap kondisi teraungi di bawah vegetasi riparian memungkinkannya tumbuh

dominan pada fase pohon (Elevitch & Wilkinson, 2000). Penyebaran biji yang efektif oleh agen seperti kelelawar dan burung menyediakan biji untuk tumbuh menjadi pohon muda dominan (Kehlenbeck *et al.*, 2011). Terakhir, kemungkinan terdapat asosiasi simbiotik dengan jamur mikoriza arbuskular yang membantu penyerapan air, nutrisi, dan toleransi terhadap cekaman lingkungan mata air (Wulandari *et al.*, 2016).

Tabel 6. Jenis Dominan pada fase Pohon dari 9 titik mata air

Spesies	K	KR (%)	F	FR (%)	D	DR (%)	INP (%)
<i>Artocarpus altilis</i>	15	13	0,5	14,0	110,7	38,6	65.8
<i>Pometia coriacea</i>	12,5	10,7	0,3	9,3	46,6	16,3	36.3
<i>Durio zibethinus</i>	13,5	11,6	0,2	7,2	49,6	17,3	36.1
<i>Palaquium amboinensis</i>	7,0	6,0	6,0	0,15	25,2	8,8	19.4
<i>Pometia pinnata</i>	8,0	6,8	0,2	5,9	16,3	5,7	18.5
<i>Alstonia scholaris</i>	4,5	3,9	0,2	4,7	12,3	4,3	12.8
<i>Koordersiodendron pinnatum</i>	4,9	4	0,14	4	5,7	2,0	10.4
<i>Lansium domesticum</i>	4,2	3,6	0,08	2,5	1,8	0,6	6.7
<i>Spathodea campanulata</i>	3,5	3,0	0,08	2,5	2,8	1	6.5

<i>Macaranga mapp</i>	3,1	2,7	0,08	2,5	1,3	0,5	5.7
-----------------------	-----	-----	------	-----	-----	-----	-----

Keanekaragaman dan Kesamaan Jenis

Analisis tingkat keragaman spesies tumbuhan mulai strata tertinggi pohon sampai semai sebesar 3,002-3,865 diklasifikasikan tinggi (Tabel 7). Keanekaragaman spesies yang bernilai tinggi sangat menguntungkan pada spesies yang cepat tumbuh karena akan mudah mendapatkan sinar matahari. Pertumbuhan secara vertikal mendapatkan ruang tumbuh lebih besar, menyebabkan lebih banyak jenis bersaing menjadi kepadatan agak tinggi (Laurans *et al.*, 2014). Tumbuhan/pohon yang beragam dan keanekaragaman tinggi akan memperkecil aliran permukaan, meningkatkan intersepsi hujan, meningkatkan resapan air sehingga air banyak yang tersimpan.

Indeks keanekaragaman jenis pada fase semai sampai pohon (Tabel 7) sebesar 3,002- 3,85 tergolong tinggi (nilai > 3) mungkin disebabkan oleh adanya persaingan antar individu mulai tingkatan semai sampai pohon. Spesies yang bisa bersaing untuk mempertahankan tekanan, mendapatkan matahari, unsur hara dan air yang bisa hidup. Persaingan antar individu yang semakin meningkat pada fase ini dapat menyebabkan penurunan keragaman jenis. Disamping itu persaingan antar individu yang sangat tinggi dalam memperebutkan sumber daya seperti cahaya, air dan nutrisi, sehingga hanya jenis-jenis tertentu yang mampu bertahan.

Nilai indeks kesamaan Sorensen pada tingkat semai sebesar 70% menunjukkan bahwa komposisi jenis semai pada habitat hutan dan dekat pemukiman memiliki kemiripan yang tinggi. Pada tingkat pancang, nilai IS sebesar 69% juga

mengindikasikan kemiripan jenis yang masih cukup tinggi. Namun pada tingkat tiang dan pohon, nilai IS masing-masing 60% dan 52% menunjukkan kemiripan jenis yang rendah antara vegetasi di dalam hutan dan dekat permukiman.

Semakin tinggi tingkat pertumbuhan dari aktivitas yang di lakukan manusia di sekitar pemukiman maka semakin besar proses memodifikasi dalam komposisi vegetasi (Whitten *et al.*, 2000). Sedangkan pada tingkat semai dan pancang yang lebih muda, komposisi jenis masih sangat dipengaruhi faktor alami di dalam hutan. Dengan demikian, nilai IS yang menurun seiring peningkatan tingkat pertumbuhan ini mengindikasikan bahwa gangguan manusia telah memodifikasi komposisi vegetasi hutan terutama pada tingkat tiang dan pohon.

Keanekaragaman hayati hutan hujan tropis di Papua Barat memiliki tingkat yang sangat tinggi, termasuk keragaman jenis pohon. Suatu ekosistem hutan kehadiran dan dominansi jenis-jenis pohon tertentu sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan, seperti kondisi tanah, iklim, gangguan, dan interaksi dengan organisme lain (Agustini *et al.*, 2016). Terdapat 6 jenis yang mendominasi di semua fase pertumbuhan yaitu *P. amboinensis* (Gambar 2), *A. altilis* (Gambar 3), *P. coriacea* (Gambar 4), *P. pinnata* (Gambar 5), *K. pinnatum* (Gambar 6), dan *L. domesticum* (Gambar 7) di sekitar mata air di Taman Wisata Alam Gunung Meja, Papua Barat. Fenomena ini menarik untuk dikaji lebih lanjut untuk memahami faktor-faktor yang mempengaruhi dominasi jenis-jenis tersebut.

Tabel 7. Indeks keanekaragaman dan kesamaan jenis

Fase Pertumbuhan	Indeks Keanekaragaman Jenis	Indeks Kesamaan Jenis (%)
Semai	3,853	70
Pancang	3,865	69
Tiang	3,201	60
Pohon	3,002	52



Gambar 2. *Palaquium amboinensis*



Gambar 3. *Artocarpus altilis*



Gambar 4. *Pometia pinnata*



Gambar 5. *Pometia coriacea*



Gambar 6. *Koordersiodendron pinnatum*



Gambar 7. *Lansium domesticum*,

Keberadaan mata air menciptakan kondisi lingkungan yang spesifik, seperti kelembaban udara yang tinggi, ketersediaan air, dan tanah yang subur. Jenis pohon yang dominan seperti *P. amboinensis*, *A. altilis*, *P. coriacea*, *P. pinnata*, *K. pinnatum*, dan *L. domesticum* diketahui mampu beradaptasi dengan baik pada kondisi lingkungan yang

lembab dan tanah yang kaya nutrisi. Hal ini memberikan keunggulan kompetitif bagi jenis-jenis tersebut untuk tumbuh dan berkembang di sekitar mata air. Jenis-jenis pohon yang dominan memiliki strategi reproduksi dan regenerasi yang efektif. Beberapa jenis memiliki buah yang disukai hewan, sehingga memfasilitasi penyebaran

biji yang luas oleh agen pembawa biji. Jenis lainnya memiliki biji yang ringan dan dapat disebarkan oleh angin, memungkinkan kolonisasi di daerah terbuka seperti di sekitar mata air. Kemampuan regenerasi yang baik ini memungkinkan jenis-jenis tersebut untuk mempertahankan populasinya di area tersebut.

Beberapa jenis seperti *P. amboinensis*, *Pometia spp.* dan *K. pinnatum* dikenal sebagai jenis yang sering mendominasi pada tahap awal suksesi sekunder hutan setelah terjadi gangguan. Kemungkinan terdapat gangguan alami atau aktivitas manusia di masa lalu di area sekitar mata air yang memungkinkan jenis-jenis tersebut untuk mendominasi. Selain itu, dinamika suksesi juga dapat mempengaruhi dominasi jenis-jenis tertentu pada waktu tertentu. Dominansi 6 jenis ini juga dapat mencerminkan adanya interaksi spesies yang kompleks, seperti kompetisi, fasilitasi, atau hubungan mutualisme dengan organisme lain di ekosistem tersebut. Kemungkinan terdapat mekanisme fasilitasi di mana kehadiran jenis-jenis tertentu memfasilitasi pertumbuhan dan perkembangan jenis lainnya, sehingga membentuk komunitas yang didominasi oleh beberapa jenis.

Jenis seperti *A. altilis* dan *L. domesticum* memiliki nilai ekonomi yang tinggi sebagai tanaman buah-buahan. Kemungkinan jenis-jenis ini dibudidayakan atau dipertahankan keberadaannya oleh masyarakat setempat di sekitar area mata air, sehingga menyebabkan dominan. Dominansi 6 jenis pohon di sekitar mata air di Taman Wisata Alam Gunung Meja, Papua Barat, merupakan hasil dari interaksi kompleks antara faktor-faktor lingkungan, strategi reproduksi, tahap suksesi hutan, interaksi spesies dan pemanfaatan oleh manusia. Pemahaman yang komprehensif mengenai faktor-faktor ini dapat memberikan wawasan berharga untuk pengelolaan dan konservasi keanekaragaman hayati di area tersebut.

KESIMPULAN

Hasil penelitian diperoleh 7 pola mata air yang berbeda dari 9 mata air diantaranya mata air keluar dari antara perakaran & batuan, mata air keluar dari rembesan batuan, Mata air keluar dari celah-celah batuan, mata air keluar dari dalam gua, mata air keluar dari diantara batuan, mata air keluar diantara perakaran dan batuan dan mata air keluar dari rembesan pori-pori tanah. Debit air terbesar pada mata air keluar dari diantara batuan, sementara terkecil air yang keluar dari rembesan pori-pori tanah. Debit air terbesar berlokasi di Manggoapi dengan titik koordinat -0.847744, 134.069008. Sementara debit air yang terkecil berasal dari mata air yang muncul dari tanah berlokasi di Brawijaya - dengan titik koordinat 0.854717, 134.075233. Komposisi jenis sekitar mata air ditemukan vegetasi berkayu sebanyak 3.151 individu dari 99 jenis yang tergolong dalam 41 famili. Indeks keanekaragaman jenis vegetasi berkayu memiliki nilai tinggi yang mencerminkan keberagaman jenis pada TWAGM. Sementara itu indeks kesamaan lebih tinggi dibandingkan perbedaan menunjukkan vegetasi berkayu memiliki kesamaan diantara plot-plot pengamatan. tegakkan mulai semai sampai pohon yang mendominasi diantaranya *P. amboinensis*, *A. altilis*, *L. domesticum*, *Pometia coriacea*, *P. pinnata*, dan *K. pinnatum*. Ke-6 jenis diduga berhabitat yang sesuai, perlu banyak air dan memiliki hubungan yang berkaitan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustini, N.T., Ta'alidin, z., dan Purnama D. (2016): Struktur Komunitas Mangrove Di Desa Kahyapu Pulau Enggano. *Jurnal Enggano* Vol. 1(1), 19-31
- Anam, M.B., Kusumayudha, S.B., Yudono, A.R.A. (2020). Pengelolaan Mata Air Karst Sebagai Sumber Air Domestik Di Dusun Duwet, Desa Purwodadi, Kecamatan Tepus, Gunung Kidul, D.I. Yogyakarta.

- Jurnal Mineral Energi & Lingkungan*. 4(2) 57-70
- Arnell, N. W. (2019). Climate change impacts on river flows in Britain: The UK climate projections 2009. *Hydrological Processes*, 33(8), 1221-1238.
- Basna, N., Marsono, J., Gunawran, T., Irham. (2012). Model Pengelolaan Lingkungan Taman Wisata Alam Gunung Mbjia Manokwari Papua Barat (Model Environmental Management of Meja Mountain Natural Manokwuri West Papua). *J. Manusia dan Lingkungan*, Vol. 19(3), 273-284
- Bruijnzeel, L. A. (2004). Hydrological functions of tropical forests: Not seeing the soil for the trees?. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 104(1), 185- 228.
- CNBC Indonesia. (2024). Jokowi di World Water Forum Bali: No Water, No Life, No Growth.

<https://www.cnbcindonesia.com/news/20240520085406-4-539569/jokowi-di-world-water-forum-bali-no-water-no-life-no-growth>
- Dewi, M. A., Sugiarto, M., Rachmawati, I., & Issundari, S. (2018). Noken: Women Empowerment a Tourism Industry in Papua. *Proceedings of the 5th International Conference on Community Development (AMCA 2018)*. 2018 3rd International Conference on Education, Sports, Arts and Management Engineering (ICESAME 2018), Quezon City, Philippines. <https://doi.org/10.2991/amca-18.2018.61>
- Elevitch, C. R., & Wilkinson, K. M. (Eds.). (2000). Agroforestry guides for Pacific islands (pp. 1-240). Holualoa, Hawaii: *Permanent Agriculture Resources*.
- Fenner, M., & Thompson, K. (2005). The ecology of seeds. Cambridge University Press.
- Ghimire, C. P., & Bruijnzeel, L. A. (2011). Trends in rainfall and rainfall-related extremes in the eastern Himalayas: A review. *Aquatic Sciences*, 73(2), 211-227.
- Grime, J. P. (2006). Plant strategies, vegetation processes, and ecosystem properties. John Wiley & Sons.
- Kartawinata K., Samsedin, I., Heriyanto, M., Afriastini, J.J. (2004). A Tree Species Inventory In A One-Hectare Plot At The Batang Gadis National Park, North Sumatra, Indonesia. *A Journal On Taxonomic Botany, Plant Sociology And Ecology*, Vol. 12(2): 129-204.
- Keddy, P. A. (2007). Plants and vegetation: origins, processes, consequences. Cambridge University Press.
- Kehlenbeck, K., Rohnenbrg, H., Preissledanz, J., & Krauss, U. (2011). Distributing plant resources in orchards supplemented with high density planting of timber and firewood trees: A case study from Eastern Indonesia. *Forests, Trees and Livelihoods*, 20(4), 241-251.
- Laurans M., Hérault B., Vieilledent G., & Vincent G. (2014). vertical stratification reduces competition for light in dense tropical forests. *Forest Ecology and Management*. 329:79-88.
- Leck, M. A., Parker, V. T., & Simpson, R. L. (Eds.). (2008). Seedling ecology and evolution. Cambridge University Press. Ecology 2nd ed. New Delhi: Oxford and IBH Publishing Co.
- Lekitoo K, Peday HFZ, Panambe N, Cabuy RL. (2017). Ecological and ethnobotanical facet of 'Kelapa Hutan' (Pandanus spp.) and perspectives towards its existence and benefit. *International Journal of Botany*. 13: 103-114
- Leppe, D. dan Tokede M.J. (2006). Potensi Biofisik Kawasan Hutan Taman Wisata Alam Gunung Meja. Balai Penelitian dan Pengembangan

- Kehutanan Papua dan Maluku, Manokwari.
- Mahmud, Wahyudi, Bataradewa S, Budirianto HJ, Mutakim, Muhlis LO. (2021). Hubungan curah hujan terhadap limpasan permukaan dan sedimen pada berbagai penggunaan lahan di DAS Arui, Kabupaten Manokwari (*The relationship of rainfall on surface runoff and sediments on various land use in Arui Watershed, Manokwari Regency*). *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 23(2): 85–92. <https://doi.org/10.29244/jitl.23.2.85-92>
- Ningkeula, E.S. (2016). Analisis karakteristik morfometri dan hidrologi Sebagai ciri karakteristik biogeofisik DAS Wai Samal Kecamatan Seram Utara Timur Kobi Kabupaten Maluku Tengah. *Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan*, 9(2): 76-86
- Noor, N.S.M., Rosmayati, S., Husin, M., & Khairuman, H. (2012). Spatial Pattern of Tree Species Distribution in Tropical Rainforest of Gunung Halimun Salak National Park, West Java, Indonesia. *Indonesian Journal of Forestry Research*, 7(2), 91-108.
- Ratnasari, D., Ermayanti, T.M., & Kurniawan, A. (2018). Komposisi Jenis dan Struktur Vegetasi Pohon di Kawasan Taman Wisata Alam Sicike-Cike, Kabupaten Banyumas. *Jurnal Biodjati*, 3(2), 130-140.
- Raulerson, L. (2004). Teaching environmental literature: A dialogue with Buddha and tree imagery. *Teaching Environmental Literature: Materials, Approaches, Resources*, 58.
- Satriawan, H., Fuady, Z., & Fitri, R. (2021). Soil erosion control in immature oil palm plantation. *Journal of Water and Land Development*, (49), 47-54.
- Shyamalamma, S., Chandra, S.B.C., M Hegde, M. P Naryanswamy, P. (2008). Evaluation of genetic diversity in jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) based on amplified fragment length polymorphism markers. Vol 22;7(3):645-56. doi: 10.4238/vol7-3gmr457.
- Silvertown, J. (2004). Plant coexistence and the maintenance of species diversity. Blackwell Publishing.
- Sulistiyorini, IS, Edwin, M & Arung AS. (2016). Analisis Kualitas Air Pada Sumber Mata Air Di Kecamatan Karangan Dan Kaliorang Kabupaten Kutai Timur Quality Analysis of Springs in Karangan and Kaliorang Districts, East Kutai. *Jurnal Hutan Tropis* 4. (1): 64-76
- Suin, N. M. (1999). Metode Ekologi. Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta
- Whitten, T., Soeriaatmadja, R.E., & Afiff, S.A. (2000). Ekologi Jawa dan Bali. Jakarta: Prenhallindo.
- Wulandari, D., Saridi, G., Cheng, W., & Tawaraya, K. (2016). Arbuscular mycorrhizal fungal inoculation improves *Albizia saman* and *Acacia auriculiformis* growth at high potassium supply under greenhouse conditions. *Mycorrhiza*, 26(5), 439-449.
- Yamakura, T., Hagihara, A., Sukardjo, S. (1986). Above ground biomass of tropical rain forest stands in Indonesian Borneo . Volume 68, pages 71–82.