

Perbandingan Laju Fotosintesis pada Tanaman Tanjung (*Mimusops elengi* Linn.) dan Tanaman Merbau Darat (*Intsia palembanica*) pada Berbagai Media Tanam
(Comparison of Photosynthesis Rates in Tanjung (*Mimusops elengi* Linn.) and Merbau Darat (*Intsia palembanica*) on Various Growing Media)

Rizky Ayu Hardiyanti*, Suci Ratna Puri, Rajjitha Handayani, Ria Rif'atunidaudina, Jenny Rumondang, Wahyu Nazri Yandi, Rince Muryunika

Fakultas Pertanian, Jurusan Kehutanan, Universitas Jambi Jl. Raya Jambi-Muaro Bulian
KM. 15, Mendalo Darat, Jambi 36361, Indonesia

*Corresponding author: rizky.ayu@unja.ac.id

ABSTRACT

Sunlight plays a crucial role in the process of photosynthesis because it provides the energy source that plants need. The intensity of light received by plants greatly affects their growth and the efficiency of photosynthesis. The rate of photosynthesis in plants is also greatly influenced by the intensity of sunlight, where if there is sufficient light intensity, adequate amounts of water and carbon dioxide, and appropriate temperatures, photosynthesis will usually reach its peak. The purpose of this research is to observe the rate of photosynthesis in Tanjung (*Mimusops elengi* Linn.) and Merbau darat (*Intsia palembanica*) plants with various treatments such as the addition of topsoil, subsoil, rice husk charcoal, cocopeat, sand, cow dung fertilizer, and NPK fertilizer using a plant photosynthesis meter. The research was conducted at the Educational Forest and Nursery Laboratory of the Forestry Department, Faculty of Agriculture, Jambi University. The results of this study indicate that Tanjung with the treatment of topsoil, rice husk charcoal, and 5 g of NPK is the best fertilizer application, as evidenced by the highest photosynthesis rate of $31.7 \mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Meanwhile, for the merbau darat seedlings, the treatment with topsoil, sand, and 2 g of NPK fertilizer yielded the highest results for the photosynthesis rate.

Keywords: photosynthesis rate, NPK fertilizer, merbau darat, tanjung, subsoil

ABSTRACT

Cahaya matahari sangat berperan dalam proses fotosintesis karena dapat memberikan sumber energi yang sangat dibutuhkan oleh tanaman. Intensitas cahaya yang diterima tanaman sangat mempengaruhi pertumbuhan dan efisiensi fotosintesis. Laju fotosintesis pada tanaman juga sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari, dimana jika intensitas cahaya yang cukup, jumlah air dan karbon dioksida yang cukup serta suhu yang sesuai, fotosintesis biasanya akan mencapai puncaknya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat seberapa tinggi laju fotosintesis pada tanaman Tanjung (*Mimusops elengi* Linn.) dan Merbau darat (*Intsia palembanica*) dengan berbagai perlakuan seperti penambahan media topsoil, subsoil, arang sekam, cocopeat, pasir, pupuk kotoran sapi dan pupuk NPK dengan alat plant photosynthesis meter. Penelitian dilakukan di Laboratorium Hutan Pendidikan dan Pembibitan Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian Universitas Jambi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tanaman Tanjung dengan pemberian perlakuan topsoil, arang sekam dan NPK 5 g merupakan pemberian pupuk terbaik dengan hasil laju fotosintesis

tertinggi yaitu $31,7 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Sedangkan pada bibit merbau darat dengan pemberian perlakuan topsoil, pasir dan pupuk NPK 2 g mendapatkan hasil tertinggi untuk laju fotosintesisnya.

Kata kunci: laju fotosintesis, merbau darat, pupuk NPK, tanjung, subsoil

Diterima, 22 Mei 2025

Disetujui, 30 Juni 2025

Online, 30 Juni 2025

PENDAHULUAN

Pertumbuhan dan perkembangan tanaman sangat terkait dengan proses fotosintesis. Fotosintesis juga dikenal sebagai asimilasi karbon adalah salah satu proses penting dalam fisiologi tanaman di mana H_2O dan CO_2 dikonversi menjadi senyawa organik karbohidrat dan O_2 oleh klorofil dengan dukungan sinar matahari (Kayoumu *et al.* 2023). Fotosintesis melibatkan dua proses metabolisme yaitu metabolisme primer yang membantu pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan sedangkan metabolisme sekunder membantu tumbuhan menyesuaikan diri dengan lingkungannya. Laju fotosintesis dapat dipengaruhi oleh faktor internal, seperti karakter anatomi, fisiologi, morfologi, dan kandungan klorofil di dalam daun masing-masing jenis tanaman, serta faktor eksternal seperti intensitas Cahaya matahari, suhu udara, kelembapan relatif, pH tanah, ketersediaan air dan nutrisi, kondisi CO_2 atmosfer, dan ketinggian tempat (Mansur, 2011; Lenni *et al.* 2020) sehingga setiap spesies memiliki kecepatan fotosintesis yang bervariasi.

Kandungan klorofil dan jumlah stomata pada daun merupakan faktor penting yang mempengaruhi laju fotosintesis (Tambaru *et al.* 2023). Tambaru (2017) menyatakan daun merupakan organ produsen fotosintesis. Pengamatan daun sangat penting untuk menjelaskan proses pertumbuhan yang terjadi selama pembentukan biomassa. Biomasa tanaman memiliki hubungan linear dengan hasil dari proses fotosintesis. Semakin optimal proses fotosintesis maka biomasa semakin tinggi karena fotosintat yang terbentuk digunakan untuk proses pertumbuhan vertikal maupun horizontal (Ludang *et al.* 2022). Selain itu, intensitas cahaya juga memainkan peranan penting dalam proses fotosintesis, di mana tanaman yang berkembang di area terang biasanya memiliki tingkat fotosintesis yang lebih tinggi daripada tanaman yang tumbuh di area gelap (Zannah *et al.* 2023). Hal ini dikarenakan ketersediaan cahaya yang optimal memungkinkan proses penyerapan energi berjalan lebih efektif. Sebaliknya, di lingkungan tanpa cahaya, proses fotosintesis menjadi terhambat atau bahkan tidak terjadi karena tidak ada energi yang dapat digunakan untuk menggerakkan reaksi fotokimia (Zega *et al.* 2024).

Media tanam juga merupakan faktor penting yang mempengaruhi laju fotosintesis. Kualitas media tanam dapat mempengaruhi ketersediaan nutrisi dan air yang dibutuhkan oleh tanaman untuk melakukan proses fotosintesis. Media tanam yang kaya nutrisi akan

meningkatkan laju fotosintesis, sedangkan media tanam yang miskin nutrisi akan menurunkan laju fotosintesis. *Topsoil* merupakan media tanam yang subur dan mengandung banyak bahan organik dan unsur hara, namun penggunaannya saat ini terbatas karena dapat menimbulkan dampak negatif jika diambil secara berlebihan. Oleh karena itu *subsoil* dapat digunakan sebagai alternatif pengganti *topsoil* dalam pembibitan. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa komposisi media tanam yang tepat dapat meningkatkan pertumbuhan. Hasil penelitian Palupi *et al.* (2016) menunjukkan bahwa media tanam tanah+pasir (1:1) merupakan media terbaik untuk pertumbuhan bibit malapari (*Pongamia pinnata* (L.) Pierre). Sementara itu, penelitian Handayani dan Apriani (2020) menunjukkan bahwa media tanam dengan campuran tanah, pasir dan kompos kotoran sapi dengan perbandingan (2:1:1) mampu meningkatkan pertumbuhan yang baik pada bibit Bangkirai (*Shirley laevis* (Ridl.)).

Penambahan pupuk NPK pada media tanam juga dapat memacu pertumbuhan tanaman dan melakukan fungsi fisiologisnya dengan baik dengan menyediakan hara makro primer yang dibutuhkan, yaitu N, P, dan K (Adinugaha, 2012; Veazie *et al.* 2022). Kondisi defisiensi hara makro tersebut akan mempengaruhi laju fotosintesis pada tanaman, di mana kekurangan hara N menghambat pembentukan klorofil (Mu & Chen 2020) sedangkan defisiensi hara P mengurangi pembukaan stomata pada daun sehingga lebih sedikit CO₂ yang ditangkap (Meng *et al.* 2021). Oleh karena itu, diperlukan dosis pupuk NPK yang tepat untuk mengoptimalkan laju fotosintesis dan pertumbuhan tanaman. Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa pemberian pupuk NPK dengan dosis yang berbeda-beda dapat memberikan hasil optimal pada berbagai jenis tanaman, seperti gmelina (10 g, Wasis & Fatiha, 2011), merbau darat (4 g/polybag, Simagunsong *et al.* 2016; 8 g/polybag, Hardiyanti *et al.* 2022), dan jabon merah (6 g/bibit, Hamzah & Silaen, 2018). Dengan demikian penentuan dosis pupuk NPK yang tepat, laju fotosintesis dapat meningkat, sehingga mempengaruhi pertumbuhan tanaman secara signifikan.

Tanaman Tanjung (*Mimusops elengi* Linn.) dan tanaman Merbau Darat (*Intsia palembanica*) merupakan dua spesies tanaman yang memiliki nilai ekonomi dan ekologis yang tinggi (Puri *et al.* 2024; Hardiyanti *et al.* 2022). Kedua tanaman ini memiliki kemampuan adaptasi yang berbeda-beda terhadap lingkungan, termasuk media tanam. Dengan demikian, parameter lingkungan, nutrisi dan proses fotosintesis tanaman memiliki hubungan yang kompleks sehingga dampak nutrisi terhadap laju fotosintesis masih memerlukan eksplorasi lebih lanjut. Laju fotosintesis dapat dinilai dengan mengukur laju asimilasi CO₂ di dalam daun tanaman (Erniati *et al.* 2024). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan yang bertujuan untuk mengetahui dan membandingkan laju fotosintesis dari kedua tanaman tersebut pada berbagai kombinasi media tanam dan dosis NPK.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Hutan Pendidikan dan Pembibitan Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian Universitas Jambi, selama 4 bulan. Bahan yang digunakan yaitu tanaman tanjung (*Mimusops elengi* Linn.) dan merbau darat (*Intsia palembanica*) pupuk NPK (15-15-15), *top soil*, *subsoil*, pasir, arang sekam, *cocopeat*, dan pupuk kotoran sapi. Alat yang digunakan sungkup plastik bening, paranet 50%, cangkul, cetok, gembor bak kecambah, polybag, timbangan digital, oven, kaliper, ajir, pita ukur, kertas lebel, amplop, kamera, *lux meter*, *termohigrometer*, dan *plant photosynthesis meter*.

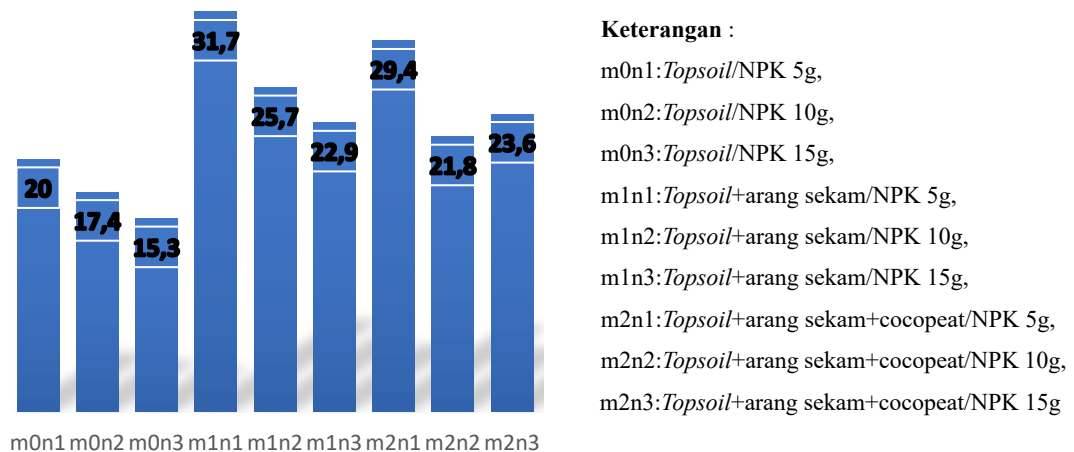
Pengukuran kecepatan fotosintesis dilakukan secara langsung di lapangan dengan menggunakan TARGAS-1 *Portable Photosynthesis System*. Pengukuran dilakukan dengan mengukur laju pertukaran gas CO₂ dan H₂O pada helai daun yang matang (tidak terlalu muda dan tua), pengukuran dilakukan pada cuaca cerah dengan intensitas cahaya yang stabil (600 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), suhu udara 26° - 30° C, dan konsentrasi CO₂ 460 $\mu\text{mol mol}^{-1}$, dari jam 09:00 – 11:00 (Feng *et al.* 2019).

Sebelum menggunakan alat *termohigrometer*, *plant photosynthesis meter*, pastikan cuaca di luar dalam keadaan cerah dan daun yang digunakan sebagai sampel terpapar langsung cahaya matahari. Saat menggunakan alat ini, jauhkan dari hembusan nafas karena mempengaruhi laju fotosintesis.

Tahapan dalam penelitian ini yaitu hidupkan alat tersebut dan diamkan sejenak selama 15 menit. Setelah 15 menit, pastikan CO₂d dan H₂Od dalam keadaan stabil, yaitu menunjukkan angka 0 pada kolom layar alat tersebut. Jepitkan alat tersebut ke daun sampel, pastikan penjepit dalam keadaan rapat dan daun mengarah langsung ke cahaya matahari. Tunggu selama 30 detik sembari alat menghitung laju fotosintesis. Catat laju kecepatannya, ditandai dengan kolom A (Assimilation) pada layar tersebut, skala laju kecepatan fotosintesis yaitu dimulai dari 0 - 20.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Laju fotosintesis sangat dipengaruhi oleh cahaya matahari. Berikut hasil laju fotosintesis pada tanaman Tanjung (*Mimusops elengi* Linn.) pada Berbagai perlakuan media tanam dan dosis pupuk NPK disajikan pada gambar di bawah ini:

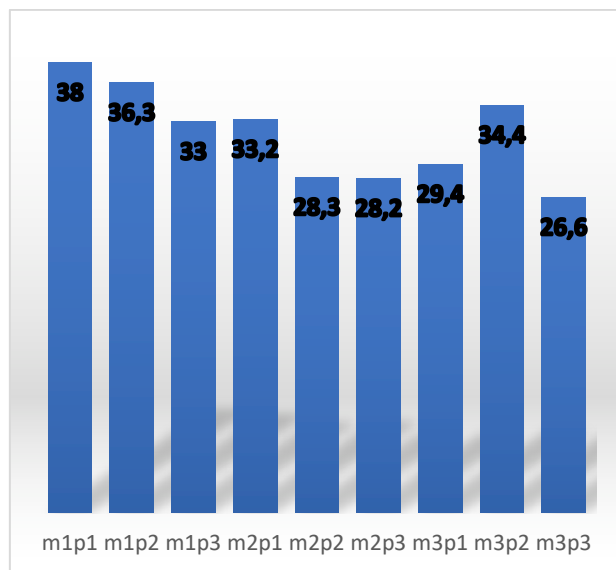


Gambar 1. Hasil Laju fotosintesis tanaman tanjung (*Mimusops elengi* Linn.)

Hasil laju fotosintesis pada tanaman tanjung (*Mimusops elengi* Linn.) dengan perlakuan m1n1:topsoil+arang sekam/NPK 5gam merupakan laju fotosintesis tertinggi, penggunaan topsoil dan arang sekam serta dicampur dengan pupuk NPK 5gam merupakan kombinasi terbaik terbukti dengan perlakuan m2n1:topsoil+arang sekam+cocopeat/NPK 5gam merupakan perlakuan terbaik selain m1n1. Jika di lihat dari penambahan pupuk NPK 5gam yang merupakan perlakuan dengan hasil laju fotosintesis tertinggi. Tersediannya unsur N yang cukup bagi tanaman dapat menyebabkan tanaman tumbuh dengan cepat, karena unsur makro yang penting bagi tanaman adalah unsur hara N, P, dan K.

Menurut Lakitan (2002), salah satu unsur pembentuk klorofil adalah N, yang berfungsi sebagai penghalang cahaya matahari selama proses fotosintesis. Menurut Pradana *et al.* (2015) Dimana penambahan unsur P dapat meningkatkan proses metabolisme tanaman terutama proses fotosintesis, dimana peningkatan metabolisme akan berdampak pada jumlah asimilat yang di hasilkan. Sedangkan menurut pendapat Setiadi & Parimin (2006) menyatakan bahwa penambahan pupuk fosfor berperan dalam proses fotosintesis, yaitu dalam hal pembakaran karbohidrat dan proses glikolisis. Dwijosaputro (1997) mengatakan bahwa tanaman dapat tumbuh subur jika unsur-unsur yang diperlukan tersedia dan diserap dalam dosis yang tepat untuk tanaman untuk menghasilkan hasil yang lebih baik.

Hasil laju fotosintesis pada pertumbuhan bibit merbau darat (*Intsia palembanica*) terhadap penggunaan media tanam dan pemberian pupuk NPK di pembibitan



Keterangan :

m1p1: *topsoil*+pasir(1:1)/NPK 2g,
m1p2 *topsoil*+pasir(1:1)/NPK 3g,
m1p3: *topsoil*+pasir(1:1)/NPK 4g,
m2p1: *subsoil*+pasir+pupuk kotoran sapi(1:1:1)/NPK 2g,
m2p2: *subsoil*+pasir+pupuk kotoran sapi(1:1:1)/NPK 3g,
m2p3: *subsoil*+pasir+pupuk kotoran sapi(1:1:1)/NPK 4g,
m3p1: *subsoil*+pasir+pupuk kotoran sapi(1:2:1)/NPK 2g,
m3p2: *subsoil*+pasir+pupuk kotoran sapi(1:2:1)/NPK 3g,
m3p3: *subsoil*+pasir+pupuk kotoran sapi(1:2:1)/NPK 4g

Gambar 2. Hasil laju fotosintesis pada tanaman Bibit Merbau Darat (*Intsia palembanica*)

Hasil laju fotosintesis pada tanaman merbau darat dari beberapa perlakuan dapat dilihat pada gambar 2, terlihat bahwa laju fotosintesis yang terjadi pada bibit merbau darat tertinggi yaitu pada perlakuan m1p1 *topsoil* + pasir(1:1)/NPK 2g yaitu 38 μmolCO₂m⁻²s⁻¹, sedangkan yang tertinggi ke dua yaitu pada perlakuan m1p2 *topsoil* + pasir(1:1)/NPK 3g yaitu 36,3 μmolCO₂m⁻²s⁻¹. Dari data gambar 2 di atas pemberian media dan pupuk NPK sudah dapat menaikkan laju fotosintesis pada bibit merbau darat. Pemberian pupuk NPK pada tanah mampu menyediakan unsur hara pada tanaman, baik secara makro maupun mikro. Sejalan dengan penelitian (Ivani & Wahyuni, 2024) menyebutkan bahwa pupuk NPK memperngaruhi pertumbuhan daun.

Menurut Widijanto *et al.* (2007), tanaman dapat meningkatkan pertumbuhan dan pembentukan bagian vegetatif jika terdapat hara nitrogen tinggi di dalamnya. Nazari (2012), mengatakan bahwa penggunaan berbagai dosis pupuk NPK dapat menghasilkan pertumbuhan tanaman yang lebih besar dan lebih banyak cabang per tanaman daripada pengobatan tanpa pupuk NPK. Menurut penelitian Hardiyanti *et al.* (2022), menunjukan bahwa pengaruh pemberian pupuk NPK (15-15-15) meningkatkan pertumbuhan pada tinggi tanaman, jumlah daun, berat kering tajuk, berat kering akar, rasio pucuk akar dan berat kering total. Berat kering merupakan ukuran biomasa yang paling sering digunakan untuk menggambarkan biomasa pohon dalam mempelajari pertumbuhan tanaman. Biomasa tanaman memiliki hubungan linear dengan hasil dari proses fotosintesis. Semakin optimal proses fotosintesis maka biomasa semakin tinggi karena fotosintat yang terbentuk digunakan untuk proses pertumbuhan vertikal maupun horizontal (Ludang *et al.* 2022)

Laju fotosintesis pada tanaman juga sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari (Idris & Linatoc, 2019), dimana jika intensitas cahaya yang cukup, jumlah air dan

karbon dioksida yang cukup serta suhu yang sesuai, fotosintesis biasanya akan mencapai puncaknya. Menurut Previensari *et al.* (2020), tanaman beradaptasi dengan intensitas cahaya dengan menempatkan daun yang ada di tajuk utama yang terpapar oleh sinar matahari secara langsung dimana memungkinkan proses fotosintesis menghasilkan peningkatan produksi tanaman. Hal ini dikarenakan intensitas cahaya matahari dapat mempengaruhi ketebalan daun, luas daun, kerapatan stomata (Su *et al.* 2014), kandungan klorofil, dan alkaloid (Pertamawati, 2010; Setiawati *et al.* 2018).

KESIMPULAN

Pada tanaman Tanjung, kombinasi media tanam *topsoil* + arang sekam dengan dosis pupuk NPK 5gam (perlakuan m1n1) menghasilkan laju fotosintesis tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa media yang cukup porous dan kaya bahan organik serta pemberian dosis NPK yang tidak berlebihan mampu mendukung proses laju fotosintesis secara optimal. Kandungan unsur hara makro seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) berperan penting dalam pembentukan klorofil dan peningkatan metabolisme tanaman. Pada tanaman Merbau Darat, laju fotosintesis tertinggi diperoleh dari perlakuan media tanam *topsoil* + pasir (1:1) dengan pupuk NPK dosis 2 gram (m1p1). Media yang memiliki drainase baik dan cukup unsur hara dasar mampu menunjang penyerapan nutrisi secara efisien, sehingga laju fotosintesis meningkat. Pemberian pupuk NPK dalam dosis yang sesuai terbukti mendukung pembentukan bagian vegetatif tanaman dan mempercepat pertumbuhan. Intensitas cahaya yang cukup, suhu yang stabil, dan ketersediaan unsur hara makro dalam dosis optimal sangat menentukan laju fotosintesis tanaman. Oleh karena itu, pemilihan media tanam dan pemberian pupuk yang tepat dalam upaya meningkatkan efisiensi fotosintesis dan pertumbuhan bibit tanaman kehutanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinugraha HA. 2012. Pengaruh Cara Penyemaian Dan Pemupukan Npk Terhadap Pertumbuhan Bibit Mahoni Daun Lebar di Pesemaian. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*, 6(1), 1–10. <https://doi.org/10.20886/jpth.2012.6.1.1-10>
- Erniati, Suhardiyanto H, Hasbullah R, Supriyanto. 2024. Photosynthetic rate prediction model of golden melon plant (*Cucumis melo* L.) at Vegetative Phase in Greenhouse Using Artificial Neural Networks. *HAYATI J. Biosci*, 31, 30–38. <https://doi.org/10.4308/hjb.31.1.30-38>
- Feng L, Raza MA, Li Z, Chen Y, Khalid MHB, Du J, Liu W, Wu X, Song C, Yu L, Zhang Z, Yuan S, Yang W, Yang F. 2019. The Influence of Light Intensity and Leaf Movement on Photosynthesis Characteristics and Carbon Balance of Soybean. *Front. Plant Sci*, 9(1952), 1–16. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01952>
- Hamzah H, Silaen RH. 2018. Pengaruh Dosis Pupuk NPK (15-15-15) terhadap

- Pertumbuhan Bibit Jabon Merah (*Anthocephalus macrophyllus* Roxb. Havil) di Pembibitan. *Jurnal Silva Tropika*, 2(2), 1-5.
- Handayani R, Apriani H. 2020. Pengaruh Pupuk NPK dan Media Tanam terhadap Pertumbuhan dan Produktivitas Daun pada Bibit *Shorea laevis* Ridl. *Jurnal Penelitian Ekosistem Dipterokarpa*, 6(2), 107-116.
- Hardiyanti RA, Hamzah H, Andriani A. 2022. Pengaruh Pemberian Pupuk NPK terhadap Pertambahan Bibit Merbau Darat (*Intsia palembanica*) di Pembibitan. *Jurnal Silva Tropika*, 6(1), 15-22.
- Idris A, Linatoc A. 2019. Effect of Light Intensity on The Photosynthesis and Stomatal Density of Selected Plant Species of Gunung Ledang, Johor. *Malaysian Applied Biology*, 48(3), 133–140.
- Ivani N, Wahyuni ES. 2024. Pengaruh Aplikasi Komposisi Pupuk NPK dan Konsentrasi Bakteri Fotosintesis terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Anggrek Bulan (*Phalaenopsis amabilis*). *Jurnal Bioshell*, 13(2), 117–122.
- Kayoumu M, Iqbal A, Muhammad N, Li X, Li L, Wang X, Gui H, Qi Q, Ruan S, Guo R, Zhang X, Song M, Dong Q. 2023. Phosphorus availability affects the photosynthesis and antioxidant system of contrasting low-P-tolerant cotton genotypes. *Antioxidants*, 12, 1–23. <https://doi.org/10.3390/antiox12020466>
- Lakitan, B. 2002. Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Lenni, Suhardiyanto H, Seminar KB, Setiawan RPA. 2020. Photosynthetic rate of lettuce cultivated on floating raft hydroponic with controlled nutrient solution. *HAYATI J. Biosci*, 27, 31–36. <https://doi.org/10.4308/hjb.27.1.31>
- Ludang Y, Supriyat W, Alpian. 2022. Distribusi Biomassa dan Karbon Tingkai Semai Jenis Manggis, lengkung, sengan dan Jelutung. *Jurnal Hutan Tropika*, 17(1): 61-67.
- Mansur M. 2011. Laju Fotosintesis Jenis-jenis Pohon Pionir Hutan Sekunder di Taman Nasional Gunung Halimun-Salak Jawa Barat. *J. Tek. Ling*, 12(1): 35-42.
- Meng X, Chen WW, Wang YY, Huang ZR, Ye X, Chen LS, Yang LT. 2021. Effects of Phosphorus Deficiency on The Absorption of Mineral Nutrients, Photosynthetic System Performance and Antioxidant Metabolism in *Citrus Grandis*. *PLoS One*, 16, 1–20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246944>
- Mu X, Chen Y. 2020. The Physiological Response of Photosynthesis to Nitrogen Deficiency. *Plant Physiol. Biochem*, 158, 76–82. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.11.019>
- Nazari APD. 2012. Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill) dengan Dosis Pupuk NPK Pelangi yang berbeda. *Ziraa,ah*, 33(1), 48 – 53.
- Palupi ER, Sabur A, Murniati E. 2016. Mutu Benih dan Pertumbuhan Bibit Tanaman Malapari (*Pongamia pinnata* (L.) Pierre) dari Taman Nasional Ujung Kulon dan Kebun Raya Bogor. *Prosiding Seminar Nasional dan Kongres Perhimpunan Agronomi Indonesia*, 241–248.
- Pertamawati. 2010. Pengaruh Fotosintesis terhadap Pertumbuhan Tanaman Kentang

- (*Solanum Tuberosum* L.) dalam Lingkungan Fotoautotrof secara Invitro. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, 12(1), 31-37.
- Pradana GBY, Islami T, Suminarti NE. 2015. Kajian Kombinasi Pupuk Fosfor dan Kalium pada Pertumbuhan dan Hasil Dua Varietas Tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Jurnal Produksi Tanaman*. 3(6):464-471.
- Previensari D, Sukmono A, Sugiastu FH. 2020. Analisis Pengaruh Relief dan Arah Sinar Matahari terhadap Kesesuaian Lahan Tembakau Berbasis Pemodelan Geospasial 3-Dimensi di Gunung Sindoro. *Geodesi Undip*, 9(1), 344–353.
- Puri SR, Hamzah, Handayani R, Rifatunidaudina R, Rumondang J, Armada G. 2024. Respon Pertumbuhan Semai Tanjung (*Mimosa elengi* Linn) terhadap Pemberian Pupuk Kandang Ayam. *Jurnal Silva Tropika*. 8(2): 141-151.
- Setiawati T, Ayalla A, Nurzaman M, Mutaqin AZ. 2018. Influence of Light Intensity on Leaf Photosynthetic Traits and Alkaloid Content of Kiasahan (*Tetracera scandens* L.). *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1–7. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/166/1/012025>
- Setiadi, Parimin. 2006. *Bertanam Melon Edisi Revisi*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Simangunsong EM, Riniarti M, Duryat. 2016. Upaya Perbaikan Pertumbuhan Bibit Merbau Darat (*Intsia palembanica*) dengan Naungan dan Pemupukan. *Jurnal Sylva Lestari*, 4(1), 81-88.
- Su, B. Y., Song, Y. X., Song, C., Cui, L., Yong, T. W., & Yang, W. Y. (2014). Growth and photosynthetic responses of soybean seedlings to maize shading in relay intercropping system in Southwest China. *Photosynthetica*, 52(3), 332–340. <https://doi.org/10.1007/s11099-014-0036-7>
- Tambaru E. 2017. Comparative Analysis of Stomatal Type *Swietenia macrophylla* King and *Polyalthia longifolia* Bent and Hook. var. Pendula in Makassar, South Sulawesi, Indonesia. *International Journal of Current Research and Academic Review*. 5(3): 31–34.
- Tambaru E, Bachtar B, Ura' R, Tuwo M. 2023. The Effects Morpho-Anatomical Characters Leaves *Tectona gaudis* and *Gmelina arborea* as Carbon Dioxide Absorption in UNHAS Urban Forest. *International Journal on Advanced Science on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 13(4), 1290-1292.
- Veazie P, Pandey P, Young S, Ballance MS, Hicks K, Whipker B. 2022. Impact of Macronutrient Fertility on Mineral Uptake and Growth of *Lactuca sativa* 'Salanova Green' in a Hydroponic System. *Horticulturae*, 8(11), 1–13. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8111075>
- Wasis B, Fatiha N. 2011. Pengaruh Pupuk NPK terhadap Pertumbuhan Semai Gmelina (*Gmelina arborea* Roxb) pada Media Tanah Bekas Tambang Emas (Tailing). *Jurnal Silvikultur Tropika*. 2(1), 14-18.

- Widijanto H, Syamsiah J, Widyawati R. 2007. Ketersediaan N-tanah dan Kualitas Hasil Padi dengan Kombinasi Pupuk Organik dan Anorganik Padi Sawah di Mojogedang. *Agosains*. 9(1), 74 – 83
- Zannah H, Salfa Z, Evie R, Sudarti, Trapsilo P. 2023. Peran Cahaya Matahari dalam Proses Fotosintesis Tumbuhan. *Cermin: Jurnal Penelitian*, 7(1), 204-214
- Zega NB, Mendrofa EG, Gea CJ, Halawa LSW, Lase HS, Waruwu I, Lase NK. 2024. Perbandingan Laju Fotosintesis pada Tanaman yang Tumbuh di Tempat Terang dan Gelap. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan*, 1(2), 162-169.