Tumbuhan: Publikasi Ilmu Sosiologi Pertanian dan Ilmu Kehutanan
Volume. 2, Nomor. 1 Tahun 2025
e-ISSN : 3032-758X, dan p-ISSN : 3046-5400, Hal. 64-72
DOI: https://doi.org/10.62951/tumbuhan.v2i1.196
Available online at: https://journal.asritani.or.id/index.php/Tumbuhan

Uji Viabilitas dan Pertumbuhan Kecambah Kacang Hijau *(Vigna Radiata)* Selama 11 Hari

Na'illah Ega Sivana[1*], Nathania Rahadatul 'Aisy[2], Nurul Mawaddah[3], Rahajeng Galuh Tribuana[4], Rifqi Ilham[5], Ita Fitriyyah[6]
[1-6]Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung, Indonesia
Email: [1*]naillahegasivana23@gmail.com, [2]nthniaraaisy03@gmail.com, [3]nurlmawa17@gmail.com, [4]rahajenggt@gmail.com, [5]rifkiilhamfadillah@email.com, [6]ita.fitriyyah@uinsgd.ac.id

Alamat: Jl. A.H. Nasution No. 105A, Cibiru, Kota Bandung, Jawa Barat, Indonesia
Korespondensi penulis: naillahegasivana23@gmail.com

Abstract: *This study aims to test the viability and growth of mung bean (Vigna radiata) sprouts for 11 days. Mung beans were chosen as the object of research because of the ease of the germination process and high nutritional value. The methods used include preparing germination media with moistened opaque paper, as well as observing the parameters of normal, abnormal, and dead seeds. The results showed that in the first repetition, the number of normal sprouts reached 17 seeds with a germination power of 68%, while in the second repetition there were only 11 normal seeds. This study indicates that environmental conditions and proper treatment greatly affect seed viability. Thus, it is important to maintain optimal conditions to increase germination and plant growth results.*

Keywords: *Viability, Sprouts, Mung Beans, Growth, Germination*

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk menguji viabilitas dan pertumbuhan kecambah kacang hijau (Vigna radiata) selama 11 hari. Kacang hijau dipilih sebagai objek penelitian karena kemudahan dalam proses perkecambahan dan nilai gizi yang tinggi. Metode yang digunakan meliputi penyiapan media perkecambahan dengan kertas buram yang dibasahi, serta pengamatan terhadap parameter kecambah normal, abnormal, dan benih mati. Hasil menunjukkan bahwa pada pengulangan pertama, jumlah kecambah normal mencapai 17 biji dengan daya berkecambah 68%, sedangkan pada pengulangan kedua hanya 11 biji normal. Penelitian ini mengindikasikan bahwa kondisi lingkungan dan perlakuan yang tepat sangat memengaruhi viabilitas benih. Dengan demikian, penting untuk menjaga kondisi optimal guna meningkatkan hasil perkecambahan dan pertumbuhan tanaman.

Kata Kunci: Viabilitas, Kecambah, Kacang Hijau, Pertumbuhan, Perkecambahan

1. PENDAHULUAN

Kacang Hijau (*Vigna radiata*) merupakan kebutuhan komoditas legumen yang banyak diminati oleh masyarakat Indonesia untuk diolah menjadi berbagai jenis hidangan, dibuktikan dengan data yang tercatat pada Badan Pusat Statistik (BPS) di Provinsi Sumatera Barat yang memperlihatkan produksi kacang hijau di tahun 2022 sebesar 784.00 ton, dan 18.187 ton di Provinsi Nusa Tenggara Timur. Nilai guna *Vigna radiata* di kalangan masyarakat tidak hanya sebagai bahan pangan tetapi nutrisi yang terkandung memiliki manfaat kesehatan bagi fisiologis tiap individu, karena di dalam 100 gr kacang hijau mentah mengandung komposisi nutrisi berupa 23.86 gr protein, 132 mg Kalsium, 189 mg Magnesium, 6.74 mg Zat Besi, 0,382 mg Vitamin B6, 114 IU Vitamin A, 0,51 mg Vitamin E, dan 9,0 µg Vitamin K (Ganesan & Xu, 2018).

Received November 17, 2024; Revised Desember 02, 2024; Accepted Desember 20, 2024; Online Available Desember 23, 2024

Besarnya kebutuhan Kacang Hijau berbanding lurus dengan produksinya di tingkat Petani, sehingga mengindikasikan pentingnya memiliki kualitas benih yang unggul dari segi bertahan hidup ataupun berkecambah, serta efisiensi dalam tata kelola, dimulai dari pengujian kecambah dengan indikator keberhasilan yang dilihat pada kualitas kecambah seperti terbebas dari kerusakan mikrobiologis, kimiawi, dan fisika. Metode tersebut akan mempercepat para Petani dalam proses seleksi kecambah bermutu tinggi untuk selanjutnya ditanam pada media yang telah disediakan hingga tumbuh menjadi dewasa dan memasuki masa pemanenan. Pada proses uji kecamabah sterilitas dan faktor lingkungan yang optimum pada media perlu diperhatikan karena mempengaruhi kualitas benih ketika berada di fase kecambah, suhu optimum untuk Kacang Hijau adalah 28-30˚C serta kelembaban sebesar 50-90% (Audrey dkk., 2021).

Studi ini bertujuan untuk mengetahui besaran kecambah Kacang Hijau yang berhasil berkecambah dengan normal ditinjau dari variabel kualitatif dan kuantitatif.

2. METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Biologi Instruksi 1 UIN Sunan Gunung Djati Bandung pada tanggal 28 Oktober 2024. Alat yang digunakan meliputi kabinet germinator, nampan plastik, pinset, dan botol semprot. Bahan yang diperlukan antara lain kertas label, kertas buram, karet gelang, tisu, akuades, dan benih kacang hijau.Prosedur kerja dimulai dengan menyiapkan kertas buram yang dibasahi akuades dan diletakkan di atas nampan plastik yang telah disterilkan. Sebanyak 25 benih diletakkan di atas kertas buram dengan posisi selang-seling, kemudian ditutup dengan media kertas lain yang juga dibasahi. Setelah itu, benih diikat menggunakan karet gelang untuk menjaga kelembapan. Pengamatan dilakukan setiap dua hari (Dimulai dari hari ke-5, ke-7, ke-9, dan sampai hari ke-11) untuk mencatat jumlah kecambah normal, abnormal, dan mati.

Data yang diperoleh dianalisis untuk menghitung persentase daya tumbuh menggunakan rumus: Daya Tumbuh = $\frac{\text{Jumlah Kecambah Normal}}{\text{Jumlah Benih yang Diuji}} \times 100\%$

Hasil dari Praktikum ini diharapkan bisa memberikan informasi tentang faktor-faktor yang mempengaruhi viabilitas benih serta pertumbuhan kecambah kacang hijau.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Pengulangan 1

Hari ke-	Benih Normal	Benih Abnormal	Benih Mati	Daya Berkecambah
5	19 biji	4 biji	2	$\frac{\text{Kecambah normal}}{\text{Jumlah benih yang diujikan}} \times 100\%$ $= \frac{17}{25} \times 100\%$ $= 68\%$
7	18 biji	5 biji	2	
9	17 biji	6 biji	2	
11	17 biji	6 biji	2	
Total	**17 biji**	**6 biji**	**2**	

Tabel 2. Pengulangan 2

Hari ke-	Benih Normal	Benih Abnormal	Benih Mati	Daya Berkecambah
5	18 biji	5 biji	2	$\frac{\text{Kecambah normal}}{\text{Jumlah benih yang diujikan}} \times 100\%$ $= \frac{11}{25} \times 100\%$ $= 44\%$
7	17 biji	6 biji	2	
9	14 biji	9 biji	2	
11	11 biji	12 biji	2	
Total	**11 biji**	**12 biji**	**2**	

Perkecambahan didefinisikan sebagai proses transformasi biji menjadi tumbuhan baru, yang diawali dengan proses fisiologis seperti penyerapan air, aktivasi enzim, dan degradasi cadangan makanan. Dua parameter penting yang diamati dalam uji kecambah ini adalah benih normal dan benih abnormal, yang ditentukan berdasarkan kriteria seperti perkembangan akar primer, daun koleoptil, dan keseimbangan pertumbuhan bagian-bagian kecambah. Kecambah abnormal ditandai dengan kerusakan seperti tanpa kotiledon, embrio yang pecah, dan akar primer yang pendek. Bentuknya cacat, perkembangannya lemah atau kurang seimbang pada bagian-bagian penting seperti plumula, hipokotil, epikotil, dan kotiledon. Benih yang gagal tumbuh disebut sebagai benih mati (Gea dkk, 2022). Kacang hijau (*Vigna radiata L*) dipilih karena siklus perkecambahannya yang cepat, praktis untuk diamati, dan berbiaya rendah.

Berdasarkan hasil pengamatan pada table pengulangan 1, hasil daya kecambah yang diperoleh adalah sebesar 68%, sedangkan hasil pengamatan pada table pengulangan 2 memperoleh hasil daya kecambah sebesar 44%. Benih abnormal lebih banyak ditemukan pada pengulangan 2 dengan jumlah 12 biji, sedangkan pada pengulangan 1 benih abnormal ditemukan sebanyak 6 biji. Kemudian jumlah benih mati konsisten di kedua pengulangan. Hasildaya berkecambah tertinggi adalah 68% pada pengulangan 1, ini masih di bawah standar nasional (SNI) untuk benih berkualitas baik, yaitu 70%–80%. Terdapat beberapa factor yang mempengaruhi daya kecambah benih kacang hijau (*Vigna radiata L*), entah itu dari faktor internal dan juga faktor eksternal.

Faktor Eksternal

- **Suhu**

  Suhu adalah salah satu faktor lingkungan utama yang mempengaruhi uji daya tumbuh kecambah. Suhu mempengaruhi proses fisiologis dan biokimia yang mendukung perkecambahan, termasuk penyerapan udara, aktivasi enzim, dan pembelahan serta perpanjangan sel. Jika suhu terlalu tinggi, hal itu dapat merusak membran sel benih yang mengakibatkan hilangnya viabilitas. Dan ketika suhu terlalu rendah, hal itu akan menghambat penyerapan udara oleh benih karena viskositas udara meningkat, serta mengurangi aktivitas enzim yang penting. Suhu ideal untuk kacang hijau berkisar 33°C, yang mendukung aktivitas enzim pemecah cadangan makanan menjadi energi untuk pertumbuhan kecambah (Mardhiana dkk, 2021).

- **Kelembapan**

  Pada pengamatan yang dilakukan, kondisi media tanam yaitu kertas basah pada pengulangan 2 cenderung lebih basah dan lembab dibandingkan dengan kertas pada pengulangan 1, dan karenanya menyebabkan benih-benih pada pengulangan 2 memperoleh jumlah benih abnormal terbanyak, hal tersebut sejalan dengan teori yang menyebutkan bahwa kelembapan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi uji daya kecambah.

  Dalam uji daya tumbuh, kelembapan berperan penting dalam menyediakan kondisi yang mendukung proses fisiologis dan biokimia benih. Kelembapan yang optimal diperlukan agar benih dapat menyerap udara dengan cukup, yang akan mengaktifkan enzim-enzim untuk menghidrolisis cadangan makanan dalam benih menjadi energi bagi pertumbuhan embrio. Jika kelembaban terlalu rendah, imbibisi tidak terjadi secara sempurna sehingga proses perkecambahan terganggu. Lingkungan yang terlalu lembap dapat meningkatkan

risiko serangan patogen seperti jamur dan bakteri. Media tanam yang mampu menjaga kelembapan optimal, seperti kertas basah, sangat penting. Air yang cukup diperlukan untuk mengaktifkan enzim-enzim yang terlibat dalam perkecambahan (Murtiwulandari & Pudjihartati, 2022).

- **Sterilitas pada Perkecambahan**

  Sterilitas pada perkecambahan juga merupakan faktor yang mempengaruhi daya kecambah benih. Dimana dengan sterilitas, benih tidak akan mudah terkontaminasi oleh bakteri atau jamur sehingga daya perkecambahan optimal. Kontaminasi mikroorganisme seperti *Macrophomina phaseolina* dan *Fusarium spp* dapat menghambat pertumbuhan benih dan menyebabkan kecambah abnormal atau mati. Untuk meminimalkan pengaruh infeksi patogen dan memastikan hasil uji daya tumbuh yang akurat, proses sterilisasi alat dan media perlu dilakukan sebelum pengujian (Bakhsh dkk, 2016). Benih sering kali membawa spora jamur seperti *Fusarium spp., Aspergillus spp.,* atau *Penicillium spp*. yang bersifat dorman hingga mereka menemukan kondisi yang sesuai untuk berkembang. Selain itu, media tanam yang kurang steril juga dapat menjadi sumber kontaminasi (Khaire dkk, 2023).

- **Media tanam**

  Selain metode, faktor eksternal yang sangat berpengaruh pada proses perkecambahan adalah media (Rusmin et al., 2016). Media yang digunakan sebagai uji daya kecambah perlu memenuhi beberapa kriteria, yaitu berpori untuk mendukung pertumbuhan akar, mampu mempertahankan kelembaban saat pengamatan berlangsung, memiliki pH 6,0–7,5, serta bebas dari jamur, bakteri, dan bahan beracun. Selain itu, media tersebut harus memiliki porositas tinggi serta drainase dan aerasi yang baik (ISTA, 2018).

  Pada pengujian viabilitas kacang hijau, berbagai jenis media tanam seperti pasir, tanah, kapas, tisu, atau media organik lainnya dapat digunakan untuk mengevaluasi kemampuan benih dalam berkecambah dan tumbuh. Setiap media memiliki karakteristik tertentu yang dapat memengaruhi hasil pengujian. Misalnya, media pasir memiliki drainase yang baik, tetapi mungkin kurang mendukung retensi air, sedangkan media seperti kapas atau tisu dapat menjaga kelembapan dengan baik namun kurang menyediakan aerasi. Oleh karena itu, pemilihan media tanam perlu disesuaikan dengan tujuan pengujian dan kebutuhan spesifik benih. Penelitian terkait sering kali menggunakan media kertas atau tisu towel karena sifatnya yang steril, ekonomis, serta mampu memberikan hasil yang konsisten dalam uji viabilitas benih seperti kacang hijau (Mewangi dkk, 2019).

Faktor Internal

Pada penelitian Prudente & Paiva (2018) juga mengungkapkan bahwa ada 2 faktor yang memengaruhi perkecambahan benih yaitu faktor dalam (tingkat kemasakan benih, ukuran benih, dormansi dan penghambat perkecambahan) dan faktor luar (air, temperatur, oksigen, cahaya dan medium).

- **Tingkat Kemasakan Benih**

  Tingkat kematangan tanaman menjadi salah satu faktor utama yang memengaruhi produksi dan kualitas benih (Budiman, 2012). Selama fase vegetatif, tanaman cenderung menghasilkan lebih banyak dari kebutuhan dasarnya. Kelebihan hasil asimilasi tersebut disimpan dalam bagian vegetatif sebagai senyawa cadangan, yang sebagian besar terdiri dari karbohidrat, meskipun sering kali juga mengandung lipid dan protein dalam jumlah cukup banyak. Seiring bertambahnya usia tanaman, akumulasi total karbohidrat non-struktural pada tanaman rumput cenderung meningkat (Budiman et al., 2011).

  Menurut Pramono (2009), proses pemasakan benih berlangsung sejak fertilisasi hingga mencapai kematangan fisiologis. Seiring berjalannya waktu, tingkat kemasakan benih terus meningkat. Semakin mendekati kematangan fisiologis, tingkat kemasakan benih juga semakin tinggi. Secara fisik, kemasakan benih ditandai oleh akumulasi bahan kering dalam benih, sedangkan secara fisiologis, kemasakan benih ditunjukkan oleh viabilitasnya. Semakin matang suatu benih, viabilitasnya akan semakin tinggi, yang dapat diamati melalui daya kecambahnya.

- **Ukuran benih**

  Ukuran benih juga merupakan salah satu faktor yang memengaruhi kualitasnya. Schmidt (2000) menyebutkan bahwa ukuran benih sering kali berkorelasi dengan viabilitas dan vigor, seperti pada benih *Acacia crassicarpa*, di mana benih yang lebih berat cenderung memiliki vigor yang lebih baik. Sorensen dan Campbell (1993) menambahkan bahwa benih berukuran besar, baik dari segi berat maupun dimensi, lebih sering dipilih karena biasanya terkait dengan kecepatan perkecambahan dan pertumbuhan bibit yang lebih baik. Namun, pendekatan ini dapat mengesampingkan benih berukuran kecil yang mungkin memiliki potensi genetik lebih unggul (Schmidt, 2000).

- **Dormansi**

  Secara biologis, dormansi benih berfungsi sebagai mekanisme untuk mengoptimalkan penyebaran benih, memastikan perkecambahan terjadi pada waktu dan tempat yang tepat, yang merupakan aspek penting dalam ekologi. Mekanisme dormansi juga berperan

dalam memastikan kesesuaian lingkungan untuk perkecambahan. Sebagai contoh, beberapa benih mengalami hambatan perkecambahan akibat kurangnya cahaya ketika tertimbun di dalam tanah, karena umumnya proses perkecambahan hanya berlangsung di lapisan tanah beberapa milimeter dari permukaan.

Dormansi morfologi terjadi akibat embrio yang berukuran kecil dan belum berkembang secara normal sebelum radikel muncul. Biasanya, embrio pada benih yang matang secara fisiologis mulai tumbuh dalam beberapa hari hingga 1–2 minggu, dan benih berkecambah dalam waktu 1–4 minggu setelah disemai. Sementara itu, benih dengan dormansi morfofisiologis memiliki embrio yang belum berkembang normal dan secara fisiologis masih mengalami dormansi. Perkecambahan baru akan terjadi setelah dormansi fisiologis berakhir dan embrio berkembang dengan sempurna. Dormansi fisik, sesuai dengan definisi Schmidt (2000), merujuk pada kondisi kulit benih yang kedap air, sedangkan dormansi kombinasi (fisik-fisiologis) adalah perpaduan antara dormansi fisik dan fisiologis, di mana kulit benih tidak dapat ditembus air dan embrio belum berkembang sepenuhnya.

- **Penghambat Perkecambahan**

  Asam absisat (ABA) adalah salah satu hormon tumbuhan yang berperan penting dalam mengatur dormansi dan perkecambahan benih (Nambara et al., 2010), serta bertindak sebagai penunda proses perkecambahan (Vaistij et al., 2013). Pada benih yang sedang berkembang, sebagian besar ABA berasal dari jaringan induk, sedangkan pada benih matang, ABA dihasilkan oleh embrio dan endosperma selama tahap akhir embriogenesis atau setelah panen. Mekanisme kerja ABA dalam menghambat perkecambahan melibatkan penundaan ekspansi radikula, pelemahan endosperma, serta peningkatan ekspresi faktor transkripsi yang memengaruhi proses tersebut (Graeber et al., 2012). Selain itu, dormansi benih selama proses pematangan dipengaruhi oleh sinyal auksin yang berinteraksi dengan jalur pensinyalan ABA (Liu et al., 2013).

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengamatan uji kecambah yang dilakukan selama 11 hari, dapat disimpulkan bahwa viabilitas benih sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan faktor-faktor lainnya. Proses perkecambahan menunjukkan bahwa benih kacang-kacangan mengalami hidrolisis yang meningkatkan nilai gizi, seperti protein dan vitamin, meskipun terjadi penurunan kadar lemak. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada pengulangan pertama, jumlah benih normal lebih banyak dibandingkan dengan pengulangan kedua, dengan total 17 biji normal pada

pengulangan pertama dan 11 biji normal pada pengulangan kedua. Sebaliknya, jumlah benih abnormal lebih tinggi pada pengulangan kedua, yaitu 12 biji, dibandingkan 6 biji pada pengulangan pertama. Namun, jumlah benih mati tetap sama di kedua pengulangan, yaitu 2 biji. Daya berkecambah yang dihitung menunjukkan nilai yang lebih tinggi pada pengulangan pertama, yaitu 68%, menunjukkan bahwa benih dalam kondisi tersebut memiliki potensi yang lebih baik untuk tumbuh. Hal ini menekankan pentingnya memastikan kondisi optimal untuk perkecambahan agar viabilitas benih dapat terjaga dan mendukung pertumbuhan morfologi serta fisiologi tanaman secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

Anderson, T. R., Hawkins, E., & Jones, P. D. (2016). CO2, the greenhouse effect and global warming: From the pioneering work of Arrhenius and Callendar to today's Earth system models. Endeavour, 40(3), 178–187. https://doi.org/10.1016/j.endeavour.2016.07.002

Audrey, D. A. D., Tabaraka, K. S., Lazaro, A., & Budiharto, W. (2021). Monitoring mung bean's growth using Arduino. Procedia Computer Science, 179, 352–360.

Bakhsh, A., Anayol, E., Sancak, C., & Ozcan, S. (2016). An efficient and cost-effective sterilizing method with least microbial contamination and maximum germination ratio for in vitro cotton (Gossypium hirsutum L.) culture. The Journal of Animal & Plant Sciences, 26(3), 868–873.

Bridge, J., & Demicco, R. (Eds.). (2008). Definitions, rationale, and scope of the book. In Earth surface processes, landforms and sediment deposits (pp. 3–8). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511805516.002

Darlina, I., Wilujeng, S., & Nurmajid, F. (2023). Estimasi cadangan karbon dan serapan karbon di taman Maluku Kota Bandung. Paspalum: Jurnal Ilmiah Pertanian, 11(1), 163–171.

Dini, N. L. K., Jauhari, A., & Rachmawati, N. (2022). Prediksi nilai karbon yang hilang akibat kebakaran hutan dan lahan di Kota Banjarbaru. Jurnal Sylva Scienteae, 5(3), 372–378.

Ganesan, K., & Xu, B. (2018). A critical review on phytochemical profile and health-promoting effects of mung bean (Vigna radiata). Food Science and Human Wellness, 7(1), 11–33.

Gea Daniel, Sinaga, R., & Nainggolan, L. (2022). Uji daya kecambah benih bayam merah (Amaranthus tricolor L.) pada media semai kompos dan tanah hitam. Prosiding Seminar Nasional Pendidikan, Saintek, Sosial dan Hukum, 1, 1–28.

Gelaye, Y., & Getahun, S. (2024). A review of the carbon sequestration potential of fruit trees and their implications for climate change mitigation: The case of Ethiopia. Cogent Food & Agriculture, 10(1), 2294544.

Handika, R. A., FITRADA, W., & Rodhiyah, Z. (2020). Potensi vegetasi hutan kota dalam reduksi emisi karbondioksida (CO2) di Kota Jambi. Biospecies, 13(1), 23–28.

Khaire, P. B., Hingole, D. G., Holkar, S. K., Ghante, P. H., & Mane, S. S. (2023). Management of Macrophomina phaseolina (Tassi.) Goid. causing leaf blight disease in mung bean in Maharashtra State. Environment and Ecology, 41(2B), 1141–1148.

Mardhiana, D., Hamid, A., & Farhan, A. (2021). Pengaruh suhu media tanam terhadap waktu perkecambahan kacang hijau. Jurnal Penelitian dan Pembelajaran Fisika Indonesia, 3(2), 46–49.

Mewangi Jawa Arum, T., Kartika, T., & Surahman, M. (2019). Uji daya berkecambah pada benih turi putih (Sesbania grandiflora L.). Buletin Agrohorti, 7(2), 1–9.

Murtiwulandari, P., & Endang, P. (2022). Optimization of the germination test method and growing media on seed germination of annual wormwood (Artemisia annua L.). Jurnal Ilmiah Pertanian, 19(3), 175–186.

Nunes, L. J. R. (2023). The rising threat of atmospheric CO2: A review on the causes, impacts, and mitigation strategies. Environments, 10(4), 66.

Sagala, S., Sutrisno, E., & Andarani, P. (2017). Kajian jejak karbon dari aktivitas kampus di Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Diponegoro University.

Syuhada, A., Maulana, M. I., & Sary, R. (2022). The ability of selected plants to absorb CO_2, CO and HC from gasoline engine exhaust. International Journal of Automotive and Mechanical Engineering, 19(4), 10094–10102.

Wandana, L. S., Wadanambi, R. T., Preethika, D. D. P., Dassanayake, N. P., Chathumini, K., & Arachchige, U. (2021). Carbon footprint analysis: Promoting sustainable development. Journal of Research Technology and Engineering, 2(1), 73–80.

Wang, L., Zheng, J., Wang, G., & Dang, Q.-L. (2023). Combined effects of elevated CO2 and warmer temperature on limitations to photosynthesis and carbon sequestration in yellow birch. Tree Physiology, 43(3), 379–389.

Widanirmala, M., Maryono, M., & Muhammad, F. (2020). Vegetation resilience to absorbing carbon dioxide emissions in the Gajahmada Street. E3S Web of Conferences, 202, 6032.

Yudhistira, Y., Rosdiana, R., & Sakay, R. (2023). Analisis kemampuan vegetasi dalam mereduksi emisi karbon CO2 dari kendaraan bermotor: Studi kasus: Jalan Poros Kendari–Unaaha, Sulawesi Tenggara. Jurnal TELUK: Teknik Lingkungan UM Kendari, 3(2), 17–23.