

Greenhouse Rooftop Hydroponic Terintegrasi Ultra Fine Bubbles Technology pada Budidaya Selada Keriting sebagai Upaya Mewujudkan Zero Hunger dan Sustainable City

(Greenhouse Rooftop Hydroponic Integrated with Ultra Fine Bubbles Technology in Culivating Curly Lettuce as an Effort to Realize Zero Hunger and Sustainable City)

Imam Ali Syabana¹, Arum Kurniasari², Rizka Sri Hartini³

¹Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Jember

²Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Jember

³Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Jember

imamaliswabana@gmail.com

Received : 26 Oktober 2024 | Accepted : 8 November 2024 | Published : 28 November 2024

Kata Kunci	ABSTRAK
<i>Greenhouse Rooftop Hydroponics, Selada Keriting, Ultra Fine Bubbles Technology</i>	Urbanisasi dan pembangunan gedung bertingkat di perkotaan telah mengakibatkan alih fungsi lahan pertanian, yang berdampak pada penurunan luas lahan sawah dan mengancam ketahanan pangan. Salah satu solusi inovatif untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan memanfaatkan atap gedung (<i>rooftop</i>) sebagai lahan pertanian melalui budidaya hidroponik. Penelitian ini mengkaji pengembangan <i>Greenhouse Rooftop Hydroponics</i> yang terintegrasi dengan teknologi <i>Ultra Fine Bubbles</i> (UFB) pada budidaya selada keriting (<i>Lactuca sativa</i> L.) sebagai upaya mendukung tujuan <i>Sustainable Development Goals</i> (SDGs) poin kedua dan kesebelas, yaitu <i>Zero Hunger dan Sustainable City</i> . Teknologi UFB terbukti dapat meningkatkan efisiensi penyerapan oksigen dan nutrisi oleh akar tanaman, meningkatkan pertumbuhan tanaman, dan mengurangi risiko penyakit akar. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen dan pendekatan kuantitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan teknologi UFB secara signifikan meningkatkan pertumbuhan, hasil panen, dan kualitas selada keriting di area perkotaan yang memiliki keterbatasan lahan. Inovasi ini memberikan kontribusi dalam penciptaan ruang hijau baru di kota, mengurangi jejak karbon, dan mendukung ketahanan pangan berkelanjutan.
Keywords	ABSTRACT
<i>Greenhouse Rooftop Hydroponics, Curly Lettuce, Ultra Fine Bubbles Technology</i>	<i>Urbanization and the construction of high-rise buildings in urban areas have resulted in the conversion of agricultural land, which has an impact on the reduction of rice field area and threatens food security. One innovative solution to overcome this problem is to utilize building roofs (rooftops) as agricultural land through hydroponic cultivation. This study</i>

*examines the development of Greenhouse Rooftop Hydroponics integrated with Ultra Fine Bubbles (UFB) technology in the cultivation of curly lettuce (*Lactuca sativa* L.) as an effort to support the second and eleventh points of the Sustainable Development Goals (SDGs), namely Zero Hunger and Sustainable City. UFB technology has been proven to increase the efficiency of oxygen and nutrient absorption by plant roots, increase plant growth, and reduce the risk of root disease. The study was conducted using experimental methods and quantitative approaches. The results showed that the application of UFB technology significantly increased the growth, yield, and quality of curly lettuce in urban areas with limited land. This innovation contributes to the creation of new green spaces in the city, reduces the carbon footprint, and supports sustainable food security.*

1. PENDAHULUAN

Pembangunan gedung-gedung berlantai tinggi di berbagai wilayah perkotaan terus dilakukan dalam menunjang mobilitas sosial ekonomi masyarakat. Fenomena tersebut tidak dapat dilepaskan dari alih fungsi lahan pertanian untuk mewujudkan kegiatan pembangunan. Alih fungsi lahan pertanian menjadi gedung-gedung bertingkat disebabkan oleh beberapa faktor, di antaranya kondisi lahan pertanian yang strategis dan memiliki air tanah dalam jumlah besar. Peristiwa tersebut apabila dibiarkan secara terus menerus, maka akan berdampak pada turunnya produktivitas sektor pertanian akibat berkurangnya luas lahan pertanian. Luas lahan sawah di Indonesia pada tahun 2018 sebesar 7.105.145 hektar atau mengalami penurunan sebesar 1.058.900 hektar dari luas lahan sawah tahun 2017 (Kementerian Pertanian, 2020).

Menurut Salim (2018) sejauh ini, pembangunan ekonomi menjadi fokus utama dan tolak ukur dari sebuah keberhasilan pembangunan di setiap negara. Dampak yang terjadi di lingkungan tidak diperhitungkan dengan matang dan dibiarkan menjadi tanggung jawab masyarakat, sementara pada kondisi di lapangan masyarakat adalah korban langsung maupun tidak langsung dari peristiwa tersebut. Dampak yang diberikan oleh pembangunan ekonomi terhadap masyarakat adalah berkurangnya lahan pertanian dan tercemarnya air akibat polusi. Secara mikro perbedaan antara pembangunan berkelanjutan dengan cara pembangunan sebelumnya adalah proses produksi selama ini yang tidak menggunakan teknologi efisien, bersih dan bahan ramah lingkungan, sudah harus diubah sehingga mampu mewujudkan ketahanan pangan dan kota atau komunitas berkelanjutan.

Keterbatasan lahan pertanian akibat alih fungsi lahan menyebabkan munculnya inovasi-inovasi baru seperti *urban farming* ataupun hidroponik yang memanfaatkan berbagai lokasi, salah satunya *rooftop* gedung-gedung bertingkat. Metode hidroponik banyak digunakan dalam proses budidaya berbagai komoditas pertanian, salah satunya hortikultura. Hortikultura merupakan subsektor pertanian yang terbagi dalam empat kelompok besar, yaitu sayuran, buah-buahan, tanaman biofarmaka, dan tanaman hias. Komoditas hortikultura memiliki potensi dalam mendongkrak perekonomian baik dalam lingkup daerah maupun nasional. Menurut penelitian dari Laili *et al.*, (2023) pemilihan budidaya tanaman menggunakan hidroponik juga bertujuan untuk mencapai *sustainable development goals* (SDGs). Selaras dengan penelitian tersebut, tujuan dari pemberdayaan hidroponik adalah untuk mendukung serta mewujudkan SDGs poin kedua dan kesebelas yaitu *zero hunger* dan *sustainable city*.

Salah satu tanaman hortikultura yang berpotensi untuk dibudidayakan pada *rooftop* adalah selada keriting (*Lactuca sativa* L.). Selada keriting merupakan komoditas sayuran dengan kandungan mineral tinggi seperti mineral kalium, natrium, kalsium, magnesium, fosfor,

zat besi, vitamin A, B, dan C yang baik bagi tubuh manusia (Putra, 2015). Komoditas selada keriting memiliki nilai dan prospek ekonomi cukup tinggi sehingga mampu bersaing baik di pasar domestik maupun internasional. Budidaya tanaman hortikultura dapat dilakukan menggunakan berbagai jenis teknik baik secara konvensional maupun memanfaatkan teknologi. Teknik budidaya konvensional pada komoditas selada keriting masih banyak dijumpai di era saat ini. Namun, teknologi budidaya seperti hidroponik tidak kalah populer pada saat ini. Budidaya selada keriting (*Lactuca sativa* L.) di area rooftop menggunakan teknik hidroponik berperan penting dalam mendukung pencapaian beberapa tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs). Produksi selada dengan menggunakan teknik ini dapat dioptimalkan di wilayah perkotaan yang memiliki keterbatasan lahan, sehingga mendukung sustainable development goals poin dua mengenai tanpa kelaparan. Budidaya ini juga mendukung sustainable development goals poin sebelas mengenai kota dan pemukiman berkelanjutan, dengan memanfaatkan lahan di atap gedung sebagai ruang hijau baru di kota, mengurangi jejak karbon melalui produksi pangan yang lebih dekat dengan konsumen, dan membantu mengatasi efek urban heat island. Melalui integrasi teknologi dan metode budidaya yang efisien, selada keriting hidroponik tidak hanya memberikan hasil panen yang lebih berkualitas, tetapi juga memberikan dampak positif terhadap ketahanan pangan, lingkungan, dan keberlanjutan di kawasan perkotaan.

Penerapan teknologi sebagai optimalisasi dari sistem hidroponik sudah banyak dilakukan. Salah satu inovasi yang dapat diaplikasikan yaitu sistem budidaya hidroponik dengan *Ultra Fine Bubbles Technology* (UFBs-Tec). *Ultra Fine Bubbles Technology* (UFBs-Tec) sangat berpotensi untuk diimplementasikan pada pembudidayaan tanaman dengan tujuan untuk meningkatkan produktivitas (Nurfiana *et al.*, 2023). Hal ini dikarenakan teknologi *Ultra Fine Bubbles Technology* dapat meningkatkan efisiensi penyerapan oksigen dan nutrisi oleh akar tanaman. Salah satu keterbaruan dari inovasi ini dibandingkan dengan sistem budidaya hidroponik konvensional yaitu dengan adanya teknologi UFBs-Tec dapat meningkatkan efisiensi penyerapan oksigen dan nutrisi oleh akar tanaman. Hal ini membuat *Ultra Fine Bubbles Technology* mampu menembus membran sel akar lebih efektif yang bermanfaat untuk meningkatkan transfer oksigen dan nutrisi lebih signifikan dan berdampak pada peningkatan laju fotosintesis serta pertumbuhan tanaman. Sistem budidaya hidroponik dengan menggunakan teknologi *Ultra Fine Bubbles Technology* juga membantu mengurangi risiko penyakit akar yang disebabkan oleh pertumbuhan patogen anaerob, karena teknologi *Ultra Fine Bubbles Technology* mampu meningkatkan kandungan oksigen yang berfungsi untuk menghambat pertumbuhan patogen anaerob. Inovasi sistem budidaya dengan menggunakan teknologi *Ultra Fine Bubbles Technology* mampu menciptakan lingkungan tumbuh yang lebih kondusif bagi tanaman serta mampu mendukung pertumbuhan yang lebih cepat dan produktivitasnya lebih tinggi.

2. METODE

2.1 Pendekatan Eksperimental

Penelitian terkait dengan pengembangan *Greenhouse Rooftop Hydroponic* terintegrasi *Ultra Fine Bubbles Technology* menggunakan pendekatan eksperimental. Metode eksperimental didesain menggunakan *pre-test* dan *post-test design* dengan dua kelompok, dimana satu menggunakan teknologi UFB dan satu tanpa teknologi UFB sebagai kontrol. Pendekatan eksperimental memiliki tujuan mengukur dan mengevaluasi efektivitas teknologi *Ultra Fine Bubbles* (UFB) dalam meningkatkan pertumbuhan selada keriting di sistem hidroponik di atap gedung (*rooftop*). Pengumpulan data dengan metode eksperimental dilakukan secara berkala guna mengamati baik perubahan maupun efek dari penggunaan teknologi UFB. Data yang terkumpul dianalisis untuk melihat perbedaan signifikan antara

kelompok kontrol dan kelompok perlakuan dalam hal pertumbuhan tanaman dan kualitas hasil panen (Montgomery, 2017).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Konsep Inovasi *Greenhouse Rooftop Hydroponics Terintegrasi Ultra Fine Bubbles Technology* Pada Selada Keriting

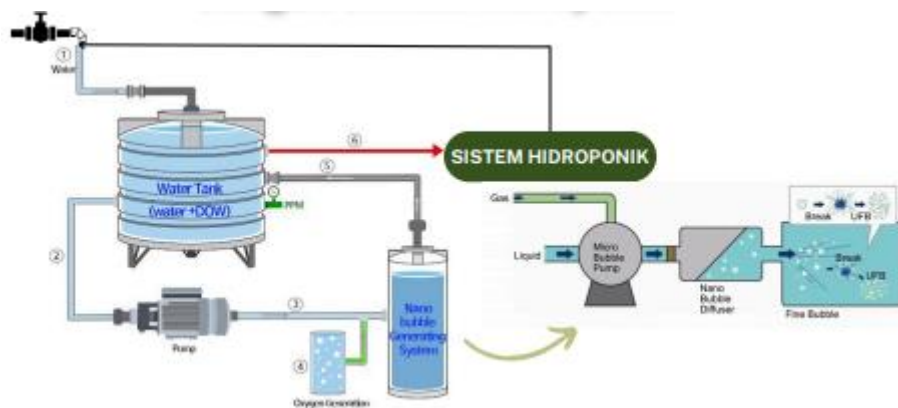
Greenhouse rooftop hydroponics merupakan konsep yang menggabungkan teknologi hidroponik dengan sistem penanaman yang dilakukan di atas atap rumah kaca atau *greenhouse rooftop*. Pemanfaatan *rooftop* sebagai lokasi hidroponik dapat menjadi solusi alternatif bagi permasalahan keterbatasan lahan di perkotaan. Atap bangunan yang sebelumnya tidak digunakan dapat diubah menjadi area pertanian yang produktif. *Greenhouse rooftop* menyediakan lingkungan yang terkendali untuk pertumbuhan tanaman dikarenakan menggunakan struktur atap yang tertutup sehingga suhu, kelembaban, dan pencahayaan dapat dikendalikan sesuai dengan kebutuhan tanaman. Atap berbahan kaca mampu memberikan perlindungan terhadap cuaca ekstrem seperti hujan deras, angin kencang, ataupun panas yang berlebihan. Tanaman di *greenhouse rooftop* lebih aman dari gangguan cuaca yang dapat merusak pertumbuhan dan hasil panen (Bafdal & Ardiansah, 2020).

Budidaya tanaman yang dilakukan pada *greenhouse rooftop* dilakukan menggunakan metode hidroponik. Menurut Mulasari (2018), hidroponik merupakan suatu konsep metode penanaman tanpa media tanah, melainkan menggunakan larutan mineral bernutrisi maupun bahan lain dengan kandungan unsur hara seperti sabut kelapa, serat mineral, pasir, pecahan batu kaca, serbuk kayu, dan lainnya yang menjadi pengganti media tanah. Menurut Aini & Azizah (2018), memperkaya air menggunakan nutrisi-nutrisi seperti yang terdapat dalam tanah merupakan prinsip hidroponik. Tanaman budidaya yang menggunakan tanah sebagai media memperoleh unsur hara dari dalam tanah, sedangkan pada hidroponik, tanaman memperoleh nutrisi dari larutan nutrisi dengan kandungan zat anorganik. Budidaya hidroponik yang dilakukan di *greenhouse rooftop* akan dikombinasikan dengan *Ultra Fine Bubbles Technology* (UFBs-Tec). Kombinasi antara kedua hal ini memungkinkan penggunaan air yang lebih efisien dan pengendalian nutrisi yang lebih baik. *Ultra fine bubble*, juga dikenal sebagai *nanobubble*, adalah gelembung gas dengan ukuran sangat kecil dengan kisaran 100-300 nm. Gelembung ini memiliki daya tahan hidup yang lebih lama dan memiliki kemampuan untuk mengangkut oksigen, nutrisi, dan zat lainnya ke dalam air atau larutan nutrisi (Maia *et al.*, 2021).

Penggunaan *ultra fine bubble* dalam sistem hidroponik selada keriting (*Lactuca sativa L.*) dapat meningkatkan produksi *reactive oxygen species* (ROS) Gelembung halus ini membawa oksigen tambahan ke akar tanaman, memfasilitasi respirasi dan metabolisme yang optimal. Hal ini penting untuk pertumbuhan akar yang sehat dan meningkatkan penyerapan nutrisi oleh tanaman. *Ultra fine bubble* membantu meningkatkan penyerapan nutrisi oleh selada keriting (*Lactuca sativa L.*). Ukuran kecil dan stabilitas gelembung memungkinkan kontak yang lebih efisien antara nutrisi dan akar tanaman, meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi oleh akar. Selain itu, *ultra fine bubble* mampu meningkatkan viabilitas benih yang ditanam secara hidroponik (Sritontip *et al.*, 2018).

3.2 Cara Kerja *Greenhouse Rooftop Hydroponics Terintegrasi Ultra Fine Bubbles Technology* Pada Selada Keriting

Gelembung *ultra fine bubbles* pada dasarnya dibentuk menggunakan perangkat khusus yang disebut generator gelembung (*bubble generator*). Generator gelembung menggunakan tekanan tinggi atau metode elektrohidrodinamik untuk menciptakan gelembung kecil dengan ukuran nano atau mikro. Berikut gambar model untuk penggunaan *ultra fine bubbles* (UFB) pada hidroponik.



Gambar 1. Desain Generator Gelembung

Berdasarkan gambar 1, proses pembuatan gelembung UFBs dengan bantuan generator tersebut terbagi menjadi empat proses, yaitu *pumping*, *suction*, *pressurization*, dan *discharge* (Iqbal, 2018). *Dumping* adalah proses masuknya air yg dialirkan dari ruang pencampuran melalui saluran venturi dengan tekanan sebesar 700 - 730 kPa. *Suction* merupakan proses penghisapan udara melalui saluran pemasukan. Proses ketiga atau *pressurization* adalah proses penurunan tekanan yang disebabkan oleh masuknya air ke dalam ruang pencampuran udara. Proses terakhir, yakni *discharged* merupakan proses pengeluaran air yang sudah mengandung UFB. Proses keempat ini mengakibatkan turunnya tekanan air dan merubah gas yang larut menjadi gas jenuh.

Setelah terbentuk, gelembung *ultra fine bubble* diencerkan dalam larutan nutrisi hidroponik. Hal ini dapat dilakukan dengan menyuntikkan gelembung langsung ke dalam tangki nutrisi atau menggunakan perangkat seperti *diffuser* atau injektor gelembung untuk mendistribusikan gelembung di seluruh sistem hidroponik. Kemudian, gelembung *ultra fine bubble* berinteraksi dengan larutan nutrisi dalam sistem hidroponik. Gelembung ini membawa oksigen dan nutrisi ke dalam larutan nutrisi dan menciptakan aerasi di sekitar akar selada keriting (*Lactuca sativa* L.).

Gelembung *ultra fine bubble* memberikan oksigen tambahan ke akar tanaman dan memfasilitasi penyerapan nutrisi oleh akar. Oksigenasi yang baik meningkatkan pertumbuhan akar, meningkatkan kapasitas penyerapan nutrisi, dan memastikan tanaman mendapatkan nutrisi yang diperlukan. Melalui bantuan gelembung *ultra fine bubble*, pertumbuhan selada keriting (*Lactuca sativa* L.) mengalami peningkatan dibandingkan teknik penanaman pada umumnya. Penyerapan nutrisi yang lebih baik, oksigenasi yang optimal, dan pengendalian penyakit yang lebih baik dapat menyebabkan pertumbuhan yang lebih baik dan hasil panen yang lebih tinggi. Selain itu, oksigenasi yang baik dapat mencegah terjadinya pembusukan pada akar tanaman hidroponik. Sistem ventilasi dan pengatur suhu juga dapat dipasang untuk menjaga kondisi optimal bagi pertumbuhan tanaman.

3.3 Keunggulan Inovasi

Inovasi sistem budidaya hidroponik dengan menggunakan teknologi *Ultra Fine Bubbles Technology* mampu menciptakan lingkungan tumbuh yang lebih kondusif bagi tanaman dan mampu mendukung pertumbuhan yang lebih cepat serta produktivitasnya lebih tinggi (Iswara *et al.*, 2018). Hal ini dikarenakan dengan penggunaan teknologi *UFBs-Tec* dapat meningkatkan efisiensi penyerapan oksigen dan nutrisi oleh akar tanaman. Manfaat meningkatnya efisiensi penyerapan oksigen dan nutrisi oleh akar tanaman, membuat *Ultra Fine Bubbles Technology* mampu menembus membran sel akar lebih efektif yang bermanfaat untuk meningkatkan transfer oksigen dan nutrisi lebih signifikan dan berdampak pada peningkatan laju fotosintesis serta pertumbuhan tanaman. Penggunaan *ultra fine bubbles* pada budidaya selada keriting

hidroponik juga menawarkan keunggulan lain, yaitu gelembung halus yang telah terbukti memiliki sifat antimikroba sehingga mampu mengendalikan hama dan penyakit. Penggunaan teknologi *ultra fine bubbles* dapat mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan fungisida dan pestisida kimia. Penggunaan metode hidroponik dan teknologi *ultra fine bubbles* dapat menekan biaya yang dikeluarkan dalam budidaya selada keriting pada *greenhouse rooftop hydroponics*. Penggunaan metode hidroponik dengan integrasi *ultra fine bubbles (UFB) technology* pada sistem *greenhouse rooftop* dapat mengurangi biaya budidaya selada kering juga mendukung pencapaian *sustainable development goals* (SDGs). UFB membantu mengurangi kebutuhan air dan meminimalkan penggunaan pestisida, menjadikan sistem ini lebih ramah lingkungan dan cocok untuk kota dengan keterbatasan lahan dan air. Dengan menghasilkan pangan lokal berkualitas di wilayah perkotaan, teknologi ini mendukung target *zero hunger* dan kota berkelanjutan, hal ini menghadirkan ketahanan pangan yang lebih baik bagi masyarakat perkotaan di masa depan.

4. KESIMPULAN

Pengembangan *Greenhouse Rooftop Hydroponics* yang terintegrasi dengan teknologi *Ultra Fine Bubbles (UFB)* memberikan dampak positif terhadap pertumbuhan dan produktivitas selada keriting (*Lactuca sativa* L.). Penggunaan teknologi UFB meningkatkan efisiensi penyerapan oksigen dan nutrisi oleh akar tanaman, yang berkontribusi pada peningkatan laju fotosintesis, pertumbuhan, dan hasil panen. Selain itu, sistem ini mampu menciptakan lingkungan pertanian yang lebih kondusif, mengurangi risiko penyakit akar, dan meningkatkan kualitas hasil pertanian. Budidaya selada keriting di rooftop mendukung tercapainya tujuan *Sustainable Development Goals* (SDGs) poin kedua, yaitu Zero Hunger, dengan menghasilkan sumber pangan lokal berkualitas tinggi di wilayah perkotaan. Selain itu, inovasi ini berperan dalam mendukung SDGs poin kesebelas, yaitu *Sustainable City*, dengan memanfaatkan ruang atap untuk menciptakan lahan pertanian baru dan mengurangi dampak lingkungan perkotaan. Integrasi teknologi UFB dalam sistem hidroponik rooftop memiliki potensi besar untuk meningkatkan ketahanan pangan, produktivitas pertanian, dan keberlanjutan perkotaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan Rahmat-Nya, dapat menyelesaikan penulisan jurnal ini. Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam penelitian dan penulisan jurnal ini. Kami juga mengucapkan terima kasih kepada keluarga dan sahabat atas dukungan moril dan motivasi yang selalu menguatkan kami dalam menyelesaikan penulisan jurnal ini. Semoga hasil dari penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang positif bagi bidang penelitian dan menjadi landasan bagi penelitian-penelitian lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, N. & Azizah, N. (2018). *Teknologi Budidaya Tanaman Sayuran Secara Hidroponik*. Malang: UB Press.
https://books.google.co.id/books/about/Teknologi_Budidaya_Tanaman_Sayuran_secar.html?id=lMuEDwAAQBAJ&redir_esc=y
- Bafdal, N. & Ardiansah, I. (2020). *Smart Farming Berbasis Internet Of Things dalam Greenhouse*. Sumedang: Unpad Press.
https://books.google.co.id/books/about/Smart_Farming_Berbasis_Internet_Of_Thing.html?id=3-YSEAAAQBAJ&redir_esc=y

- Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (4th ed.). Thousand Oaks: SAGE Publications.
<https://cumming.ucalgary.ca/sites/default/files/teams/82/communications/Creswell%202003%20-%20Research%20Design%20-%20Qualitative%2C%20Quantitative%20and%20Mixed%20Methods.pdf>
- Iqbal M. 2018. Aplikasi Air Ultrafine Bubble untuk Meningkatkan Viabilitas Benih Padi (*Oryza sativa* L.). *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
<https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/96236>
- Iswara, V., Setiawan, A., Palupi, E. R., & Purwanto, Y. A. (2018). Efektivitas perlakuan ultrafine bubble water dalam mematahkan dormansi benih padi. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 2(3), 132-143. <http://dx.doi.org/10.21082/jpptp.v2n3.2018.p137-143>
- Kementerian Pertanian. (2020). *Statistik Lahan Pertanian Tahun 2015-2019*. Jakarta: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal – Kementerian Pertanian.
[https://satudata.pertanian.go.id/assets/docs/publikasi/Buku Statistik Data Lahan tahun 2015-2019.pdf](https://satudata.pertanian.go.id/assets/docs/publikasi/Buku%20Statistik%20Data%20Lahan%20tahun%202015-2019.pdf)
- Laily, A. N., Kartikasari, A. N., Brilliantisyah, M. A., Fadhiyah, N. N., Mirza, S. R., Dirama, R. P., ... & Nafi'ah, B. A. (2024). Penerapan teknologi tepat guna (penanaman hidroponik menggunakan media tanam) pada komunitas PKK di Bluru Kidul Sidoarjo. *Faedah: Jurnal Hasil Kegiatan Pengabdian Masyarakat Indonesia*, 2(3), 91-99. <https://pbsi-upr.id/index.php/Faedah/article/view/977/785>.
- Maia, J., Qadir, A., Widajati, E., & Purwanto, Y. A. (2021). Teknologi Ultrafine Bubbles untuk Pematahan Dormansi Benih Cendana (*Santalum album* L.). *Jurnal Perbenihan Tanaman Hutan*, 9(1), 26-41.
[https://www.researchgate.net/publication/357461820 Ultrafine Bubbles Technology for Breaking Dormancy of Sandalwood Seeds Santalum album L](https://www.researchgate.net/publication/357461820_Ultrafine_Bubbles_Technology_for_Breaking_Dormancy_of_Sandalwood_Seeds_Santalum_album_L)
- Montgomery, D. C. (2017). *Design and Analysis of Experiments* (9th ed.). Arizona: John Wiley & Sons.
[https://www.researchgate.net/publication/362079778 Design and Analysis of Experiments 9th Edition](https://www.researchgate.net/publication/362079778_Design_and_Analysis_of_Experiments_9th_Edition)
- Mulasari, S. A. (2018). Penerapan Teknologi Tepat Guna (Penanam Hidroponik Menggunakan Media Tanam) Bagi Masyarakat Sosrowijayan Yogyakarta. *Jurnal Pemberdayaan: Publikasi Hasil Pengabdian kepada Masyarakat*, 2(3), 425-430. <https://doi.org/10.12928/jp.v2i3.418>
- Nurfiana, Y., Suhartanto, M. R., Palupi, E. R., & Purwanto, Y. A. (2023). Ultrafine Bubbles Water Priming to Improve Viability and Vigor of Bean (*Phaseolus vulgaris*) seeds. *Journal of Tropical Crop Science*, 10(1), 8-16. <https://j-tropical-crops.com/index.php/agro/article/view/508/200>
- Putra, T. D. (2015). *Hidroponik Wick System: Cara Paling Praktis, Pasti Panen: (Bag. 3)*. Jakarta Selatan: AgroMedia Pustaka.
https://books.google.co.id/books?id=sq1NDQAAQBAJ&pg=PA37&dq=kandungan+selada+keriting&hl=id&newbks=1&newbks_redir=0&sa=X&ved=2ahUKEwiQoNvlg6yJAXXUTGwGHYnOH4QQ6AF6BAgFEAI#v=onepage&q=kandungan%20selada%20keriting&f=false
- Salim. (2018). *Tujuan Pembangunan Berkelanjutan di Indonesia*. Bandung:Unpad Press.
https://sdgcenter.unpad.ac.id/wp-content/uploads/2020/04/Tujuan-Pembangunan-Berkelanjutan-SDGs-di-Indonesia_compressed.pdf.
- Sritontip, C., Phonsaeng, W., Thonglek, V., Dechtummarong, C., & Yoshikawa, K. (2018). The application of micro/nano bubbles to seed germination and seedling growth of Chinese Kale. *Agricultural Science Journal*, 49(1), 37-41.
[https://www.researchgate.net/publication/325795427 The Application of MicroNano Bubble s to Seed Germination and Seedling Growth of Chinese Kale](https://www.researchgate.net/publication/325795427_The_Application_of_MicroNano_Bubble_s_to_Seed_Germination_and_Seedling_Growth_of_Chinese_Kale)
- Wahyudi, T. (2020). *Pengelolaan Komoditas Hortikultura Unggulan Berbasis Lingkungan*. Lombok Tengah: Forum Pemuda Aswaja.
[https://books.google.co.id/books?id=WVsFEAAAQBAJ&pg=PA115&dq=Pengelolaan+Komo-ditas+Hortikultura+Unggulan+Berbasis+Lingkungan&hl=id&newbks=1&newbks_redir=0&sa=X&ved=2ahUKEwit8JO5hKyJAXXm4zgGHY1VNQoQ6AF6BAgMEAI#v=onepage&q=Pen-gelolaan%20Komoditas%20Hortikultura%20Unggulan%20Berbasis%20Lingkungan&f=false](https://books.google.co.id/books?id=WVsFEAAAQBAJ&pg=PA115&dq=Pengelolaan+Komoditas+Hortikultura+Unggulan+Berbasis+Lingkungan&hl=id&newbks=1&newbks_redir=0&sa=X&ved=2ahUKEwit8JO5hKyJAXXm4zgGHY1VNQoQ6AF6BAgMEAI#v=onepage&q=Pen-gelolaan%20Komoditas%20Hortikultura%20Unggulan%20Berbasis%20Lingkungan&f=false)