

TEKNOLOGI HIJAU SKALA RUMAH DALAM MITIGASI IKLIM MIKRO DAN BANJIR

Studi Kasus Kota Ponorogo, Kabupaten Ponorogo

Ellyta Anggraini, Nany Yuliasuti, M A Budihardjo

Universitas Diponegoro

Email: ellyta.anggraini@gmail.com

ABSTRAK

Penduduk dunia diestimasikan mencapai 11,2 milyar di 2100. Urbanisasi yang pesat menyebabkan luas kawasan kedap air meningkat. Pertanian berkembang pesat dalam memenuhi kebutuhan pangan penduduk kota menyebabkan kenaikan suhu lingkungan dan banjir. Perubahan penggunaan lahan di hulu dan peningkatan area kawasan permukiman menyebabkan Kota Ponorogo dilanda bencana banjir setiap tahunnya. Oleh karena itu membutuhkan teknologi hijau dalam memperbaiki iklim mikro dan mengurangi puncak limpasan sebagai wujud mitigasi lahan. Lokasi penelitian berada di Kota Ponorogo Provinsi Jawa Timur. Metode penelitian yang digunakan adalah Deskriptif Metode Campuran. Teknologi yang di studi adalah teknologi hijau skala rumah berupa pemanenan air hujan dan studi literatur pertanian atap. Hasil analisis penelitian menunjukkan untuk tipe rumah 45 di Kota Ponorogo memerlukan penampung air hujan berupa reservoir dengan kapasitas 3 m³ dan dua buah sumur resapan berdiameter 1,2 m dengan kedalaman 3 m. Kemudian pertanian atap yang diadaptasi berupa tumpangsari tanaman sayuran, tanaman obat dan tanaman buah dalam pot.

Kata kunci: sumur resapan, penampung air hujan, pertanian atap

ABSTRACT

The world population is estimated to reach 11.2 billion in 2100. Rapid urbanization causes the increasing of airtight areas. Rapid agricultural development to meet the needs of city residents raises environmental temperatures and floods. Upstream land use changes and an increased residential area cause floods in Ponorogo City. Therefore, green technology is needed to improve the microclimate and reduce peak runoff as mitigating land step. The research location is in Ponorogo City, East Java Province. The research method used is the descriptive mix method. The technology under study is green technology for homes specifically literature on roof farming and rainwater collection. The results of the research analysis show that type 45 houses in Ponorogo City require rain water storage capacity of 3 m³ and two infiltration wells with a diameter of 1.2 m and 3 m depth. Then the agricultural roof was converted into intercropping of vegetable plants, medicinal plants, and fruit plants in pots.

Keywords: infiltration wells, rainwater harvesting, roof farming

PENDAHULUAN

Penduduk dunia diestimasikan sekitar 9 milyar, meningkat sekitar 25 % mencapai 9,8 milyar ditahun 2050 dan 11,2 milyar di 2100 (United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2015). Urbanisasi yang pesat telah menyebabkan pembangunan infrastruktur dan bangunan. Permukaan atap bangunan menutupi sebagian besar wilayah perkotaan, sehingga menyebabkan luas wilayah kedap air semakin besar, yang

kemudian menimbulkan permasalahan lingkungan (Romali et al., 2023). Sebuah Penelitian menganalisis 118 negara antara tahun 1960 dan 2016, menemukan bahwa suhu lebih tinggi berkorelasi dengan tingkat urbanisasi yang lebih tinggi (Helbling & Meierrieks, 2023).

Pertanian berkembang paling cepat di wilayah tropis (Ramankutty et al., 2018). Petani meningkatkan produktivitas melalui intensifikasi pertanian dan manajemen skala untuk memenuhi peningkatan permintaan pangan akibat

pertumbuhan penduduk yang cepat (Liu et al., 2021). Menurut FAO, total luas panen tanaman di negara tropis di tahun 2019 adalah 7,21 juta Km², setara dengan 5,5% dari luas lahan es global, atau 11,5% dari luas lahan area tropis yaitu setara dengan luas benua Australia (Oakley & Bicknell, 2022). Syaukat (2011) memproyeksikan Jawa mengalami krisis pangan yang parah pada tahun 2050 apabila tidak dilakukan mitigasi penggunaan lahan dan perubahan iklim (Marhaento et al., 2018).

Daerah perkotaan pesat dalam pembangunan, sehingga mengakibatkan berkurangnya daerah resapan air tanah. Akibatnya, sejumlah besar air berkualitas baik yang turun di kota-kota diambil dari pengisian ulang karena dialirkan ke sistem drainase kota. Selain itu, jika terjadi hujan ekstrem, sistem drainase akan terendam banjir sehingga menimbulkan bahaya ekologi dan ekonomi (Nachshon et al., 2016). Kabupaten Ponorogo memiliki potensi bencana banjir karena aliran sungainya yang tergolong menengah sampai tinggi dari sungai area hulu (Ghasypham, 2023). Kota Ponorogo setiap tahunnya dilanda bencana banjir karena perubahan penggunaan lahan di hulu (Basthoni, 2020) dan peningkatan area kawasan permukiman.

Solusi Berbasis Alam merupakan intervensi sistemik yang berorientasi pada tindakan, hemat biaya, mudah diadaptasi secara lokal, sesuai dan mendukung kondisi alam untuk penyediaan manfaat lingkungan, sosial dan ekonomi, sehingga secara simultan akan membangun ketahanan (Babi Almenar et al., 2021). NbS dipahami sebagai istilah umum terkait pengembangan konsep hidup bertetangga, hutan kota, *Urban Green Space* (UGS), *Green Blue Infrastructure* (GBI) dan layanan ekosistem (European Commision, 2020). Oleh karena itu artikel ini membahas teknologi hijau skala rumah yang dapat diadaptasi dalam untuk perbaikan iklim mikro, mengurangi puncak limpasan sebagai wujud mitigasi lahan yang memperkuat ketahanan pangan.

METODE

Teknologi hijau yang dibahas adalah pemanenan air hujan skala rumah dan pertanian atap. Lokasi penelitian berada di Kota Ponorogo sehingga dalam proses perencanaan pemanenan air hujan dan pertanian disesuaikan dengan lokasi penelitian. Metode penelitian yang dipakai adalah deskriptif mix method. Metode kuantitatif untuk menghitung kapasitas sumur resapan dan kualitatif dengan studi literatur pertanian atap. Iklim di Kecamatan Ponorogo masuk category C (Sasminto et al., 2014). Berdasarkan klasifikasi Schmidt dan Ferguson maka lokasi penelitian mendukung fungsi hutan rimba sedangkan dari

interpretasi agroklimate Oldeman sesuai untuk pola padi-palawija-palawija.

Sistem pemanenan air hujan merupakan alternatif pasokan air yang berkelanjutan (Garg et al., 2022). Dua jenis metode pemanenan air hujan yaitu penyimpanan air yang dipanen di reservoir dan infiltrasi langsung air yang dipanen ke dalam akuifer (Nachshon et al., 2016). Pada penelitian ini diasumsikan setiap rumah memiliki penampung air hujan berupa reservoir dan sumur resapan.

Sumur resapan dimanfaatkan untuk mengurangi limpasan permukaan dan recharge air hujan ke dalam tanah. Volume lubang pengisian ulang harus cukup untuk menampung semua air yang jatuh di atas daerah tangkapan air dari atap (Garg et al., 2022). Dicari dengan rumus berikut:

$$V = \frac{RAT}{e} \dots\dots\dots (1)$$

dimana: V adalah volume dalam m³, e – rasio rongga lubang pengisian ulang yang diisi kerikil, pasir kasar dan pasir halus, A adalah luas atap dalam m², R mewakili intensitas curah hujan dalam m/jam dan T adalah durasi hujan dalam jam.

Penampung air hujan dalam bentuk reservoir banyak jenisnya. Pada penelitian ini diasumsikan sumur berbentuk tabung. Rumus tabung adalah sebagai berikut:

$$V = \mu^2 r t \dots\dots\dots (2)$$

dimana V adalah volume dalam m³, μ bernilai 3,14, r adalah jari-jari sumur resapan dan t adalah kedalaman sumur resapan. Dipakai diameter 1,2 m sesuai buis beton yang ada di pasaran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem pemanenan air hujan merupakan alternatif pasokan air yang berkelanjutan (Musz-Pomorska et al., 2020). Dua jenis metode pemanenan air hujan yaitu penyimpanan air yang dipanen di reservoir dan infiltrasi langsung air yang dipanen ke dalam akuifer (Nachshon et al., 2016).

Asumsinya mencakup semua air yang jatuh dari area tangkapan air di atap ditampung di struktur pengisi ulang dan tingkat permeabilitas tanah diasumsikan tidak signifikan selama periode pengumpulan. Parameter desain sumur resapan dalam penelitian ini memakai pendekatan rumah tipe 45 m² dianggap model atap datar. Hujan maksimal harian rata-rata 110,61 mm/hari (2016-2020). Hujan di pulau Jawa berdurasi pendek kurang dari 4 jam (Priambodo et al., 2019), dalam penelitian ini dipakai 3 jam sehingga besarnya R dipakai 33,54 mm/jam. Bahan pengisi terdiri dari kerikil, pasir kasar dan pasir halus akan diporsikan sedemikian rupa sehingga porositas berada pada urutan 0,5.

Tabel 1. Perhitungan Kebutuhan Volume Sumur Resapan

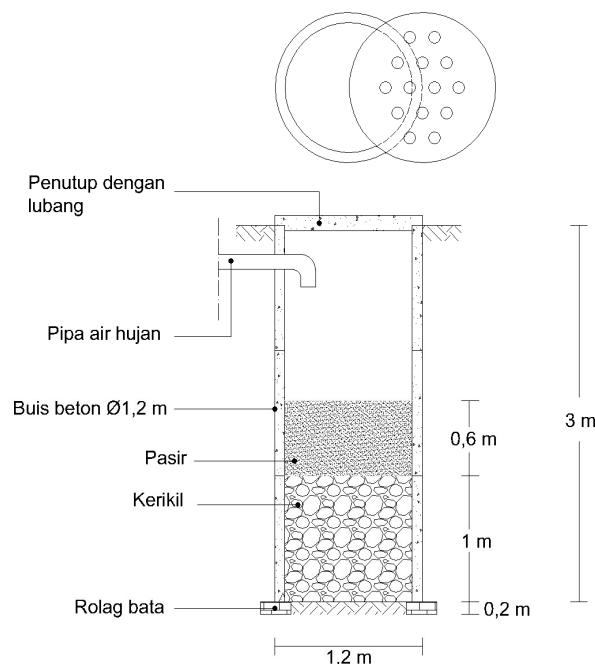
R (m/jam)	A (m ²)	T (jam)	e	V (m ³)
0,03354	45	3	0,5	9,055

Apabila diasumsikan setiap rumah memiliki tampungan air hujan sebesar 3 m³ maka volume sumur resapan yang dibutuhkan adalah 6,055 m³.

Tabel 2. Perhitungan Kedalaman Sumur Resapan

π	r (m)	r ² (m ²)	T (m)
3,14	0,6	0,36	5,35

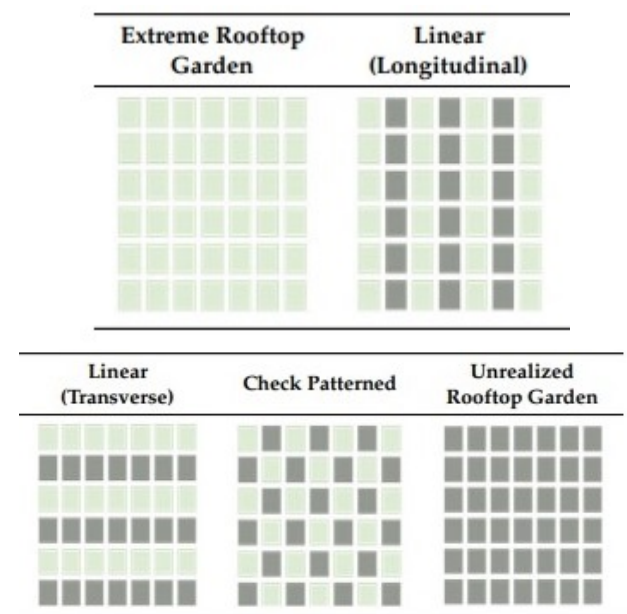
Operasi perhitungan seperti pada tabel 2. Diperoleh kedalaman 5,35 m sehingga dibulatkan menjadi 6. Kemudian desain sebuah sumur resapan seperti pada Gambar 1. Sumur resapan membutuhkan perawatan untuk memastikan tingkat porositas sehingga dibutuhkan dua sumur dengan kedalaman 3 m untuk mempermudah proses perawatan.



Gambar 1. Sumur Resapan

Atap hijau merupakan alat pengelolaan air hujan yang mampu mengurangi volume dan aliran puncak limpasan (Abuseif et al., 2021). Atap hijau juga dikenal sebagai atap bervegetasi, memainkan peran penting dalam meningkatkan ketahanan kawasan perkotaan dalam menghadapi perubahan iklim, tantangan lingkungan dan sosial kontemporer lainnya (Meyer & Trandafir, 2023). Pertanian atap menjadi bagian dari atap hijau, salah satu solusi futuristik yang menjanjikan karena atap merupakan seperempat dari seluruh permukaan perkotaan (Costanzo et al., 2016), merupakan solusi berbasis alam dalam urban resilience (De Filippi et al., 2019).

Pertanian atap mengoptimalkan penggunaan lahan, meningkatkan keuntungan bagi pemilik bangunan, memberikan hasil yang baik per satuan luas, meningkatkan efisiensi penggunaan air, dan mengurangi penggunaan energi sekaligus memitigasi efek pulau panas perkotaan (Drottberger et al., 2023), meningkatkan kondisi lingkungan perkotaan dan menyediakan rekreasi bagi rumah tangga (Quddus, 2022), mendorong keberlanjutan kawasan perkotaan dan menyediakan jasa ekosistem yang lebih baik (Thapa et al., 2020). Air limpasan atap hijau memiliki Ph lebih tinggi dari rata-rata pH air hujan asam yang masuk (Whittinghill et al., 2016) sehingga bermanfaat memperbaiki kualitas air hujan.



Gambar 2. Pola tanam Pertanian Atap Sumber: Kim et al., 2020

Efek dari lima konfigurasi taman atap berikut ini dibandingkan: ekstrim, linier (membujur), linier (melintang), kotak-kotak, dan atap tanpa kebun. Kebun ekstrim dan linier (membujur) mencapai penurunan suhu maksimum, $-0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, sedangkan penurunan terendah sebesar $-0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ dicapai dengan pola kotak-kotak (Kim et al., 2020).



Gambar 3. Jenis Sayur yang dibudidaya masyarakat Ponorogo

Jenis intensifikasi pada pertanian atap antara lain dengan tumpangsari. Tumpangsari adalah sistem budidaya tanaman dimana lebih dari satu tanaman ditanam dalam satu area dengan tujuan memaksimalkan fungsi lahan dengan harapan produktivitas dan pendapatan meningkat (Raditya Warman & Kristiana, 2018). Berikut adalah beberapa pola tumpangsari yang bisa digunakan: jagung manis (*Zea mays saacharata sturt*), buncis tegak (*Phaseolus vulgaris* L) dan brokoli (*Brassica oleracea*) (Zannah & Sitawati, 2020), kedelai (*Glycine max* L.) dan jagung (*Zea mays*) (Elisabeth & Harsono, 2020), tumpangsari antara kacang hijau (*Vigna radiata*), bunga matahari (*Helianthus annuus* L.) dan bawang daun (*Allium fistulosum*) (Siagian et al., 2020), kubis (*Brassica oleracea* var *capitata*) dengan bayam (*Amaranthus spp.*) (Yulianto et al., 2022) cabai (*Capsicum frutescens*), bawang daun (*Allium fistulosum*) dan kacang panjang (*Vigna unguiculata* ssp. *Sesquipedalis*) (Farahdiba et al., 2023), ubi jalar (*Ipomea batatas* L.) (Huang & Chang, 2021).

Indonesia memiliki keanekaragaman hayati yang sangat tinggi sehingga kaya akan berbagai tanaman obat yang berpotensi untuk dikembangkan dan dimanfaatkan secara optimal. TOGA (Tanaman Obat Keluarga) merupakan salah satu jenis tanaman obat yang mempunyai khasiat sebagai obat, perawatannya mudah dan biayanya relatif murah (Azwar et al., 2022). TOGA merupakan obat alternatif keluarga yang aman karena jarang menimbulkan efek samping, mudah diolah dan dikonsumsi untuk pertolongan pertama pada kasus

penyakit ringan seperti demam dan batuk, atau membantu menjaga stamina (Puspitasari et al., 2021), meningkatkan perekonomian hijau (Dinata & Permata Sari, 2021).

Herbal berbasis rimpang seperti lengkuas (*Alpinia galanga*), temu kunci (*Boesenbergia rotundus*) dan kencur (*Kaempferia galanga*) diminati karena berfungsi ganda sebagai rempah bumbu masakan. Muhlisah (2006) dalam (Fitria Hansyah Fatmasari et al., 2022), menyatakan beberapa tanaman yang bisa diadaptasi untuk pertanian atap antara lain: sirih (*Piper betle* lin), kunyit (*Curcuma longa*), jahe (*Zingiber officinale*), temulawak (*Curcuma zanthorrhiza*), kembang sepatu (*Hibiscus rosa sinensis*), daun dewa (*Gynura divaricata*), sambiloto (*Andrographis paniculata*), beluntas (*Pluchea indica*), jambu biji (*Psidium guajava*), belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi*), bunga kenop (*Gomphrena globosa*), cengkeh (*Syzgium aromaticum*), delima (*Punica granatum*), jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*), kumis kucing (*Orthosiphon aristanthus*), manggis (*Garcinia mangostana*) dan tomat (*Lycopersycum esculentum* L).



Gambar 4. Jenis buah yang dibudidaya dalam pot

Pemanfaatan lahan sempit untuk pengembangan pertanian banyak dilakukan, salah satunya budidaya tanaman buah dalam pot (tabulampot) (Utami et al., 2022). Jenis pohon yang cocok untuk tabulampot antara lain: Jambu madu (*Syzygium samarangense*) (Ginting, 2019), manga (*Mangifera indica*), jambu biji (*Psidium guajava*), jeruk (*Citrus grandis*), belimbing (*Averrhoa carambola*), buah naga (*Hylocereus polyrhizus*), kedondong (*Spondias dulcis*), lengkeng (*Dyomocarpus longan*),

nanangka mini (*Artocarpus heterophyllus*), melon (*Cucumis melo*), sawo (*Manilkara zapota*), duku (*Lansium domesticum*), alpukat (*Persea americana*) dan durian (*Durio zibethinus Murr.*) (Butarbutar, 2013).

KESIMPULAN

Hasil penelitian Teknologi Hijau Skala Rumah dalam merencanakan pemanenan air hujan untuk Kota Ponorogo diperoleh untuk rumah tipe 45 memakai penampung air hujan sekurang-kurangnya kapasitas 3 m³ dan dua buah sumur resapan dengan diameter 1,2 m dan kedalaman 3 m. Kemudian dalam praktik pertanian atap diadaptasi dengan tumpangsari tanaman sayur, tanaman obat keluarga dan tabulampot.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih penulis ucapkan untuk Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro yang telah memberikan saran dan kritik selama proses penulisan artikel.

DAFTAR PUSTAKA

- Abuseif, M., Dupre, K., & Michael, R. (2021). The effect of green roof configurations including trees in a subtropical climate: A co-simulation parametric study. *Journal of Cleaner Production*, 317. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128458>
- Azwar, Y., Yanti, N., Hendra, D., Santi, E., Noviyanti, N., & Maisi, I. (2022). Penanaman Tanaman Obat Keluarga (Toga). *Jurnal ABDIMAS-HIP: Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(1), 11–16. <https://doi.org/10.37402/abdimaship.vol3.iss1.162>
- Babi Almenar, J., Elliot, T., Rugani, B., Philippe, B., Navarrete Gutierrez, T., Sonnemann, G., & Geneletti, D. (2021). Nexus between nature-based solutions, ecosystem services and urban challenges. *Land Use Policy*, 100, 104898. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104898>
- Basthoni, M. K. R. (2020). Analisis Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit Banjir Sub-Sub DAS Keyang-Slahung-Tempuran (KST). *TERAS JURNAL*, 10(2), 189. <https://doi.org/10.29103/tj.v10i2.309>
- Butarbutar, Y. L. K. (2013). TABULAMPOT: SOLUSI PERTANIAN DI PERKOTAAN. *Pertanian*, 43. [file:///E:/download opo ae/125-Article Text-455-1-10-20180605.pdf](file:///E:/download%20opo%20ae/125-Article%20Text-455-1-10-20180605.pdf)
- Costanzo, V., Evola, G., & Marletta, L. (2016). Energy savings in buildings or UHI mitigation? Comparison between green roofs and cool roofs. *Energy and Buildings*, 114, 247–255. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.04.053>
- De Filippi, F., Letizia, F., & Saporito, E. (2019). Rooftop farming in Buenos Aires: Nature-based solutions for urban resilience. *Sustainable Mediterranean*
- Construction*, 2019(N9), 137–141.
- Dinata, V. C., & Permata Sari, D. A. (2021). REVITALISASI KONSERVASI TOGA (Tanaman Obat Keluarga) UNTUK MEMBANGUN WISATA EDUKASI DALAM MENINGKATKAN EKONOMI HIJAU. *Jurnal ABDI: Media Pengabdian Kepada Masyarakat*, 7(1), 36. <https://doi.org/10.26740/ja.v7n1.p36-43>
- Drottberger, A., Zhang, Y., Yong, J. W. H., & Dubois, M. C. (2023). Urban farming with rooftop greenhouses: A systematic literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 188(May), 113884. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113884>
- Elisabeth, D. A. A., & Harsono, A. (2020). Keunggulan Ekonomis Tumpangsari Kedelai dengan Jagung di Lahan Kering Iklim Kering. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 4(1), 53. <https://doi.org/10.21082/jpptp.v4n1.2020.p53-62>
- European Commision. (2020). *EVALUATING THE IMPACT OF NATURE-BASED SOLUTIONS* (1st ed.). European Union. <https://doi.org/10.2777/2498>
- Farahdiba, D., Husni, H., & Sapdi, S. (2023). Komparasi Keanekaragaman Hymenoptera Parasitoid Pada Pertanaman Cabai Merah (*Capsicum annum* L.) Sistem Monokultur Dan Tumpangsari. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 8(1), 494–506. <https://doi.org/10.17969/jimfp.v8i1.24533>
- Fitria Hansyah Fatmasari, F. H. F., Trismarwati, D., Maharani Putri, F., Fadhillah, M. A., & Zufriada, A. (2022). PENYULUHAN BUDIDAYA TANAMAN TOGA DI DESA KEPATIHAN TULANGAN SIDOARJO. *Jurnal Penamas Adi Buana*, 6(01), 45–52. <https://doi.org/10.36456/penamas.vol6.no01.a4971>
- Garg, V., Bansal, A. K., & Dubey, M. K. (2022). Design of Rain Water Harvesting Structure for Engineering Block. *Ecological Engineering and Environmental Technology*, 23(1), 261–266. <https://doi.org/10.12912/27197050/143383>
- Ghasypham, Z. D. (2023). RANCANG BANGUN DETEKSI KETINGGIAN DAN DEBIT AIR PADA PERTEMUAN TIGA ALIRAN SUNGAI BERBASIS INTERNET OF THINGS. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 11(3s1). <https://doi.org/10.23960/jitet.v11i3s1.3564>
- Ginting, N. M. (2019). 'TABULAMPOT' TEKNIK BUDIDAYA USAHATANI JAMBU AIR MADU DELI HIJAU. *Musamus Journal of Agribusiness*, 1(2), 46–52. <https://doi.org/10.35724/mujagri.v1i2.1821>
- Helbling, M., & Meierriecks, D. (2023). Global warming and urbanization. *Journal of Population Economics*, 36(3), 1187–1223. <https://doi.org/10.1007/s00148-022-00924-y>
- Huang, A., & Chang, F. J. (2021). Article prospects for rooftop farming system dynamics: An action to stimulate water-energy-food nexus synergies toward green cities of tomorrow. *Sustainability (Switzerland)*, 13(16). <https://doi.org/10.3390/su13169042>
- Kim, J., Lee, S. Y., & Kang, J. (2020). Temperature reduction effects of rooftop garden arrangements: A case study of Seoul National University. *Sustainability (Switzerland)*, 12(15). <https://doi.org/10.3390/su12156032>
- Liu, L., Zheng, X., Wei, X., Kai, Z., & Xu, Y. (2021). Excessive application of chemical fertilizer and organophosphorus pesticides induced total

- phosphorus loss from planting causing surface water eutrophication. *Scientific Reports*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02521-7>
- Marhaento, H., Booi, M. J., & Hoekstra, A. Y. (2018). Hydrological response to future land-use change and climate change in a tropical catchment. *Hydrological Sciences Journal*, 63(9), 1368–1385. <https://doi.org/10.1080/02626667.2018.1511054>
- Meyer, N., & Trandafir, S. (2023). Public attitudes and preferences for green rooftop technologies in the US: a choice experiment. *Agricultural and Resource Economics Review*, 52(2), 320–346. <https://doi.org/10.1017/age.2023.17>
- Musz-Pomorska, A., Widomski, M. K., & Golebiowska, J. (2020). Financial sustainability of selected rain water harvesting systems for single-family house under conditions of Eastern Poland. *Sustainability (Switzerland)*, 12(12), 4853. <https://doi.org/10.3390/SU12124853>
- Nachshon, U., Netzer, L., & Livshitz, Y. (2016). Land cover properties and rain water harvesting in urban environments. *Sustainable Cities and Society*, 27, 398–406. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.08.008>
- Oakley, J. L., & Bicknell, J. E. (2022). The impacts of tropical agriculture on biodiversity: A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 59(12), 3072–3082. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14303>
- Priambodo, S., Suhardjono, Montarich, L., & Suhartanto, E. (2019). Hourly rainfall distribution patterns in Java island. *MATEC Web of Conferences*, 276, 04012. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201927604012>
- Puspitasari, I., Sari, G. N. F., & Indrayati, A. (2021). Pemanfaatan Tanaman Obat Keluarga (TOGA) sebagai Alternatif Pengobatan Mandiri. *Warta LPM*, 24(3), 456–465. <https://doi.org/10.23917/warta.v24i3.11111>
- Quddus, A. (2022). Rooftop gardening in the globe: advantages and challenges. *Horticulture International Journal*, 6(3), 120–124. <https://doi.org/10.15406/hij.2022.06.00253>
- Raditya Warman, G., & Kristiana, R. (2018). Mengkaji Sistem Tanam Tumpangsari Tanaman Semusim. *Proceeding Biology Education Conference*, 15(1), 791–794.
- Ramankutty, N., Mehrabi, Z., Waha, K., Jarvis, L., Kremen, C., Herrero, M., & Rieseberg, L. H. (2018). Trends in Global Agricultural Land Use: Implications for Environmental Health and Food Security. In *Annual Review of Plant Biology* (Vol. 69). <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042817-040256>
- Romali, N. S., Suzany, M. N., & Shahid, K. A. (2023). Green Roof for Stormwater Runoff Control: A Review. *AIP Conference Proceedings*, 2688. <https://doi.org/10.1063/5.0111739>
- Sasminto, R. A., Sutanahaji, A. T., & Rahadi W., J. B. (2014). Analisis Spasial Penentuan Iklim Menurut Klasifikasi Schmidt-Ferguson dan Oldeman di Kabupaten Ponorogo. *Jurnal Sumber Daya Alam Dan Lingkungan*, 1(1).
- Siagian, L., Wilyus, & Nurdiansyah, F. (2020). Penerapan Pola Tanam Tumpangsari Dalam Pengelolaan Hama Tanaman Kacang Hijau (*Phaseolus radiatus* L.). *Jurnal Agroecotania: Publikasi Nasional Ilmu Budidaya Pertanian*, 2(2), 32–42. <https://doi.org/10.22437/agroecotania.v2i2.8739>
- Thapa, S., Nainabasti, A., Acharya, S., Rai, N., & Bhandari, R. (2020). Rooftop Gardening as A Need for Sustainable Urban Farming: A case of Kathmandu, Nepal. *International Journal of Applied Sciences and Biotechnology*, 8(2), 241–246. <https://doi.org/10.3126/ijasbt.v8i2.29592>
- United Nations Department of Economic and Social Affairs. (2015). *International Migration Report 2015*. <https://doi.org/ST/ESA/SER.A/384>
- Utami, S. S., Endah, R., Yeni, I. K., & Widowati, R. (2022). Urban Farming dengan Budidaya Tabulampot Jambu Air Pendahuluan. *Journal of Community Services*, 2(2), 59–67.
- Whittinghill, L. J., Hsueh, D., Culligan, P., & Plunz, R. (2016). Stormwater performance of a full scale rooftop farm: Runoff water quality. *Ecological Engineering*, 91, 195–206. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.01.047>
- Yulianto, F., Khomarudin, M. R., Hermawan, E., Nugroho, N. P., Chulafak, G. A., Nugroho, G., Nugroho, U. C., Suwarsono, Fitriana, H. L., & Priyanto, E. (2022). Spatial and temporal distribution of estimated surface runoff caused by land use/land cover changes in the upstream Citarum watershed, West Java, Indonesia. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 9(2), 3293–3305. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2022.092.3293>
- Zannah, M., & Sitawati, S. (2020). Pengaruh Keragaman Tanaman Sela pada Tanaman Kubis Bunga (*Brassica oleracea* var. botrytis L.) terhadap Pertumbuhan dan Hasil dalam Sistem Rooftop Garden. *PLANTROPICA: Journal of Agricultural Science*, 5(2), 171–178. <https://doi.org/10.21776/ub.jpt.2020.005.2.9>