

## ANALISIS KONSEP GREEN ROOF DAN PEMODELAN DESAIN SEDERHANA

Yuhana Rahayu

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat

Jl. Jend. A. Yani KM.36, Banjarbaru, 70714, Kalimantan Selatan

Surel: <sup>1</sup> 1810815220017@mhs.ulm.ac.id

### ABSTRAK

*Pembangunan secara terus-menerus di Indonesia menyebabkan Indonesia kekurangan lahan untuk Ruang Terbuka Hijau di daerah perkotaan. Hal ini memicu para kontraktor atau pun perancang desain bangunan memikirkan berbagai cara untuk mengatasi hal tersebut. Konsep green roof hadir untuk mengatasi permasalahan tersebut. Green roof merupakan konstruksi bangunan dimana terdapat media tanam dan vegetasi pada atap. Artikel ini bertujuan untuk menganalisis keefektifan pengaplikasian konstruksi green roof dan mengolah desain permodelan yang memungkinkan untuk diterapkan di Indonesia yang merupakan kawasan yang dilalui garis khatulistiwa. Metode penulisan artikel ini adalah dengan menganalisis hasil pengaplikasian green roof di Indonesia maupun luar negeri, kemudian dilakukan wawancara dengan kontraktor bangunan. Hasil dari penelitian ini yakni green roof efektif dan memiliki banyak manfaat sehingga green roof dapat menjadi jawaban bagi permasalahan lingkungan baik itu di Indonesia maupun di luar Indonesia serta mampu mereduksi suhu termal di Indonesia yang merupakan negara yang dilalui garis khatulistiwa.*

**Kata Kunci:** green roof, manfaat, pemodelan desain

### ABSTRACT

*Continuous development in Indonesia causes Indonesia to lack land for green open spaces in urban areas. This triggers the contractors or building design designers to think of various ways to overcome this. The green roof concept is here to overcome these problems. Green roof is a building construction where there is a planting medium and vegetation on the roof. This article aims to analyze the effectiveness of the application of green roof construction and to develop a possible modeling design in Indonesia, which is an area traversed by the equator. The method of writing this article is by analyzing the results of the application of green roofs in Indonesia and abroad, then conducting interviews with building contractors. The results of this study are that green roofs are effective and have many benefits so that green roofs can be the answer to environmental problems both in Indonesia and outside Indonesia and are able to reduce thermal temperatures in Indonesia, which is a country passed by the equator.*

**Keywords:** green roof, benefit, design modelling

### PENDAHULUAN

Pembangunan secara terus-menerus di Indonesia terlebih di daerah perkotaan atau pun di daerah yang tengah berkembang menyebabkan terbatasnya jumlah lahan yang dapat dijadikan Ruang Terbuka Hijau (RTH) terlebih di daerah perkotaan. Hal ini menyebabkan tingkat pemanasan global meningkat. Fenomena ini juga diakibatkan karena kurangnya vegetasi yang mampu menyerap energi panas di permukaan bumi. Selain itu, akan banyak permasalahan-

permasalahan yang ditimbulkan yang dapat mengancam keberlangsungan hidup permukaan bumi bagi generasi mendatang.

Beberapa instansi atau pun individu tengah banyak memperbincangkan konsep-konsep yang kiranya dapat mengatasi permasalahan tersebut. Mulai dari konsep green arsitektur hingga pembuatan konstruksi yang lebih spesifik dalam pengerjaannya dengan konsep *green building*, seperti *green roof*. Green roof sendiri merupakan salah satu turunan dari prinsip *sustainability* atau prinsip keberlanjutan.

Menurut Nabilla, *et.al* (2018), konsep sustainability memiliki capaian yang ingin didapatkan dari proses penerapannya. Capaian konsep sustainability adalah tepat guna lahan, hemat energi, lansekap pada lahan, konservasi energi dengan pengkondisian udara buatan dan peralatan hemat energi, konservasi air dengan efisiensi, penghematan, dan daur ulang air. Selain itu kenyamanan pengguna bangunan seperti kendali asap rokok dalam ruangan, kenyamanan udara dan pencahayaan dalam ruang. Serta capaian terbaik bagi pengguna bangunan adalah perilaku hemat energi dan peduli lingkungan seperti meminimalkan penggunaan listrik dan air serta mengurangi produksi sampah pribadi, seperti menggunakan ulang kertas bekas sebelum dibuang.

Konsep green roof baru mulai muncul di Indonesia beberapa tahun belakangan ini yang mana memiliki kaitan dengan konsep sustainability atau prinsip keberlanjutan. Konsep sustainability yaitu kemampuan berbagai macam sumber daya di bumi ini dengan sistem budaya manusia ekonomi beserta adaptasinya dalam menghadapi kondisi lingkungan yang terus berubah. Tujuan dari pengaplikasian green roof menurut Makarim, *et.al* (2019), antara lain sebagai penyerap air hujan, menyediakan zona isolasi, menciptakan habitat pada satwa liar, membantu meredakan polusi udara dan suara, serta mengurangi efek dari pemanasan global.

Green roof juga disebut dengan sebutan *eco-roofs*, *oikosteges*, *vegetated roofs*, dan *living roofs*. Menurut Nuraini, *et.al* (2017), green roof dirancang dengan konsep arsitektur yang mampu memiliki nilai estetika dan terlihat menyatu dengan alam.

Menurut Berndtsson (2010) manfaat aplikasi green roof pada area tangkapan air adalah melemahkan limpasan air hujan, mengurangi kebisingan dan polusi udara, serta melestarikan margasatwa dan keanekaragaman hayati. Sedangkan beberapa manfaat lain menurut Kanter (2005), menciptakan pemandangan kota yang indah dan nyaman, membuat kota lebih sehat, menciptakan living space dan tempat rekreasi bagi masyarakat, menciptakan ruang untuk istirahat dan relax, meningkatkan kualitas air dan udara, menciptakan bangunan ekologi, mengurangi biaya pemeliharaan atap, serta mencegah radiasi ultraviolet dan perubahan suhu secara ekstrim di sekitar bangunan.

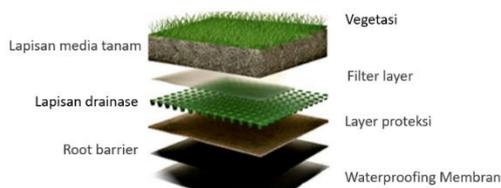
Manfaat berupa mengurangi limpasan juga diperkuat dengan adanya penelitian dari Safitri, *et.al* (2015) yang menyatakan bahwa pengurangan limpasan pada green roof dikarenakan adanya peningkatan penyimpanan air pada substrat dan evapotranspirasi pada vegetasi. Green roof juga dapat mengurangi tingkat panas pada bangunan, pada suatu penelitian (Rahman, 2013), dijelaskan bahwa kajian yang dilakukan pada dua model atap dengan suhu lingkungan 40,1°C dihasilkan pengukuran suhu pada atap konvensional adalah sebesar 39,7°C sedangkan pada atap tumbuhan (green roof) adalah sebesar 30,7°C. Menurut Sohaili, *et.al* (2018), meningkatkan kualitas udara pada green roof yaitu dengan menyerap zat kimia sebaran polutan, seperti mereduksi kandungan sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), amonia (NH<sub>3</sub>), nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>), ozon (O<sub>3</sub>), dan karbon monoksida (CO). Hal ini juga diperkuat dengan pernyataan Agustia, *et.al* (2017), yang menyatakan bahwa green roof mampu mereduksi suhu, pH, sulfat, dan amonia.

Klasifikasi tipe green roof berdasarkan ketebalan media tanam dan tinggi rendahnya intensitas pemeliharaan terbagi menjadi tiga, yaitu *extensive green roof*, *semi intensive green roof*, dan *intensive green roof*.

- 1) *Extensive green roof* merupakan tipe green roof yang memiliki ketebalan media tanam paling tipis, yaitu kurang dari 15 cm. Tipe ini dapat diterapkan untuk individu yang memiliki banyak aktivitas sehingga dalam pemeliharaannya tidak banyak memakan waktu.
- 2) *Semi intensive green roof* merupakan tipe green roof yang memiliki ketebalan media tanam 15<x<20 cm. Tipe ini dapat ditanami berbagai macam vegetasi yang lebih dekoratif. Dalam pembuatan konstruksinya diperlukan struktur bangunan yang lebih kuat dan berat.
- 3) *Intensive green roof* merupakan tipe green roof yang memiliki ketebalan terbesar daripada tipe lainnya, yaitu lebih dari 20 cm. Dikarenakan tingkat ketebalan yang tinggi, tipe ini dapat ditanami berbagai jenis bunga, rumput, hingga pohon. Tipe ini memerlukan konstruksi yang lebih kuat yang dapat menampung beban berat lapisan green roof dan berbagai macam vegetasi di atasnya. Selain itu, tipe green roof ini memerlukan adanya sistem pengairan agar vegetasi dapat bertahan hidup.

Menurut Apriyanti (2018), berdasarkan tingkat peranannya, green roof dibagi menjadi tiga jenis, yakni atap intensif, ekstensif, dan biodiversal atau atap coklat.

- Atap hijau intensif, memiliki ketebalan lapisan media tanam lebih dari 20 cm. Media tanam yang digunakan pada jenis green roof ini adalah tanah yang subur dan mampu digunakan untuk menanam berbagai jenis vegetasi. Atap jenis ini biasanya diaplikasikan di atap rumah, bangunan, kampus, atau pun gedung pertunjukan.
- Atap hijau ekstensif, memiliki ketebalan kurang dari 15 cm. Atap ini tidak memerlukan media yang sangat subur, hanya memerlukan tanah yang semi subur untuk menanam rumput. Atap ini tidak digunakan untuk diinjak karena lapisannya yang tipis.
- Atap coklat atau biodiversal, merupakan atap yang dibuat dengan sengaja untuk menumbuhkan tanaman liar. Atap ini dirancang sebagai atap modern yang mengedepankan kealamian suatu alam. Sehingga pada atap tersebut tidak hanya berisi tanah dan tanaman, tetapi berisi binatang seperti serangga dan binatang yang jarang diinginkan. Atap ini menggunakan media tanam berupa lapisan tanah yang tipis dan dilengkapi dengan pasir dan batu-batuan.



Gambar 1. Lapisan-lapisan konstruksi pada Green Roof

Menurut Wibowo (2017), lapisan konstruksi green roof secara umum terdiri atas plat lantai beton, water proof membrane, drain mat, filter cloth, growing medium, dan tanaman atau vegetasi. Plat lantai beton difungsikan sebagai alas atau struktur atap. Water proof membran merupakan lapisan atau layer yang menutupi keseluruhan permukaan atap yang difungsikan sebagai lapisan anti air. Drain mat adalah lapisan yang difungsikan sebagai tempat pergerakan aliran air dari sistem pengairan pada green roof. Filter cloth merupakan lapisan untuk memisahkan lapisan drain mat dengan lapisan media tanam. Growing medium merupakan lapisan media tanam yang dapat ditumbuhi vegetasi. Kemudian lapisan paling

atas pada konstruksi green roof, yaitu vegetasi berupa tanaman, rumput, bunga, atau pun pepohonan.

Penggunaan green roof di Indonesia dapat dikatakan hanya sedikit. Bahkan di beberapa provinsi ada yang sama sekali belum menerapkan konsep green roof. Padahal banyak manfaat yang dapat diambil jika penerapan green roof dapat dioptimalkan. Seperti di daerah yang dilalui garis khatulistiwa. Jika daerah tersebut menerapkan konsep green roof, maka kemungkinan daerah tersebut terkena kekeringan saat musim kemarau akan sedikit teratasi karena green roof pada dasarnya dapat digunakan sebagai area resapan air hujan. Selain itu ketika di musim penghujan, green roof dapat mengurangi intensitas air yang masuk ke sistem drainase sehingga dapat mengendalikan banjir di daerah-daerah tersebut. Konsep pengaplikasian green roof juga dapat kita padukan dengan sensor-sensor yang mampu melakukan proses penyiraman tanaman secara otomatis.

Penulisan artikel ini bertujuan untuk mencari solusi atau jawaban dari menipisnya lahan RTH di Indonesia. Terlebih pada daerah perkotaan.

## METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dengan mengkaji penelitian-penelitian serupa dan relevan. Dari hasil kajian tersebut dianalisis secara deskriptif. Kemudian dilanjutkan dengan melakukan wawancara dengan pihak kontraktor dan arsitektural desain bangun. Kemudian disimpulkan dari hasil kajian dan pernyataan narasumber. Artikel ini ditulis secara sistematis dengan metode naratif deskriptif.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Bahasa, Satuan, dan Persamaan

Penerapan green roof sudah dilakukan di beberapa tempat di dunia, seperti di Singapura, Jepang, dan beberapa di negara maju lainnya. Bahkan di Indonesia, tepatnya di perpustakaan Universitas Indonesia juga sudah menerapkan konsep green roof. Menurut Cahyani (2018), penerapan green roof di perpustakaan Universitas Indonesia ini bertujuan untuk memberikan kenyamanan kepada para pengunjung perpustakaan saat belajar maupun membaca buku. Konsep green roof sangat bertanggung jawab terhadap lingkungan dengan cara mengoptimalkan pemanfaatan energi, air, dan sumber daya alam secara efisien.



Gambar 2. Perpustakaan Universitas Indonesia, Depok

Dalam penerapannya, perpustakaan yang terletak di dekat danau yang memiliki luas bangunan sekitar 3 hektar ini terdiri dari 8 lantai. Konsep green roof ini selain dapat mengurangi tingkat panas dalam ruangan, juga berfungsi meredam kebisingan dari kondisi sekitarnya.



Gambar 3. Sistem drainase dan skylight di perpustakaan UI

Kemudian penggunaan skylight pada bagian atap juga memiliki fungsi yaitu sebagai sumber pencahayaan secara alami. Sehingga penerapan green roof dengan skylight sangat mampu mereduksi pemakaian energi di perpustakaan tersebut. Selain itu, air buangan toilet dapat digunakan kembali setelah dilakukan pengolahan untuk menyiram di punggung-punggung bangunan perpustakaan yang merupakan lapisan vegetasi di bangunan ini.



Gambar 4. Interior material batu andesit di perpustakaan UI

Bangunan perpustakaan UI juga dirancang dengan penggunaan material batuan andesit pada eksteriornya dan batu paliman palemo pada interiornya tanpa dilakukan pengecatan. Batuan andesit diketahui merupakan suatu material *thermal mass* yang memiliki kemampuan menghambat perpindahan panas yang masuk ke dalam bangunan. Interior bangunan perpustakaan UI didesain terbuka dan menyambung satu ruang dengan ruang yang lain melalui system void untuk memaksimalkan proses sirkulasi udara secara alami. Penggunaan energi matahari yang diterima bangunan ini akan ditangkap melalui solar cell yang dipasang di atap bangunan.

Selain itu penelitian yang dilakukan oleh Nur'aini (2017), di Nanyang Technological University (NTU) yang merupakan salah satu universitas terkemuka di dunia memiliki lahan 200 hektar, berlokasi di pinggir barat daya Singapura. Bangunan ini di desain oleh Hoong Bee Lok dari CPG Consultants Pte Ltd, dimana konsep dari bangunan ini adalah hutan yang akan tetap menyatu dengan lanskapnya. Dipadukan dengan material kaca dan rumput sehingga menjadikannya perpaduan yang harmonis. Terdiri dari empat lantai dengan pengaplikasian green roof yang memiliki tingkat kemiringan hampir 45°. Dibentuk dengan konstruksi atap beton bertulang untuk menjadikan struktur alas atap hijau yang kokoh.



Gambar 5. Block Plan Kampus NTU

Konsep green roof pada penerapannya di kampus NTU, selain menjadi fitur estetika juga menjadi penjaga suhu ambien. Dimana vegetasi pada green roof tersebut mampu mengurangi panas dengan menyimpan energi panas tersebut di siang hari yang kemudian dikeluarkannya energi panas tersebut pada malam hari. Hal ini menjadikan penggunaan alat pendingin ruangan dapat dikurangi. Selain itu pemakaian alat penghangat ruang dapat direduksi penggunaannya.



Gambar 6. Penerapan konsep green roof di NTU, Singapura

Green roof yang diterapkan pada kampus ini terdiri dari dua kombinasi jenis rumput yaitu *Zoysia Matrella* dan *Ophiopogon*. Penyiraman dilakukan dengan sistem sprinkler otomatis dari air hujan. Penerapan green roof di Nanyang Technological University dapat menghemat energi hampir 120.000 kWh pertahun dan melakukan proses penyimpanan air bersih mencapai >1.170 m<sup>3</sup>/tahun. Hal ini tentunya mengurangi biaya operasional dan efisien dari segi penggunaan energi di muka bumi.

Selain Nanyang Technological University, di Singapura juga terdapat bangunan lain yang menerapkan konsep green roof, yaitu Marina Barrage. Menurut penelitian Moh, *et.al.* (2009) Marina Barrage merupakan bangunan yang resmi dibuka pada tanggal 1 November 2008. Terdiri dari 9 gerbang air yang terbuat dari baja dengan masing-masing lebar 30 meter dan panjang 350 meter. Gerbang setinggi 5 meter itu dapat diturunkan saat musim kemarau dan berfungsi sebagai penahan saat ombak tinggi. Marina Barrage ini tidak hanya difungsikan sebagai tempat reservoir air tetapi juga dapat dijadikan sebuah tempat wisata.



Gambar 7. Marina Barrage, Singapura

Marina Barrage dapat dikatakan sebagai salah satu rekayasa teknik yang mampu mengatasi permasalahan di Singapura seperti masalah banjir dan minimnya air bersih. Bangunan ini dapat menahan banjir dan gelombang dari laut serta menjadi reservoir air tawar (fresh water) terbesar di Singapura yaitu seluas 10.000 hektare. Marina Barrage memiliki empat fungsi utama yaitu sebagai tempat penampungan air, pengolahan air bersih, pengendali banjir, dan tujuan wisata.

Penggunaan green roof pada bangunan ini adalah untuk nilai estetika dan berpadu dengan alam, selain itu, vegetasi dan lapisan-lapisan dibawahnya dikonstruksi sebagai water catcher untuk proses pendinginan ruangan secara alami dan mengurangi tingkat panas yang diserap beton. Didesain dengan bentuk melengkung dengan tujuan penyerapan sinar matahari oleh selubung bangunan dapat diminimalkan.

Hasil penelitian Galelli dan Goedbloed (2013) menunjukkan bahwa pengaruh penerapan green roof pada bangunan Marina Barrage adalah sebagai pengontrol aliran air dan penggunaan energi, serta pengontrol suplai air minum agar tidak berkurang.

Selain itu menurut Pynkyawati, *et.al* (2015), juga terdapat bangunan Farming Kindergarten yang berlokasi di Dongnai, Vietnam dan kampus PT Dahana yang terletak di kota Subang, Jawa Barat.



Gambar 8. Farming Kindergarten, Vietnam

Bangunan Farming Kindergarten ini dijadikan sebagai *prototype* sekolah untuk edukasi sustainable di iklim tropis juga menjadi pilot project dari LOTUS (*green building rating system* di Vietnam).



Gambar 9. Kampus PT Dahana

Sedangkan Kampus PT Dahana yang merupakan salah satu kampus yang difungsikan sebagai gudang bahan peledak menerapkan konsep green roof dengan adanya konservasi air berupa penggunaan sumber air bersih dari Sungai Cipunegara yang diolah dan dikonsumsi. Selain itu dilakukan pengolahan air hujan pada bangunan Kampus PT Dahana yang dimaksudkan untuk pemanfaatan agar tidak terbuang langsung ke tanah dan untuk penggunaan operasional bangunan seperti flushing toilet, cooling tower, dan menyiram tanaman.

Mengingat Indonesia merupakan negara yang dilalui garis khatulistiwa, maka pada bulan-bulan tertentu Indonesia akan mengalami cuaca yang sangat panas. Dilihat dari fungsi dan manfaat green roof sendiri yang mampu mereduksi tingkat temperatur dalam ruangan, maka sangat dianjurkan untuk menerapkan konsep green roof tersebut. Berikut ini merupakan contoh perancangan sederhana dalam penerapan konsep green roof yang dapat diaplikasikan di beberapa perumahan.



Gambar 10. Desain green roof tampak kiri dengan iso



Gambar 11. Desain green roof tampak depan dengan iso



Gambar 12. Desain green roof tampak atas

Dalam desain tersebut, meskipun tidak menyeluruh dalam pengaplikasian green roof pada permukaan atap tetapi manfaat yang dapat kita ambil tetap ada. Baik itu dalam proses pereduksian kadar ambien disekitar lingkungan yang mengaplikasikan green roof atau pun kadar suhu dalam ruangan.

Menurut Suparwoko, *et.al* (2015), untuk vegetasi pada green roof dapat dikreasikan dengan jenis tanaman yang produktif, seperti sawi atau sayuran tertentu. Selain itu dapat pula kita tanami buah arbei pada green roof atau buah lainnya yang mudah berproduksi. Rancangan tanaman green roof didasarkan pada kekuatan dan pola luasan atap.

Menurut penelitian Muqorrobin, *et.al* (2015), penggunaan *surface irrigation* juga dapat ditambahkan. Hal ini dikarenakan *surface irrigation* merupakan metode penyiraman dimana air mengalir melalui bidang miring membasahi akar tumbuhan dan bagian dalam tanah. *Surface irrigation* juga dapat dengan otomatis melakukan kontrol penyiraman menggunakan sensor kelembaban tanah. Sehingga kebutuhan air bagi tanaman dapat terpenuhi.

Surface irrigation juga memiliki kelebihan yaitu mampu menghemat air dan tanah, hal ini dikarenakan penyiraman dilakukan dengan otomatis dan erosi tanah tidak terjadi. Kemudian sistem surface irrigation juga mampu mengontrol kelembaban tanah dengan sangat baik. Sehingga sistem ini dapat menghemat tenaga pemilik green roof dalam proses perawatan dan penyiraman.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Green roof merupakan suatu konsep konstruksi pada atap yang ditambahkan layer-layer yang memungkinkan untuk ditanami vegetasi. Green roof memiliki manfaat yang bersifat berkelanjutan bagi lingkungan. Beberapa manfaat tersebut adalah meningkatkan kualitas udara dan air, menjadi area resapan air hujan, menyejukkan suhu ruangan, meningkatkan bangunan ekologi, mengurangi biaya pemeliharaan atap dan awet jika konstruksi dilakukan dengan benar. Green roof terbagi menjadi tipe ekstensif, semi intensif, dan intensif. Green roof dapat dirancang pada bidang datar, miring, ataupun di rancangan dengan sistem permodelan seperti terrassing. Perawatan pada green roof yaitu pemupukan, pengairan, dan penanaman kembali. Contoh penerapan green roof yaitu perpustakaan Universitas Indonesia, Universitas Teknologi Nanyang di Singapura, Marina Barrage, Farming Kindergaten, dan Kampus PT Dahana di Jawa Barat. Green roof sangat baik untuk diaplikasikan di Indonesia, terlebih Indonesia merupakan daerah yang dilalui garis khatulistiwa.

### Saran/Rekomendasi

Dikarenakan kurangnya ahli dalam konstruksi green roof, maka sangat kami sarankan untuk mempelajari dan mendalami konsep green roof agar pengaplikasian green roof dapat dengan mudah diterapkan di Indonesia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustia, S., Wirasembada, Y. C., Saptomo, S. K., & Chaidirin, Y. 2017. "Analysis of Rainwater and Runoff Water Quality through The Medium of Sand and Zeolite on Green Roof based on Physical and Chemical Parameters", *Proceeding of International Conference on Green Technology*, 8(2) : 240-246.
- Apriyanti, D. dan Prianto, E. 2018. "Analisa Ekonomi Potensi Penghematan Energi Melalui Penerapan Green Roof (Studi Kasus Gedung Produksi J PT.Phapros Semarang)", *Jurnal Neliti*, 9 : 13-18.
- Berndtsson, J. C. 2010. "Green roof performance towards management of runoffwaterquantity and quality A review," *Ecological Engineering*, 36 : 351-360.
- Cahyani, O. I. 2018. "Penerapan Konsep Green Architecture pada Bangunan Perpustakaan Universitas Indonesia", *Jurnal Ilmiah Desain & Konstruksi*, 17(2) : 76-85.
- Galelli, S., Goedbloed, A., & Schmitter, P. 2013. "Assessing The Effect Of Green Roofs Implementation At The Catchment", *Water Research Conference National University of Singapore*, 1 : 20-23.
- Kanter, R. 2005. *Environmental Almanac: Trees, Green Space, and Human Well-being*, Canada : Toronto Press.
- Makarim, B., Damayanti, B., Chrisvalliando, K., Octa, T., & Septiady, R. 2019. "Penerapan Green Roof pada Perencanaan Gedung Olahraga Universitas Pembangunan Jaya," *Jurnal Widyakal*, 6(1) : 47-53.
- Moh, W. H., & P. L. Su, P. L. 2009. "Marina Barrage A Unique 3 in 1 Project in Singapore Structural Engineering International," *International Association for Bridge and Structural Engineering Journal*, 19(1) : 17-21.
- Muqorrobin, M. I. A., & Chamim, A. N. N. 2015. "Penyiraman Otomatis pada Tanaman Atap Rumpuk Gajah", *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, 18(1) : 83-93.
- Nabilla, S. R., Sari, S. R., & Murtini, T. W. 2018. "Penerapan Green Building di Perkantoran Menara Suara Merdeka, Semarang", *National Academic Journal of Architecture*, 5(2) : 124-134.
- Nur'aini, R. D. 2017. "Analisis Konsep Green Roof pada Kampus School of Art, Design And Media NTU Singapore dan Perpustakaan UI Depok," *Nalars Jurnal Arsitektur*, 16(2) : 161-168.
- Nur'aini, R. D., Hantono, D., Razak, A., & Musyafa, A. 2017. "Aplikasi Green Roof pada Bangunan Marina Barrage Singapore," *Jurnal UMJ*, 5 : 1-6

- Pynkyawati, T., Amiruloh, M., Asvitasari, A., Hakim, N. K., & Ginanjar, E. 2015. "Model Atap Bangunan Ramah Lingkungan Ditinjau dari Pengolah Air Hujan Pada Desain Kampus PT Daan, Subang-Jawa Barat", *Jurnal Reka Karsa Institut Teknologi Nasional*, 3(1) : 1-11.
- Rahman, A. 2013. "Kajian Konsumsi Energi pada Atap Tumbuhan", *Jurnal Sinergi*, 11(1) : 52-62.
- Safitri, L., Berthier, E., Prastowo, & Pandjaitan, N. H. 2015. "Penilaian Kriteria Retensi pada Green Roof", *Jurnal Agroteknose*, 6(2) : 1-23.
- Sohaili, J., Yan, L. K., Muniyandi, S. K., & Mohamada, S. S. 2018. "Urban Heat Island Mitigation Using Green Roof Approach", *Journal Sciences and Engineering*, 80(3) : 61-68.
- Suparwoko & Dewi, P. 2015. "Model Rancangan Rumah Susun di Kampung Wisata Jetisharjo Yogyakarta dengan Pendekatan Green Landscape dan Green Facade", *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 7(2) : 108-122.
- Wibowo, A. P. 2017 "Kriteria Rumah Ramah Lingkungan (Eco-Friendly House)", *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran, dan Ilmu Kesehatan*, 1(1) : 1-10.