

REVIEW: POTENSI MANFAAT APLIKASI GREEN ROOF

***Widyastuti Kusuma Wardhani¹, Ika Rahmawati Suyanto², Sekar Arum Azzahra³**

¹²³Departemen Teknik Sipil, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Indonesia

E-mail: *widyastuti.kusuma.w@ugm.ac.id

ABSTRACT

Recently, The construction industry is growing rapidly in the world, including in Indonesia. The construction of high-rise buildings, industry, and housing certainly has an impact on the environment, one of which is the lack of rain catchment areas. The green building concept is expected to reduce energy consumption significantly through several methods of passive design and active design without sacrificing comfort and productivity due to energy savings. One solution to support the concept of green building is the application of green roofs in buildings. Green roof is a building construction where there is a planting medium and vegetation on the roof. The most important green roof capability is the ability to withstand and hold rainwater, especially in urban areas and reduce energy consumption. This study provides an overview of the differences between extensive and intensive types of green roofs, the potential benefits of green roof applications on water quantity and quality, environmental impacts, opportunities and challenges of green roof applications, and economic benefits. Based on this positive aspect, it can be concluded that green roof is one of solution to reduce the environmental impact of buildings, save money, and save water reserves.

Keywords : Green roof, Water conservation, Run-off water quality, Green Building

ABSTRAK

Sektor industri konstruksi sedang berkembang pesat di dunia termasuk di Indonesia belakangan ini. Pembangunan gedung – gedung tinggi, industri, dan perumahan tentu memiliki dampak terhadap lingkungan, salah satunya ialah makin sedikitnya daerah resapan hujan. Konsep green building yang diharapkan dapat mengurangi konsumsi energi secara signifikan melalui beberapa metode desain pasif dan desain aktif tanpa mengorbankan kenyamanan dan produktivitas akibat penghematan energi. Salah satu solusi untuk mendukung konsep green building adalah pengaplikasian green roof pada gedung. Green roof merupakan konstruksi bangunan dimana terdapat media tanam dan vegetasi pada atap. Kemampuan green roof yang paling penting, yakni mampu kemampuan menahan dan menahan air hujan khususnya di perkotaan serta mengurangi konsumsi energi. Penelitian ini menganalisis beberapa hal mengenai perbedaan dari tipe ekstensif dan intensif green roof, potensial manfaat aplikasi green roof terhadap kuantitas dan kualitas air, dampak terhadap lingkungan, peluang dan tantangan penerapan green roof, serta manfaat dari segi ekonomi. Berdasarkan dari segi positif ini dapat disimpulkan bahwa green roof merupakan solusi untuk mengurangi dampak lingkungan dari bangunan, menghemat uang, dan menyimpan cadangan air.

Kata Kunci : Green roof, Konservasi Air, Kualitas Air Run-off, Green Building

PENDAHULUAN

Perkembangan pembangunan berkelanjutan di dunia yang begitu pesat merupakan salah satu usaha untuk meningkatkan kualitas ekonomi dunia, namun tetap mempertimbangkan aspek lingkungan. Hal tersebut tentunya menjadi tantangan tersendiri di era globalisasi ini. Salah satu penerapan konsep pembangunan berkelanjutan yaitu, bangunan ramah lingkungan atau *Green Building* yang merupakan bukti kemajuan sistem pembangunan di Indonesia. Hal ini ditandai dengan banyaknya pemakaian *Green roof* gedung – gedung tinggi, industri, dan perumahan *elite* sering kita jumpai di berbagai penjuru Indonesia.

Green roof merupakan suatu metode konservasi air hujan yang bertujuan untuk mengatasi permasalahan sempitnya daerah resapan air yang terjadi di daerah domestik. Seperti yang kita lihat, pada awal tahun 2021, bencana banjir terjadi dimana – mana. Bukan hanya curah hujan yang tinggi sebagai masalah utamanya, melainkan hilangnya daerah resapan air yang menjadi penyebab terjadinya banjir. Sehingga pemakaian *green roof* diharapkan dapat meminimalisir permasalahan banjir yang terjadi di daerah domestik.

Pemanfaatan air hujan dengan benar juga merupakan salah satu antisipasi untuk mengurangi jumlah air hujan yang terbuang sia – sia ke sungai. Dengan adanya metode ini di wilayah domestik, diharapkan dapat mengurangi air hujan yang terbuang di wilayah lahan terbatas perkotaan, dan dapat memanfaatkan air hujan menjadi penggunaan air bersih sehari - hari. Dalam review ini akan memberikan penjelasan mengenai teknis aspek dari *green roof*, manfaat implementasi *green roof* dari segi lingkungan termasuk pengurangan polusi, penghematan energi, manajemen air hujan dari segi kuantitas dan kualitas serta dari aspek ekonomi.

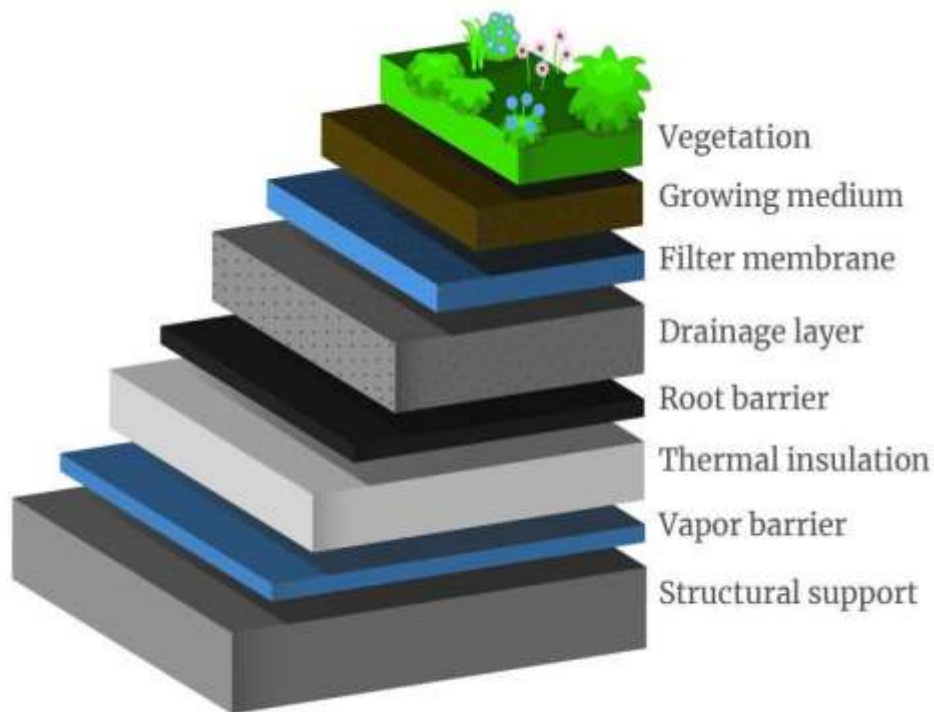
METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan metodologi deskriptif yang bertujuan menjelaskan tentang perbedaan antar tipe *green roof*, manfaat dari *green roof*, kualitas dan kuantitas air dari run off, peraturan di Indonesia yang terkait tentang green building dan *green roof*, manfaat ekonomi dari implementasi *green roof*. Metode deskriptif bertujuan melukiskan secara sistematis fakta atau karakteristik populasi tertentu atau bidang tertentu secara faktual dan cermat (Isaac & Michale, 1981 dalam Rakhmat dan Ibrahim, 2016). Penelitian ini dilakukan dengan mengkaji penelitian-penelitian serupa dan relevan. Dari hasil kajian tersebut dianalisis secara deskriptif. Kemudian disimpulkan dari hasil kajian dan pernyataan narasumber. Artikel ini ditulis secara sistematis dengan metode naratif deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. ASPEK TEKNIS *GREEN ROOF*

Lapisan pada *green roof* terdiri dari lapisan vegetasi, media tumbuh, lapisan drainase, lapisan anti air, dan lapisan beton yang menjadi dasar atap bangunan. (Theodore, 2009)



Gambar 1. Desain Lapisan *Green roof* yang paling umum digunakan

Di sisi lain, *intensive green roof*, berbagai jenis tanaman dapat diimplementasikan untuk menciptakan lingkungan alam yang menarik dengan keanekaragaman hayati yang lebih baik sambil juga menyediakan rekreasi di atap. *intensive green roof* mempunyai potensi yang relatif lebih baik untuk insulasi yang lebih baik, pengelolaan air hujan yang lebih baik, dan pemanfaatan energi. Namun, bobotnya yang berat mungkin memerlukan struktur yang diperkuat, dan drainase dan irigasi umumnya harus dimanfaatkan meningkatkan kompleksitas teknis dan terkait biaya (Dunnet, 2008 & Dinsdale, 2006)

Tabel 1. Tipe *Green roof* dan aspek teknis yang disertai dengan sumber literaturnya

ASPEK	INTENSIVE GREEN ROOF	EXTENSIVE GREEN ROOF	SUMBER
Diversitas	Tanaman dengan tingkat diversitas yang tinggi	Tanaman dengan tingkat diversitas yang rendah	Bates, 2013; MacIvor, 2013; Ecol Eng, 2008; Berardi, 2014
Berat	>300 kg/m ²	Berat ringan (60-150 kg/m ²)	Bates, 2013; MacIvor, 2013; Ecol Eng, 2008; Berardi, 2014 ;Dinsdale, 2006
Biaya	Tinggi	Rendah	36-39 Dinsdale, 2006, Peri, 2012, Ascione 2013, Castelon, 2010
Tebal dari media tanam	>200mm	<200mm	Berardi, 2014
Konstruksi	Secara Teknikal Rumit	Relatif Sederhana	Berardi, 2014
Pemeliharaan	Rumit	Sederhana	Schweitzer, 2014, Blank 2013
Aksesibilitas	Dapat di akses	Tidak bisa di akses (karena akar tanaman yang pendek)	MacIvor, 2013; ;Dinsdale, 2006
Irigasi	Sistem Drainase dan irigasi dibutuhkan	Sistem Drainase dan irigasi terkadang dibutuhkan	Bates, 2013; MacIvor, 2013; Dinsdale, 2006; Wolf, 2008; Nagase, 2010
Kegunaan	Digunakan pada bangunan pencakar langit serta dapat dimanfaatkan sebagai sarana rekreasi.	Digunakan pada bangunan rumah	Menteng, 2012

Jenis tanaman yang digunakan mempengaruhi perpindahan panas pada green roof. Karakteristik vegetasi yang paling penting yang mempengaruhi perpindahan panas green roof adalah tinggi tanaman, indeks luas daun, cakupan fraksional, albedo, dan resistensi stomata (Sailor, 2008 & Alexandri, 2007)

Berdasarkan Pedoman Penyediaan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008, Kriteria Vegetasi untuk Taman Atap Bangunan dan Tanaman dalam Pot antara lain :

- a) Tanaman tidak berakar dalam sehingga mampu tumbuh baik dalam pot atau bak tanaman;
- b) Relatif tahan terhadap kekurangan air;
- c) Perakaran dan pertumbuhan batang yang tidak mengganggu struktur bangunan;
- d) Tahan dan tumbuh baik pada temperatur lingkungan yang tinggi;
- e) Mudah dalam pemeliharaan.

Tabel 2. Jenis vegetasi yang biasa digunakan di *Green roof*

No	Jenis dan Nama Tanaman	Nama Latin	Keterangan
I Perdu/semak			
1	Akalipa merah	<i>Acalypha wilkesiana</i>	Daun berwarna
2	Nusa Indah merah	<i>Musaenda erythrophylla</i>	Berbunga
3	Daun mangkokan	<i>Notophanax scutellarium</i>	Berdaun unik
4	Bogenvil merah	<i>Bougenvillea glabra</i>	Berbunga
5	Azalea	<i>Rhododendron indicum</i>	Berbunga
6	Soka daun besar	<i>Ixora javonica</i>	Berbunga
7	Bakung	<i>Crinum asiaticum</i>	Berbunga
8	Oleander	<i>Nerium oleander</i>	Berbunga
9	Palem Kuning	<i>Chrysalidocaus lutescens</i>	Daun berwarna
10	Sikas	<i>Cycas revolata</i>	Bentuk unik
11	Alamanda	<i>Aalamanda cartatica</i>	Merambat berbunga
12	Puring	<i>Codiaeum varigatum</i>	Daun berwarna
13	Kembang Merak	<i>Caesalpinia pulcherima</i>	Berbunga
II Ground cover			
1	Rumput gajah	<i>Axonophus compressus</i>	Tekstur kasar
2	Lantana ungu	<i>Lantana camara</i>	Berbunga
3	Rumput kawat	<i>Cynodon dactylon</i>	Tekstur sedang

Sumber : PUPR, 2008

Berbagai penelitian menyatakan bahwa penggunaan dari beragam jenis vegetasi/tanaman dapat membantu untuk memaksimalkan efektivitas *green roof* (Wolf, 2008 & Nagase, 2010). Namun, berdasarkan penelitian dari Getter, 2008, Blanusa, 2013 pemilihan jenis tanaman harus ditetapkan

sesuai dengan kondisi iklim, dampak tanaman pada ekosistem . Untuk penelitian selanjutnya perlu adanya investigasi lebih lanjut mengenai perbandingan antara berbagai jenis tanaman untuk memberikan pedoman desain untuk memilih tanaman yang paling tepat untuk *green roof* tertentu Hal ini juga harus pertimbangkan kemungkinan kedalaman tanah yang berbeda, iklim lokal, kemampuan ketersediaan air, dan kepadatan tanaman, karena sering terjadi kesalahpahaman tentang dampak dari variabel-variabel ini terhadap lingkungan hijau atap.

2. MANFAAT *GREEN ROOF* DARI SEGI LINGKUNGAN

Penggunaan *green roof* di negara beriklim tropis menjadi salah satu cara menghemat energi serta menjaga aspek lingkungan di era globalisasi ini. Berbagai macam manfaat *green roof* khususnya dari segi lingkungan, antara lain adalah mengurangi penggunaan energi *green roof* menghilangkan panas dari udara melalui proses evapotranspirasi, dan juga bertindak sebagai isolator untuk bangunan, mengurangi energi yang dibutuhkan untuk menyediakan pendinginan dan pemanasan. Hal ini didukung dengan penelitian dari Menteng, 2012 bahwa *green roof* memiliki difusivitas termal yang rendah sehingga dapat menunda kenaikan temperatur pada permukaan atap, dimana ketika tanpa *green roof* dalam iklim di Indonesia dengan temperatur maksimum terjadi pukul 13.30, sedangkan menggunakan *green roof* temperatur maksimum terjadi pukul 16.30. Hal ini juga akan berdampak terhadap Peningkatan kesehatan dan kenyamanan manusia antara lain dengan mengurangi perpindahan panas melalui atap bangunan, dapat meningkatkan kenyamanan dalam ruangan, dan menurunkan timbulnya tekanan panas yang terkait dengan gelombang panas.

Smith dan Roeber juga melakukan penelitian mengenai dampak *green roof* pada UHI di Chicago dan menyimpulkan bahwa pada pukul 19.00 dan 23.00 suhu di kota dapat turun sekitar 2-3 K. Sebuah studi serupa dilakukan oleh Savio et al. di New York, melaporkan bahwa suhu pada ketinggian 2 m menurun antara 0,37 dan 0,86 K, Sedangkan untuk tingkat penurunan suhu rata-rata harian antara 0,3 dan 0,55 K (Tsang, 2013). Simulasi di Jepang dan China mengklaim bahwa dampak pengurangan pada suhu perkotaan kecil (Parizotto, 2011 & Feng, 2010).

Menurut Beatley, 2013 Manfaat *green roof* dalam peningkatan kualitas hidup antara lain *green roof* memberikan nilai estetika dan habitat bagi spesies tumbuhan dan hewan. Mereka meningkatkan interaksi manusia dengan alam dengan memperkenalkan ruang hijau ke dalam lingkungan binaan. Hubungan seperti itu dengan alam telah terbukti bermanfaat bagi kesehatan dan produktivitas fisik dan mental manusia, dan mengurangi tekanan darah dan masa inap di rumah sakit.

Menurut EPA 2014, Manfaat *green roof* cukup signifikan dibandingkan dengan berbagai strategi mitigasi di pulau dengan iklim tropis, antara lain sebagai berikut

Tabel 3. Kompilasi Manfaat *Green roof* dan berbagai macam solusi untuk iklim tropis

	<i>Green roof</i>	Pohon dan vegetasi	<i>Cool Pavement</i>	<i>Cool Roof</i>
Kualitas Udara	√	√	√	√
Pemakaian Energi	√	√	√	√
Emisi gas rumah kaca	√	√	√	√
Kesehatan dan kenyamanan manusia	√	√	√	√
Visibilitas waktu malam			√	
Manajemen Air Hujan	√	√		
Kebisingan dari Aktivitas Transportasi			√	
Kualitas Air	√	√		

Sumber : EPA, 2014

Mengurangi polusi udara dan emisi gas rumah kaca: Dengan menurunkan permintaan AC, *green roof* dapat mengurangi polusi udara dan emisi gas rumah kaca (GRK) yang terkait dari sumber daya konvensional. Vegetasi juga dapat menghilangkan polutan dan GRK dari udara melalui deposisi kering dan penyerapan dan penyimpanan karbon. Berdasarkan penelitian dari EPA, 2018 polusi udara yang dapat dihindarkan di daerah *Lower Midwest* dengan mengaplikasikan *Green roof* KMCO yang dihitung menggunakan aplikasi dari EPA yakni AVERT (Avoided Emission and Generation Tools) pada tahun 2020 adalah sebagai berikut

Tabel 4. Polusi Udara yang dapat di hindari dengan menggunakan *green roof* Studi Kasus Kota Kansas Missouri

Parameter Polusi Udara	Total Polusi Udara yang dapat dihindari pada tahun 2020
SO ₂	2690 lbs/tahun
NO _x	1800 lb/tahun
PM _{2.5}	90 lbs/tahun
CO ₂	1150 ton/tahun

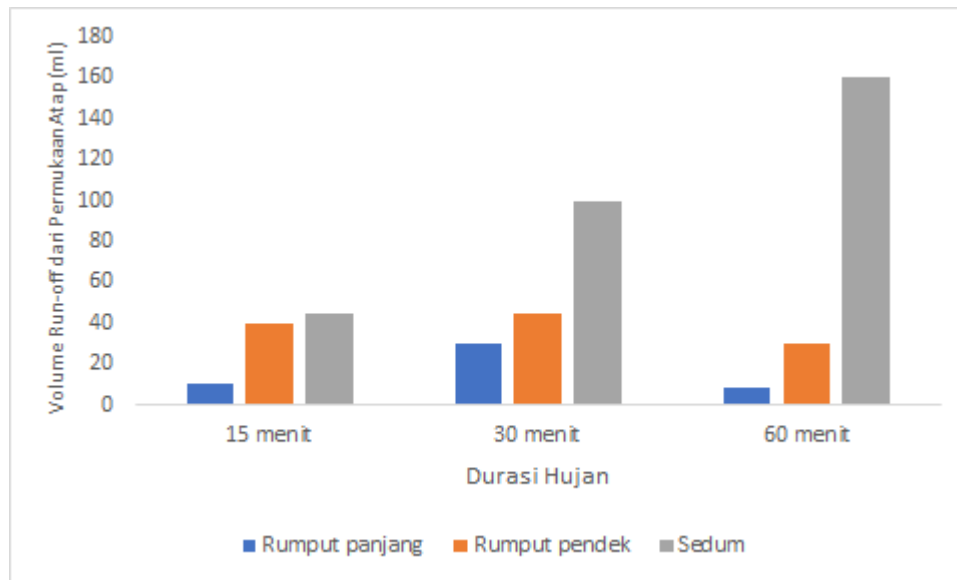
Sumber : EPA, 2018

Yang paling utama dalam manfaat *green roof* ialah peningkatan pengelolaan air hujan dan kualitas air dimana dapat mengurangi dan memperlambat limpasan air hujan di lingkungan perkotaan, dan juga menyaring polutan dari curah hujan. *green roof* dapat menahan hampir semua curah hujan yang berhubungan dengan badai selama bulan-bulan musim panas, dengan retensi yang lebih rendah selama bulan-bulan musim dingin (<20%). Potensi pengelolaan air hujan sebenarnya dari *green roof* tergantung pada musim dan pola curah hujan. (EPA, 2009).

4. KUANTITAS AIR LIMPASAN DARI GREEN ROOF

Sampai saat ini, manfaat dari *green roof* yang paling banyak dikutip adalah kemampuan *green roof* untuk menangkap curah hujan dan membatasi limpasan air hujan. Perilaku ini dikuantifikasi dengan menggunakan pendekatan keseimbangan massa, di mana curah hujan dan limpasan terus diukur dan kinerja sistem dilaporkan sebagai persentase total curah hujan retensi selama periode pemantauan tertentu. Dengan menggunakan strategi ini, para peneliti telah melaporkan retensi curah hujan yang luas *green roof* antara 12% dan 86% (Hutchinson et al. 2003; De Cuyper et al. 2004; Liu dan Minor 2005; Moran et al. 2005; Van Woert dkk. 2005; Connelly dkk. 2006; Toronto dan Otoritas Konservasi Wilayah 2006; Getter dkk. 2007; Teemusk dan Mander 2007; Hathaway dkk. 2008; Kurtz 2008; Spolek 2008; Berghage dkk. 2009; Bahagia dkk. 2009; DiGiovanni dkk. 2010; Berghage dkk. 2010; Voyde dkk. 2010; Gregoire dan Clausen 2011; Nardini dkk. 2011; Palla dkk. 2011; Schroll dkk. 2011; Stovin dkk. 2012; Carson dkk. 2013; Fassman-Beck dkk. 2013; Morgan dkk. 2013).

Hasil penelitian terkini dari Mickovski et al., 2013 bahwa *green roof* tradisional memiliki potensi untuk menangkap limpasan air hujan sebesar 57% sedangkan untuk ekstensif *green roof* 71,7%. Dalam penelitian ini juga membandingkan antara vegetasi yang digunakan dalam *green roof*, yakni rumput panjang, rumput pendek dan sedum seperti diilustrasikan pada gambar 2, dapat dilihat bahwa sedum dapat menangkap air hujan limpasan dibanding dengan yang lainnya.



Grafik 2. Perbandingan antara vegetasi yang digunakan dalam *green roof* terhadap volume run off dari permukaan atap dan durasi hujan.

Beberapa faktor yang dapat berpengaruh pada jumlah air yang tertahan pada *green roof* antara lain intensitas dan volume curah hujan, jumlah waktu yang telah berlalu sejak kejadian curah hujan terakhir, dan kemiringan serta kedalaman atap. (Lee, 2015, Getter, 2007 & Vijayaraghavan, 2014)

5. KUALITAS AIR LIMPASAN DARI GREEN ROOF

Telah terbukti dari banyak penelitian bahwa *green roof* dapat menyimpan air hujan atau mengurangi limpasan air hujan, namun tidak begitu banyak penelitian yang membahas mengenai bagaimana kualitas dari limpasan air hujan dari *green roof*. Dalam literatur saat ini, terdapat perdebatan tentang peran sistem *green roof* sebagai sumber atau penyerap polutan air hujan. Sementara banyak penelitian telah menunjukkan bahwa *green roof* memiliki kapasitas untuk menyerap polutan, sehingga mengurangi polutan konsentrasi dalam air hujan (Berghage et al. 2009; Berndtsson et al. 2009; Carpenter dan Kaluvakolanu 2011; Gregoire dan Clausen 2011), beberapa penelitian lain menunjukkan bahwa media tanam *green roof* berfungsi sebagai sumber pencemar (Moran dkk. 2005; Berndtsson dkk. 2006; Hathaway dkk. 2008; Aitkenhead-Peterson dkk. 2010; Dvorak dan Volder, 2010). Menurut Czemieli 2010 dan LI Y, 2014 ada beberapa faktor yang mempengaruhi kualitas limpasan air hujan dari *green roof* antara lain adalah jenis vegetasi yang digunakan, pemakaian pupuk, pH dari air hujan, dan media tanam.

Penelitian yang dilakukan oleh EPA, 2014 dengan menggunakan 7 tipe *green roof* dan 1 atap biasa untuk mengetahui kualitas limpasan air hujan, dengan parameter kualitas air yang di check adalah pH, konduktivitas, turbiditas, warna, ammonium, nitrat, kalsium, kalium, magnesium, fosfor, aluminium, arsenik, boron, barium, kadmium, kromium, tembaga, besi, mangan, natrium, nikel, timbal

dan seng. Hasil dari penelitian ini membuktikan bahwa *green roof* dapat menetralkan presipitasi asam, konsentrasi nitrat limpasan dari *green roof* lebih rendah daripada dari atap kontrol, konsentrasi makronutrien, seperti kalsium, kalium dan magnesium, lebih tinggi pada limpasan *green roof* daripada limpasan atap kontrol, konsentrasi mikro yang diamati di *green roof* dan mengontrol limpasan di atap sangat rendah, dengan pengecualian natrium dan tidak ada konsentrasi logam berat yang signifikan terdeteksi di *green roof* atau mengontrol limpasan di atap dengan pengecualian boron di *green roof* W118, yang dikaitkan dengan penggunaan pestisida di lokasi.

Kualitas air hujan dari limpasan *green roof* menunjukkan tidak ada perubahan, dimana artinya *green roof* tidak berkontribusi pada pengolahan kualitas air hujan. Hal ini dikarenakan karena faktor air hujan pada saat penelitian tidak terkontaminasi (normal) dan waktu tinggal relatif kecil. Di sisi lain, hasilnya menunjukkan bahwa *extensive green roof*, ketika digunakan tidak secara substansial merusak kualitas air. Jelas juga bahwa pemeliharaan sistem vegetasi di atap harus dirancang dengan hati-hati untuk menghindari kontaminasi limpasan. Penggunaan pupuk yang mudah larut tidak dianjurkan karena dapat berpengaruh pada kualitas air hujan dan penting bahwa produsen dan pemasang *green roof* harus menyarankan pelanggan agar melakukan perawatan yang tepat. (Berndtsson, 2005). Berbagai penelitian mengenai kualitas air dari *green roof*, beberapa mengalami bahwa outlet dari *green roof* memiliki konsentrasi lebih rendah dari pada konsentrasi aliran masuk polutan, namun ada juga yang *green roof* dianggap sebagai sumber kontaminan jika konsentrasi air limpasan lebih tinggi daripada konsentrasi air input (air hujan), perbedaan dalam kualitas air limpasan *green roof* terutama karena adanya perbedaan dalam konstruksi dan pemeliharaan *green roof*. (Berndtsson, 2010)

6. ASPEK EKONOMI MANFAAT IMPLEMENTASI GREEN ROOF

Berbagai penelitian telah membahas manfaat ekonomi dari *green roof* melalui analisis biaya siklus hidup. Tingkat kelayakan *green roof* dari segi ekonomi sangat dipengaruhi oleh jenis tanaman yang digunakan. Sebagai contoh, perpanjangan umur pada lapisan kedap air melalui penerapan *green roof* seringkali dapat digunakan untuk memastikan ekonomi kelayakan pada suatu sistem *green roof*. Faktanya, jika lapisan kedap air dari atap normal kira-kira bertahan antara 10 dan 20 tahun, *green roof* bisa bertahan hingga lebih dari 50 tahun. (Berardi, 2014)

Salah satu hambatan ekonomi dalam penerapan *green roof* berasal dari fakta bahwa sebagian besar manfaat *green roof* dibatasi ke level tertinggi. Penelitian menunjukkan bahwa menggunakan evaluasi siklus hidup, biaya *green roof* yang luas di Singapura menghasilkan 14,6% lebih rendah dari atap tradisional. Temuan studi lain menunjukkan bahwa jika dirancang dengan benar *green roof* umumnya layak secara ekonomi.

Wong et. al, rendahnya aplikasi *green roof* di banyak negara karenanya terkait dengan kurangnya ekonomi dan keahlian. Semua analisis sebelumnya hanya mempertimbangkan

penghematan energi dan biaya konstruksi tanpa mengevaluasi banyak manfaat lainnya (pengurangan polusi, konservasi ekosistem, pengelolaan air, pengurangan kebisingan) yang sulit untuk diukur. Analisis biaya siklus hidup awal diperluas untuk mempertimbangkan tingkat lingkungan, dampak pengembangan, penciptaan, integrasi, dan pemeliharaan dari sistem *green roof* tersebut. Ringkasan mengenai manfaat dan kekurangan dari *green roof* tercantum pada tabel 5 dibawah.

Tabel 5. *Economic benefits and barriers of green roofs*

Manfaat <i>Green Roof</i> dari Segi Ekonomi	Kekurangan <i>Green Roof</i> dari Segi Ekonomi
Mengurangi Penggunaan Energi	Biaya Konstruksi Tinggi
Meningkatkan Isolasi Termal dalam Perkuatan	Biaya perawatan yang tinggi, terutama dengan atap hijau yang intensif atau ketika irigasi diperlukan
Mengurangi biaya pemeliharaan atap karena memperpanjang umur ketahanan	Konstruksi yang Kompleks
Mengurangi jumlah air hujan yang terbuang pada infrastruktur perkotaan	Resiko Kegagalan
Meningkatkan harga pasar dan harga jual bangunan	Integrasi yang mahal pada bangunan yang ada jika penyesuaian struktur diperlukan
Meningkatkan permukaan bangunan yang dapat digunakan	

Sumber : Umberto Berardi (2014)

Ada banyak manfaat biaya lingkungan operasional dari *green roof*, seperti pengurangan pulau panas perkotaan, mitigasi permintaan energi untuk pemanasan dan pendinginan, pengurangan dan penundaan limpasan air hujan, peningkatan kualitas udara, penggantian lanskap terlantar, peningkatan keanekaragaman hayati, penyediaan ruang rekreasi dan pertanian, dan peredam suara pada suatu bangunan.

Menurut Peng, dkk (2015), pembentukan *Extensive Green Roof* (EGR) memiliki nilai total tahunan sebesar 12,98 juta USD dengan nilai tiap unit *green roof* adalah 10,77 USD /m², dan *Intensive Green Roof* (IGR), 22,02 juta USD dengan nilai tiap unit adalah 18,33 USD/m². EGR lebih menarik secara ekonomi daripada IGR dalam hal manfaat - biaya rasio (BCR) dan periode pengembalian. Sedangkan menurut Niu, dkk (2010), biaya - manfaat utama penerapan *green roof* di gedung memiliki skala sebagai berikut, yaitu infrastruktur *stormwater* dan penghematan energi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa total biaya *stormwater* berdasarkan *impervious* luas atap konvensional adalah 596 USD/tahun. Potensi pengurangan biaya untuk *green roof* sebesar 0,17 USD/m² di bawah pengurangan biaya 50% skenario, dan 0,11 USD /m² di bawah skenario pengurangan biaya 35%, menghasilkan penghematan 209–298 USD /tahun. Nilai-nilai ini lebih tinggi daripada penghematan dari atap 2000 m² yang dilaporkan oleh Clark (2008) karena biaya *stormwater* yang lebih tinggi di Washington, DC. Sedangkan biaya nilai emisi energi yang dihindari didasarkan pada pengurangan konsumsi listrik dan gas alam karena penggunaan *green roof* dan memasukkan faktor emisi yang dihindari.

SIMPULAN

Lapisan pada *green roof* pada umumnya terdiri dari lapisan vegetasi, media tumbuh, lapisan drainase, lapisan anti air, dan lapisan beton yang menjadi dasar atap bangunan. Terdapat 2 tipe dari *green roof* yakni *extensive* dan intensif, dimana *extensive green roof* untuk operasional dan perawatan lebih mudah, dan sederhana, namun untuk kinerja energi dan potensi pengelolaan air hujan relatif rendah, di sisi lain *intensive green roof* mempunyai potensi yang relatif lebih baik untuk insulasi yang lebih baik, pengelolaan air hujan yang lebih baik, dan pemanfaatan energi namun untuk pemasangan, operasional dan perawatan lebih kompleks.

Green roof sudah terbukti memiliki banyak manfaat, antara lain pada iklim tropis dapat menghemat energi dimana dapat mengurangi panas dari atap yang pasti akan berdampak terhadap kenyamanan pengguna Gedung serta biaya pemakaian energi akan berkurang. Polusi udara juga akan terhindari Ketika menggunakan *green roof*. Dari aspek konservasi air, manfaat utama *green roof* ialah dapat menangkap air hujan sehingga tidak terbuang dengan sia-sia. Beberapa faktor yang mempengaruhi air yang tertahan pada *green roof* antara lain intensitas dan volume curah hujan, jumlah waktu yang telah berlalu sejak kejadian curah hujan terakhir, dan kemiringan serta kedalaman atap. Sedangkan faktor yang mempengaruhi kualitas air limpasan dari *green roof* adalah jenis vegetasi yang digunakan, pemakaian pupuk, pH dari air hujan, dan media tanam.

Dari segi ekonomi, dengan implementasi *green roof* berpotensi pengurangan biaya yang di dapat dari pemanfaatan air sebesar 30-50%, biaya nilai emisi energi yang dihindari didasarkan pada pengurangan konsumsi listrik dan gas alam karena penggunaan *green roof* dan memasukkan faktor emisi yang dihindari.

DAFTAR PUSTAKA

- Ascione F, Bianco N, de' Rossi F, Turni G, Vanoli GP. *Green roofs* in European climates. Are effective solutions for the energy savings in air-conditioning? *Appl. Energy* 2013;104:845–59.
- Beatley, T. and P. Newman. 2013. “Biophilic cities are sustainable, resilient cities.” *Sustainability* 5(8):3328–3345.
- Berardi U, GhaffarianHoseini A, GhaffarianHoseini A. State-of-the-art analysis of the environmental benefits of *green roofs*. *Appl Energy* 2014;115:411–28.
- Berghage, R. D., and Gu, J. (2009). Effect of Drain Layers on *Green roof* Stormwater Performance. In Seventh Annual Greening Rooftops for Sustainable Communities Conference, Awards and Trade Show (pp. 1–17). Atlanta, GA.
- Blank L, Vasl A, Levy S, Grant G, Kadas G, Dafni A, et al. Directions in *green roof* research: a bibliometric study. *Build Environ* 2013;66:23–8.
- Blanusa T, Vaz Monteiro MM, Fantozzi F, Vysini E, Li Y, Cameron RWF. Alternatives to Sedum on *green roofs*: Can broad leaf perennial plants offer better ‘cooling service’? *Build Environ* 2013;59:99–106.
- Carson, T. B., Marasco, D. E., Culligan, P. J., and McGillis, W. R. (2013). Hydrological performance of extensive *green roofs* in New York City: Observations and multi-year modeling of three full-scale systems. *Environmental Research Letters*, 8(2), 024036. doi:10.1088/1748-9326/8/2/024036
- Castleton HF, Stovin V, Beck SBM, Davison JB. *Green roofs*; building energy savings and the potential for retrofit. *Energy Build* 2010;42:1582–91.
- Connelly, M., Liu, K., and Schaub, J. (2006). BCIT *Green roof* Research Program, Phase 1 Summary of Data Analysis (pp. 1–59). Vancouver, BC. Retrieved from <http://publications.gc.ca/site/eng/389231/publication.html>
- Czemieli Berndtsson J. *Green roof* performance towards management of runoff water quantity and quality: a review. *Ecol Eng* 2010;36:351–60.
- Czemieli Berndtsson J. *Green roof* performance towards management of runoff water quantity and quality: a review. *Ecol Eng* 2010;36:351–60
- De Cuyper, K., Dinne, K., and Van De Vel, L. (2004). Rainwater Discharge from *Green roofs*. In CIB W062 30th International Symposium on Water Supply and Drainage for Buildings (p. 12). Rotterdam, Netherlands. Retrieved from <http://www.irb.fraunhofer.de/CIBlibrary/search-quick-result-list.jsp?AandidSuche=CIB+DC10549>
- Dinsdale S., Pearen B., Wilson C. Feasibility study for *green roof* application on Queen’s University campus. Queen’s Physical Plant Services. 2006.
- Dinsdale S., Pearen B., Wilson C. Feasibility study for *green roof* application on Queen’s University campus. Queen’s Physical Plant Services. 2006.

- Dunnett N, Kingsbury N. Planting *green roofs* and living walls. 2nd ed. Portland (OR): Timber Press; 2008.
- Emilsson T. Vegetation development on extensive vegetated *green roofs*: influence of substrate composition, establishment method and species mix. *Ecol Eng* 2008;33:265–77.
- Fassman-Beck, E., Voyde, E., Simcock, R., and Hong, Y. S. (2013). 4 Living roofs in 3 locations: Does configuration affect runoff mitigation? *Journal of Hydrology*, 490, 11–20. doi:10.1016/j.jhydrol.2013.03.004
- Feng C, Meng Q, Zhang Y. Theoretical and experimental analysis of the energy balance of extensive *green roofs*. *Energy Build* 2010;42:959–65.
- Francis RA, Lorimer J. Urban reconciliation ecology: the potential of living roofs and walls. *J Environ Manag* 2011;92:1429–37.
- Getter KL, Rowe DB, Andresen JA. Quantifying the effect of slope on extensive *green roof* stormwater retention. *Ecol Eng* 2007;31:225–31.
- Getter KL, Rowe DB. Selecting plants for extensive *green roofs* in the United States. Extension Bulletin E-3047, Michigan State University; July 2008.
- Getter KL, Rowe DB. The role of extensive *green roofs* in sustainable development. *HortScience* 2006;41(5):1276–85.
- Getter, K. L., Rowe, D. B., and Andresen, J. A. (2007). Quantifying the effect of slope on extensive *green roof* stormwater retention. *Ecological Engineering*, 31, 225–31. doi:10.1016/j.ecoleng.2007.06.004
- Gregoire, B. G., and Clausen, J. C. (2011). Effect of a modular extensive *green roof* on stormwater runoff and water quality. *Ecological Engineering*, 37, 963–9. doi:10.1016/j.ecoleng.2011.02.004
- Hathaway, A. M., Hunt, W. F., and Jennings, G. D. (2008). A field study of *green roof* hydrologic and water quality performance. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 51(1), 37–44.
- Hutchinson, D., Abrams, P., Retzlaff, R., and Liptan, T. (2003). Stormwater monitoring two ecoroofs in Portland, Oregon, USA. In *Greening Rooftops for Sustainable Communities* (pp. 1–18). Chicago, IL. Conference sponsored by *Green roofs* for Healthy Cities, Toronto, and the City of Chicago, May 29-30, 2003
- Kurtz, T. (2008). Flow Monitoring of Three Ecoroofs in Portland, Oregon. In *2008 Low Impact Development Conference*. Seattle, WA: ASCE.
- Lee JY, Lee MJ, Han M. A pilot study to evaluate runoff quantity from *green roofs*. *J Environ Manag* 2015;152:171–6.
- Li Y, Babcock Jr RW. *Green roofs* against pollution and climate change. A review. *Agron Sustain Dev* 2014:1–11.
- Liu, K., and Minor, J. (2005). Performance evaluation of an extensive *green roof*. In *Greening Rooftops for Sustainable Communities* (pp. 1–11). Washington, DC.

- MacIvor JS, Margolis L, Puncher CL, Carver Matthews BJ. Decoupling factors affecting plant diversity and cover on extensive *green roofs*. *J Environ Manag* 2013;130:297–305.
- Menteng, Retsa Anugrah. 2012. *Investigasi Kinerja thermal green roof sebagai pendingin pasif di iklim tropis*. Universitas Indonesia. 2012
- Moran, A. C., Hunt, W. F., and Smith, J. T. (2005). *Green roof* Hydrologic and Water Quality Performance from Two Field Sites in North Carolina. In *Managing Watersheds for Human and Natural Impacts* (pp. 1–12). Reston, VA: American Society of Civil Engineers. doi:10.1061/40763(178)99
- Morgan, S., Celik, S., and Retzlaff, W. (2013). *Green roof* storm-water runoff quantity and quality. *Journal of Environmental Engineering*, 139(4), 471–478. doi:10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0000589
- Nagase A, Dunnett N. Drought tolerance in different vegetation types for extensive *green roofs*: effects of watering and diversity. *Landsc Urban Plan* 2010;97:318–27.
- Nagase A, Dunnett N. Drought tolerance in different vegetation types for extensive *green roofs*: Effects of watering and diversity. *Landscape Urban Plan* 2010;97:318–27.
- Nardini, A., Andri, S., and Crasso, M. (2011). Influence of substrate depth and vegetation type on temperature and water runoff mitigation by extensive *green roofs*: shrubs versus herbaceous plants. *Urban Ecosystems*, 15(3), 697– 708. doi:10.1007/s11252-011-0220-5
- Nyuk Hien W, Puay Yok T, Yu C. Study of thermal performance of extensive rooftop greenery systems in the tropical climate. *Build Environ* 2007;42:25–54.
- Palla, A., Sansalone, J. J., Gnecco, I., and Lanza, L. G. (2011). Storm water infiltration in a monitored *green roof* for hydrologic restoration. *Water Science and Technology*, 64(3), 766. doi:10.2166/wst.2011.171
- Parizotto S, Lamberts R. Investigation of *green roof* thermal performance in temperate climate: a case study of an experimental building in Florianópolis city, Southern Brazil. *Energy Build* 2011;43:1712–22.
- Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan. 2008. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum.
- Peri G, Traverso M, Finkbeiner M, Rizzo G. The cost of *green roofs* disposal in a life cycle perspective: covering the gap. *Energy* 2012;48:406–14.
- Schroll, E., Lambrinos, J., Righetti, T., and Sandrock, D. (2011). The role of vegetation in regulating stormwater runoff from *green roofs* in a winter rainfall climate. *Ecological Engineering*, 37(4), 595–600. doi:10.1016/j.ecoleng.2010.12.020
- Schweitzer O, Erell E. Evaluation of the energy performance and irrigation requirements of extensive *green roofs* in a water-scarce Mediterranean climate. *Energy Build* 2014;68(Part A):25–32.
- Spolek, G. (2008). Performance monitoring of three ecoroofs in Portland, Oregon. *Urban Ecosystems*, 11, 349–359. doi:10.1007/s11252-008-0061-z

- Stovin, V., Vesuviano, G., and Kasmin, H. (2012). The hydrological performance of a *green roof* test bed under UK climatic conditions. *Journal of Hydrology*, 414-415, 148–161. doi:10.1016/j.jhydrol.2011.10.022
- Teemusk, A., and Mander, Ü. (2007). Rainwater runoff quantity and quality performance from a greenroof: The effects of short-term events. *Ecological Engineering*, 30, 271–277. doi:10.1016/j.ecoleng.2007.01.009
- Theodore theodosi. *Green roofs in Building : thermal and Environmental Behaviour in advance in Building Energy research*. Earthscan, 2009, p. 273
- Toronto and Region Conservation Authority. (2006). Evaluation of an Extensive Greenroof (p. 167). Toronto, ON
- Tsang SW, Jim CY. Theoretical evaluation of thermal and energy performance of tropical *green roofs*. *Energy* 2011;36:3590–8.
- Umberto Berardi, Amir Hosein Ghaffarian Hoseini, Ali Ghaffarian Hoseini. Analysis of the environmental benefits of green roofs. *Energy* 2014;115:411-428
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA). 2009. “[Green roofs for Stormwater Runoff Control](#).”
- U.S. Environmental Protection Agency. (2018). Estimating the environmental effects of *green roofs*: A case study in Kansas City, Missouri. EPA 430-S-18-001. www.epa.gov/heat-islands/using-greenroofs-reduce-heat-islands.
- VanWoert, N. D., Rowe, D. B., Andresen, J. a, Rugh, C. L., Fernandez, R. T., and Xiao, L. (2005). *Green roof* stormwater retention: Effects of roof surface, slope, and media depth. *Journal of Environmental Quality*, 34(3), 1036– 44. doi:10.2134/jeq2004.0364
- Voyde, E., Fassman, E., and Simcock, R. (2010). Hydrology of an extensive living roof under sub-tropical climate conditions in Auckland, New Zealand. *Journal of Hydrology*, 394, 384–395. doi:10.1016/j.jhydrol.2010.09.013
- Wolf D, Lundholm JT. Water uptake in *green roof* microcosms: effects of plant species and water availability. *Ecol Eng* 2008;33:179–86.