
PENGARUH EFISIENSI ENERGI DAN AIR PADA BANGUNAN DALAM PENERAPAN ECO-GREEN

Rabudin Rizki

Program Studi Magister Arsitektur
Fakultas Teknik Arsitektur
Universitas Gadjah Mada
rabudinrizki@gmail.com

ABSTRAK

Dalam arsitektur hijau ada beberapa aspek yang dapat diterapkan pada bangunan dan salah satunya dalam konsep eco-green. Eco-green adalah sebuah konsep yang berfokus pada efisiensi dalam aspek bangunan, lingkungan serta kenyamanan pengguna. Efisiensi energi dan air dapat dilakukan dengan cara melakukan penghematan, pengolahan, dan pelestarian. Dalam merancang bangunan seringkali kurangnya pemanfaatan sumber daya energi maupun air sehingga lebih banyak menggunakan energi listrik pada bangunan dalam kesehariannya. Pentingnya efisiensi energi dan air dikarenakan terjadinya pemanasan global, kekeringan, dan pemborosan yang terjadi pada bangunan seperti penggunaan cahaya buatan pada siang hari, pemborosan air bersih sehingga perlunya menerapkan efisiensi energi dan air pada bangunan yang merupakan Langkah yang tepat dalam mengatasi fenomena tersebut. Hal ini dapat dilakukan dengan pemanfaatan cahaya dan angin alami sebagai pencahayaan dan penghawaan pada bangunan, pengolahan air limbah maupun air hujan. Efisiensi energi dan air akan memberikan pengaruh pada bangunan maupun penggunaannya dalam aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan sekitarnya.

Riwayat naskah:

Naskah diterima 8 Januari 2022

Naskah revisi akhir diterima 23 Maret 2022

KATA KUNCI: Pengaruh efisiensi, energi, air, eco-green

In green architecture, there are several aspects that can be applied to buildings and one of them is the eco-green concept. Eco-green is a concept that focuses on efficiency in terms of building, environment, and user comfort. Energy and water efficiency can be done by saving, managing, and preserving. In designing buildings, there is often a lack of utilization of energy and water resources so that they use more electrical energy in buildings in their daily lives. The importance of energy and water efficiency due to global warming, drought, and waste that occurs in buildings such as the use of artificial light during the day, and wasting clean water so that the need to implement energy and water efficiency in buildings is the right step in overcoming this phenomenon. This can be done by utilizing natural light and wind as lighting and ventilation in buildings, also treating wastewater and rainwater. Energy and water efficiency will have an impact on the building and its users in social, economic, and environmental aspects.

KEYWORDS: Effect of efficiency, energy, water, eco-green

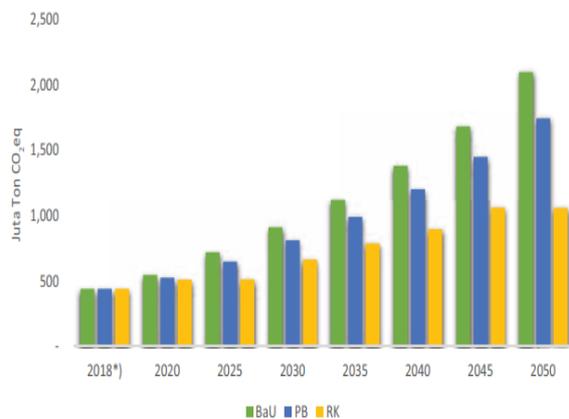
LATAR BELAKANG

Dalam merancang sebuah bangunan seringkali minimnya pemanfaatan sumber daya energi pasif yang lebih memilih menggunakan sumber daya buatan teknologi yang tidak ramah lingkungan yang mengakibatkan dapat merugikan lingkungan alam sekitar. Keselarasan antara desain dan lingkungan alam juga merupakan faktor dalam kenyamanan pada rumah dan lingkungan sekitar. Efisiensi energi dalam arsitektur bukanlah suatu kriteria yang baru. Batasan-batasan pada iklim dan material bangunan menentukan konteks keberadaan bangunan. Dalam seni dan tatanan arsitektur selalu dipengaruhi oleh iklim, energi dan kebutuhan sumber daya bahkan dalam kondisi iklim yang ekstrem tidak menghalangi

perancang bangunan untuk membuat sebuah karya arsitektur anggun yang terdapat sebuah solusi atas permasalahan pada lingkungannya (Priatman, 2004).

Menurut statistik dari desain dan konstruksi hingga pembongkaran, bangunan mengonsumsi sekitar 40% energi bumi kemudian menghasilkan 40% dari total limbah bumi sehingga bangunan hijau menjadi suatu perhatian untuk mencapai tujuan konservasi energi, air, tanah, dan material pada bangunan dalam menerapkan konsep keberlanjutan. Di Indonesia penggunaan listrik menyumbangkan CO₂ dari efek rumah kaca dan menyebabkan pemanasan global sehingga sering terjadinya perubahan iklim padahal Indonesia terletak di garis khatulistiwa dengan potensi surya dengan intensitas yang tinggi (Indarto, dkk, 2015). Pelepasan emisi CO₂ yang

dihasilkan dari pembakaran energi pada pembangkit listrik, sektor transportasi, sektor industri, komersial, rumah tangga, serta sektor lainnya ke atmosfer dalam jumlah tertentu dimana ini akan berdampak terhadap peningkatan pemanasan global. Upaya untuk mengurangi penyebab peningkatan pemanasan global dapat dilakukan melalui peningkatan efisiensi teknologi energi serta pemanfaatan sumber energi dengan kandungan rendah karbon (Dewan Energi Nasional, 2019)



Gambar 1. Grafik Pelepasan CO₂
(Sumber: Dewan Energi Nasional, 2019)

Perubahan iklim yang terjadi mengakibatkan beberapa faktor termasuk pada sumber daya air di Indonesia. Menurut hasil penelitian Sumarni dkk (2013) menunjukkan terjadinya penurunan debit air pada waktu terjadinya kekeringan pada musim kemarau. Menurut data WHO (2000) diperkirakan terdapat sekitar 2 milyar manusia perhari yang terkena dampak kekurangan air di 40 negara dan sebanyak 1,1 milyar yang tidak mendapatkan air yang cukup dan 2,4 milyar yang tidak dapat sanitasi yang baik. Sedangkan diperkirakan pada tahun 2050 nanti bahwa 1 dari 4 orang yang akan terkena dampak dari kekurangan air bersih. Penyebab utama meningkatnya kekurangan air selama beberapa dekade terakhir disebabkan oleh pertumbuhan populasi dengan perubahan gaya hidup pada daerah perkotaan dan perubahan pola curah hujan. Hal ini mengakibatkan konflik antara penggunaan air pertanian dan penggunaan air lainnya sehingga penerapan daur ulang menjadi fokus dalam manajemen berkelanjutan (Lens et al., 2001).

Sistem pengelolaan air berkelanjutan merupakan sebuah solusi yang tepat untuk mengatasi masalah kekurangan air yang tersedia dan polusi air (Regelsberger et al., 2007). Dalam penerapan efisiensi energi dan air akan memberikan pengaruh pada bangunan maupun kepada pengguna bangunan. Pengaruh ini bisa termasuk ke dalam aspek sosial, ekonomi maupun lingkungan sekitarnya.

Green Architecture

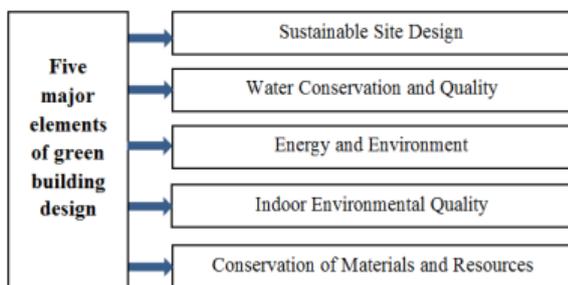
Arsitektur hijau merupakan pendekatan yang meminimalisir efek berbahaya pada kesehatan manusia dan lingkungannya dengan berupaya menjaga udara, air, dan bumi dalam pemilihan bahan bangunan dan praktik konstruksi yang ramah lingkungan (Roy, 2008). Dalam arsitektur hijau berfokus kepada fitur alam dan sumber daya yang dapat digunakan di sekitar lokasi dan menggunakan bahan yang alami atau dapat didaur ulang secara berkelanjutan daripada penggunaan bahan non-alami dari sumber daya yang tidak terbarukan. Orientasi bangunan lebih diperhatikan seperti arah matahari yang memungkinkan pemanfaatan cahaya alami yang ada untuk mengurangi penggunaan sumber cahaya buatan (menggunakan energi) dan pemanfaatan sirkulasi angin sebagai kenyamanan di dalam bangunan. Bahkan bahan bangunan yang akan digunakan dapat ditemukan dalam radius 500 mil dari lokasi bangunan itu sendiri untuk meminimalisir penggunaan bahan bakar transportasi seperti bahan bangunan kayu yang ditebang dari pohon untuk memberi ruang di lingkungan bangunan kemudian kayu tersebut dapat digunakan kembali pada bagian dari bangunan itu sendiri. Kemudian penggunaan insulasi yang baik seperti insulasi yang terbuat dari senyawa organik yang mudah menguap daripada penggunaan *fiberglass* yang berbahaya. Arsitektur hijau juga dapat mengurangi pemborosan pada energi maupun material seperti selama masa pembangunan, jumlah sisa material yang dibuang agar dapat dikurangi. Dan juga, bangunan dirancang dengan baik yang dapat membantu mengurangi jumlah sampah yang dihasilkan oleh pengguna dengan menyediakan solusi seperti pemisahan jenis-jenis sampah (Lacroix dan Stamatou, 2007).

Arsitektur hijau didefinisikan sebagai arsitektur ramah lingkungan dari segala klasifikasi dan persetujuan universal (Burcu, 2015) dengan karakteristik berikut:

- Pengaturan sistem ventilasi untuk pemanasan dan pendinginan
- Efisiensi pada pencahayaan dan peralatan hemat energi
- Rancangan *landscape* yang memaksimalkan energi matahari
- Perlengkapan pipa yang hemat air
- Meminimalkan kerusakan dari luar pada habitat alami
- Sumber daya alternatif seperti tenaga angin dan tenaga surya
- Bahan yang non-sintesis dan tidak beracun
- Kayu dan batu yang didapat secara lokal
- Hutan yang ditebang dengan tanggung jawab

- Penggunaan kembali bangunan tua secara adaptif
- Penggunaan arsitektur daur ulang dan efisiensi penggunaan ruang.

Proses desain *green building* dimulai dengan memahami mendalam tentang area dalam segala kompleksitas dan keindahannya. Pendekatan ekologis dirancang dengan tujuan memperkenalkan fungsi *ecology* pada tempat yang menerapkannya dengan menyediakan habitat, merespons pergerakan matahari, menetralisasi udara serta menyerap, menyaring dan menyimpan air. Desainer dapat meniru fungsi ekosistem tertentu seperti spesies yang subur yang dapat memanfaatkan habitat dalam struktur buatan manusia. Habitat baru yang diciptakan pada struktur di perkotaan menjadi sangat penting untuk mendukung keanekaragaman hayati dan ekosistem yang sehat (Thomas, 2009).



Gambar 2. Elemen Desain Bangunan Hijau (sumber: Ragheb et al, 2016)

Eco-green

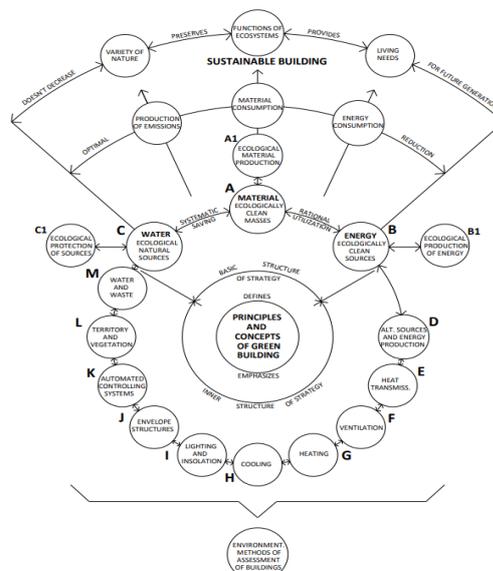
Menurut Bielek (2012) dalam bidang teknologi arsitektur, ini termasuk pada interaksi antara “*mass - ecology - energy*” yang berasal dari keseimbangan alami energi dan massa. Sehingga pada interaksi umum dalam isu spesifik arsitektur mengubahnya menjadi hubungan sistem antara “*building - climate (ecology) - energy*”, pada gambar 2. Dalam hubungan sistem ini *building* mewakili masa yang termasuk di dalamnya material dan desain konstruksi yang sama dari elemen, detail dan sistem di dalamnya. Untuk *climate (ecology)* mewakili lingkungan luar maupun dalam pada lingkup kompleks parameter fisik, dan kimianya. Dalam istilah iklim juga termasuk kualitas ekologi lingkungannya. Sedangkan energi menyatakan kemampuan sistem material yang mampu bekerja berdasarkan perubahan dari dalam. Hubungan sistem ini didefinisikan dalam bentuk, kebutuhan kuantitatif agar tercapainya kenyamanan yang diperlukan pada bangunan dan pada iklim luar non-stasioner tertentu. Jika dalam hubungan “*building - climate (ecology) - energy*” yang menjadi prioritasnya adalah *ecology - climate* ini termasuk dalam *green architecture*. Dengan fungsi ekologi utama, kenyamanan tinggi bangunan

dapat dihasilkan dengan adanya penghematan energi yang sistematis dan iklim interior yang sehat berdasarkan bahan material yang bersih secara ekologis termasuk ke dalam bangunan hijau (*Green Building*).



Gambar 3. Hubungan Sistem dalam Teknologi Arsitektur (sumber: Bielek, 2012)

Pada penggunaan bahan bangunan dalam strategi dasarnya yang mengarah pada massa yang bersih secara ekologis mewakili bahan detail desain konstruksi, elemen dan sistem bangunan. Pembuatan bahan bangunan merupakan yang utama pada teknik material dan dalam strategi prinsip serta konsep bangunan hijau. Pada bidang energetika yang menjadi utama adalah sumber energi alternatif yang dapat diperbarui sendiri dan dalam pembuatan sinergi secara ekologis. Sehingga interaksi antara sumber energi alteratif dan produksi energi ekologis merupakan elemen penting pada strategi, prinsip dan penerapan konsepnya. Untuk bidang sumber air harus berorientasi pada sumber daya alam yang bersih secara ekologis dan dalam perlindungan sistematis dari polusi limbah. Sehingga interaksi air dan limbah serta interaksi wilayah dan vegetasi merupakan elemen penting pada konsep bangunan hijau.



Gambar 4. Struktur dan Konsep Penerapan Green Architecture (sumber: Bielek, 2012)

Konsep *eco-green* berfokus pada efisiensi setiap aspek bangunan, lingkungan serta kenyamanan

pengguna seperti penggunaan material ramah lingkungan, pemanfaatan cahaya alami, pengelolaan air bersih, dan kotor (limbah) yang baik serta efisiensi penggunaan energi pasif dalam arti luas mengutamakan hemat energi, berkelanjutan, dan ramah lingkungan (Triyanto, dkk, 2020).

Menurut Zefri (2019) *eco-green* merupakan istilah yang berarti “*one with nature*” yang metaforanya sebuah karakteristik dengan daya dukung lingkungan yang menjadi perhatian utama dalam pembangunan/konstruksi maupun pada pembangunan pemukiman/perumahan. Dalam aspek *eco-green* terdapat beberapa prinsip dalam pengembangan perumahan atau hunian, yaitu:

Tabel 1. Penerapan Prinsip *Eco-green* pada bangunan

No	Prinsip <i>Ecogreen</i>	Penerapan prinsip <i>Ecogreen</i> pada bangunan
1	<i>Smart Design</i>	Penerapan <i>smart design</i> dengan memperhatikan orientasi bangunan, serta memaksimalkan fungsi ruang baik <i>interior</i> maupun <i>exterior</i> .
2	Eco - Material	Pemilihan material yang ramah lingkungan pada bangunan maupun <i>furniture</i> yang didapat dengan cara didaur ulang atau pemanfaatan kembali material sisa bangunan.
3	Efisiensi Energi	Dalam mengurangi pemanasan global dan pemborosan penggunaan listrik pada bangunan serta dapat memaksimalkan penggunaan energi alami terhadap bangunan.
4	Pengolahan Air	Efisiensi air dalam menghemat penggunaan air dengan pemanenan air hujan dan pengolahan air limbah pada bangunan sehingga dapat digunakan kembali.
5	Lingkungan Sehat	Lingkungan yang sehat dengan adanya vegetasi yang berfungsi sebagai produksi oksigen sekitar bangunan.

Liu, dkk (2021) mengatakan komunitas perumahan *eco-green* dilengkapi dengan perangkat pengumpulan dan pemanfaatan energi alami, adanya fasilitas pengelolaan dan penggunaan kembali (daur

ulang) limbah. Penggunaan bahan dinding dengan kenyamanan termal dan bahan material dengan tingkat polusi yang rendah serta membangun fasilitas pembuangan sampah, lanskap ekologi basah dan sebagainya. Efisiensi ruang juga merupakan hal terpenting dengan tata letak fleksibel yang dapat dibagi atau digabungkan sehingga dapat menciptakan sistem ruang terbuka hijau dan menyediakan zona hijau pejalan kaki di dalam lingkungan sebagai upaya untuk mengurangi polusi udara yang disebabkan kendaraan bermotor perkotaan.

Penggunaan intensif sumber daya dan energi adalah inti prinsip dari lingkungan hijau seperti perlindungan dan penggunaan kembali sumber daya air adalah komponen inti dari konservasi energi. Sehingga perlu mempertimbangkan untuk mewujudkan daur ulang air dan penggunaan air secara intensif untuk mengeksplorasi pemulihan ekologi badan air yang tercemar, pasokan air yang difraksinasi dan penggunaan sumber daya air yang non-konvensional secara komprehensif seperti sistem pengolahan air yang dipasang pada bangunan untuk dikendalikan melalui tangkapan air hujan yang disimpan sebagai air untuk lanskap di lingkungan tersebut kemudian air yang tersisa setelahnya dapat dialirkan ke sungai atau parit sekitarnya. Untuk meningkatkan efisiensi sumber daya diperlukan pengelolaan teknologi serta penggunaan energi terbarukan dan energi bersih seperti pemanfaatan energi surya dan angin secara aktif juga diperhatikan. Sehingga fokus utama adalah pada pengelolaan hemat energi pasif, eksplorasi penerapan teknologi baru melalui tata letak, orientasi, pada struktur, dan fasad bangunan itu dikombinasikan dengan simulasi lingkungan dan penggunaan energi yang dapat didaur ulang untuk mencapai sumber daya yang intensif.

METODE PENELITIAN

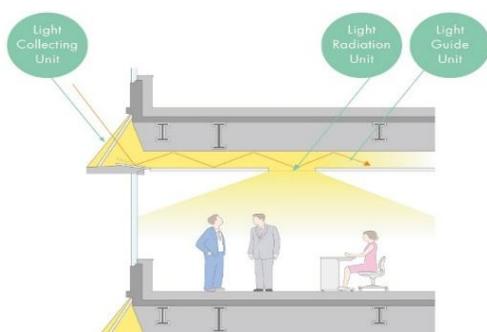
Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan jenis penelitian deskriptif yaitu dengan menginterpretasikan suatu objek pembahasan yang didasari oleh landasan teori terkait. Menurut Sugiyono (2005:21) menyatakan bahwa metode deskriptif adalah suatu metode yang digunakan untuk menggambarkan atau menganalisa suatu hasil penelitian tetapi tidak digunakan untuk membuat kesimpulan yang lebih luas. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan teknik pengumpulan data sekunder. Data sekunder didapatkan melalui kajian literatur yang didapatkan dari bacaan seperti jurnal, skripsi/thesis, buku dan sumber tertulis lainnya.

PEMBAHASAN

Efisiensi Energi

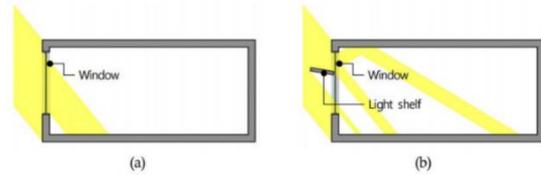
Menurut Horn (1998) adanya strategi yang dapat dilakukan untuk mengurangi ketergantungan kita pada bahan bakar fosil dan perlunya untuk menggunakan energi yang lebih efisien. Pemanfaatan sumber daya energi pada rumah dapat dilakukan dengan memaksimalkan pemanfaatan cahaya sinar matahari yang masuk ke dalam ruangan. Dengan adanya pengaturan cahaya yang masuk ke dalam ruangan. Pemanfaatan energi matahari tidak hanya pada paparan sinar yang masuk ke dalam ruangan tetapi pengolahan panas matahari. Efisiensi energi merupakan penghematan terhadap energi tetapi bukan berarti mengurangi segala kegiatan terkait penggunaan energi yang berdampak pada pengurangan kualitas hidup tetapi juga melakukan penghematan energi dengan memaksimalkan penggunaan energi yang tersedia sesuai dengan kebutuhan. Dalam aspek bangunan dapat dilakukan melalui rancangan bangunan yang dapat mengurangi penggunaan listrik baik untuk penggunaan pencahayaan buatan maupun dalam penghawaan dalam ruangan (Handayani, 2010). Magdalena dan Tondobala (2016) mengatakan ada beberapa fitur pencahayaan pasif yang dapat diterapkan dalam pemanfaatan cahaya matahari:

- *Mirror Ducts* (saluran cermin) penangkapan cahaya matahari melalui bukaan eksternal kemudian disalurkan ke saluran reflektif horizontal pada langit-langit buatan. Cahaya akan menyebar melalui langit-langit pada ruangan sehingga tidak memerlukan tenaga listrik.



Gambar 5. Mirror Duct System
(sumber: google, 2021)

- *Light Shelves*, yang merupakan sebuah permukaan reflektif yang dapat memantulkan cahaya matahari ke dalam ruangan. *Light shelves* ini juga berfungsi untuk menjaga suhu ruangan agar tetap memberikan kenyamanan *thermal* sehingga terletak pada setiap atas jendela tetapi dapat memantulkan cahaya matahari agar masuk ke dalam ruangan.



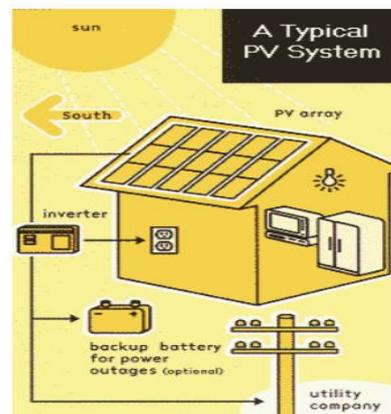
Gambar 6. Light Shelves System
(sumber: google, 2021)

- Pipa Cahaya, merupakan sebuah pipa yang melekat pada atap bangunan yang berfungsi sebagai media penyalur cahaya matahari ke dalam ruangan pada bangunan.



Gambar 7. Light Tube System
(sumber: google, 2021)

Selain pemanfaatan sumber daya energi dengan memanfaatkan panas matahari yang dapat diolah menjadi tenaga listrik. Pengolahan panas matahari dapat dilakukan dengan penggunaan panel surya *photovoltaic* yang mampu menyerap panas matahari untuk diolah menjadi tenaga listrik pada rumah. Jika penggunaan *photovoltaic* diterapkan maka penggunaan listrik pada rumah dapat berkurang dan dapat mengurangi biaya operasional rumah serta mengurangi CO₂ yang dapat menyebabkan pemanasan global.



Gambar 8. PV System
(sumber: Mintorogo, 2004)

Efisiensi Air

Mengambil keuntungan dari sumber air alternatif adalah salah satu upaya yang mungkin untuk

tantangan penyediaan air bersih, kekurangan air dan perlindungan lingkungan. Sumber air baku yang tersedia seperti air hujan, air laut dan air payau, air keruh, dan air limbah domestik/kota. *Grey water* merupakan sumber yang paling menguntungkan dalam hal keandalan, ketersediaan, dan kualitas air bakunya (Dixon et al. 1999; Nolde, 1999 didalam Masi et al., (2015). Menurut Abduh (2017) efisiensi air dapat dilakukan dengan penerapan 3P yaitu pengurangan, penggunaan kembali air, dan pelestarian air. Beberapa upaya yang dapat dilakukan untuk menghemat air antara lain:

- Menggunakan *shower* pada saat mandi dapat menghemat air sekitar 60% dibandingkan penggunaan wadah seperti gayung yang lebih boros menghabiskan air sekitar 15 liter.
- Penampungan air hujan menggunakan sistem penampungan air (*reservoir*) bawah tanah. Sumber air yang berasal dari atap atau permukaan melalui *paving* pori. Dengan menampung air hujan dapat mencegah genangan air pada permukaan tanah dan menghemat energi listrik untuk memompa air.
- Adanya penghijauan seperti rumput dan tanaman dapat membantu bumi dalam mengolah kembali air yang diserap ke dalam tanah menjadi air bersih dan dapat juga dengan upaya pembuatan lubang resapan biopori yang dapat mengatasi genangan air atau banjir.

Pemanfaatan atau pengelolaan air hujan yang baik dapat menimbulkan manfaat yang sangat besar sebagai sumber air bersih atau kemungkinan dapat menjadi air untuk dikonsumsi dengan pengolahan yang benar, mencegah banjir, tanah longsor, mencegah penurunan tapak tanah, dan dapat melakukan konservasi air tanah. Sedangkan pemanenan air hujan adalah sebuah sistem dalam pemanfaatan air hujan yang terdiri dari tiga elemen dasar yaitu area pengumpulan, sistem alat angkut, dan fasilitas atau wadah penyimpanan. Tempat untuk mengumpulkan air hujan pada umumnya berada pada atap bangunan. Luas atap dan bahan material yang digunakan pada atap akan berpengaruh pada kuantitas dan kualitas air hujan yang ditampung. Sebuah sistem pengangkutan biasanya terdiri dari pipa atau talang sebagai sirkulasi aliran air hujan dari atap untuk di kumpulkan ke penyimpanan atau tangki air. Material yang digunakan dalam proses tersebut harus terbuat dari bahan inert agar terhindar dari efek buruk kualitas air tersebut (Indriatmoko dan Raharjo, 2015).

Air limbah merupakan air buangan (air bekas pakai atau air kotor) dari air bersih yang sudah digunakan sebelumnya. Air limbah terbagi menjadi beberapa kategori menurut pencemarannya: air hujan, air sabun (*grey water*), air tinja (air limbah manusia), air limbah industri. Air limbah yang berasal

dari kegiatan rumah tangga seperti (cuci piring, cuci pakaian, mengepel lantai), kegiatan mandi, cuci kendaraan, dan sebagainya. Jika air ini bebas dari indikasi minyak, bahan pelumas lain serta bahan kimia, dapat dimanfaatkan untuk menyiram tanaman seperti bunga, sayur dan sebagainya atau juga dapat diolah secara biologis sebelum dirembeskan ke dalam tanah.

• Pemanenan Air Hujan (*Rain Harvesting*)

Rain harvesting merupakan sebuah elemen pembentuk arsitektur hijau pada tapak yang berfungsi sebagai wadah pengumpulan, penyimpanan, dan kemudian pendistribusian air hujan untuk digunakan di dalam maupun di luar rumah. *Rain harvesting* juga sebuah metode konservasi air tradisional dan berkelanjutan karena mudah untuk digunakan dengan tujuan konservasi (Rahman dalam Utami et. al., 2019). Pengaplikasian efisiensi air pada skala bangunan memiliki standar dengan mempertimbangkan kebutuhan air, penggunaan air, pemanfaatan sistem *recycle* air limbah atau *grey water* dan pemanfaatan *rain water harvesting* dan juga pengolahan air dapat menjaga keseimbangan air di dalam tanah dengan memperluas area penyerapan air, pembuatan lubang biopori yang merupakan sebuah efisiensi penggunaan air lanskap yang dapat juga digunakan untuk menyiram tanaman.



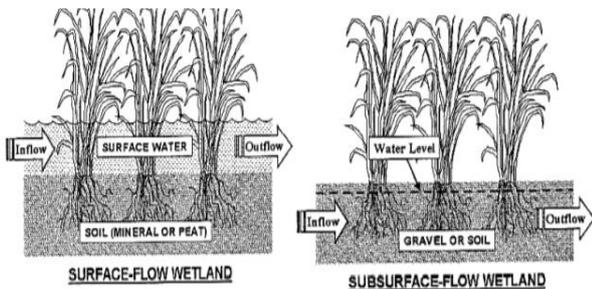
Gambar 9. *Rain Harvesting System*
(sumber: Utomo et al., 2019)

Proses daur ulang air diharapkan dapat mengurangi jumlah volume pencemaran air kotor yang bisa dimanfaatkan kembali (*reuse*) sehingga kegiatan dalam bangunan tidak merusak lingkungan sekitarnya. Pada sistem *rain harvesting*, air hujan ditampung di dalam wadah atau tangki yang kemudian diolah melalui filterisasi yang menghasilkan air bersih. Pada dasarnya pemanfaatan yang ditawarkan *rain harvesting* adalah penggunaan kembali air hujan yang diolah untuk keperluan di dalam maupun di dalam rumah (Utomo et al., 2019)

- **Waste Water Garden**

Pengolahan limbah domestik dengan menggunakan konsep fitoremediasi dengan metode *Constructed Wetland* atau yang sering disebut Lahan Basah. Metode ini menggunakan tumbuhan dikenal sebagai WWG (*Waste Water Garden*) yang berupa kolam dengan pasangan batu dan diisi oleh media koral setinggi 80 cm yang kemudian di dalamnya ditanami tumbuhan air (*Hydrophyte*). Selanjutnya air limbah (*grey water* dan *effluent* dari *septic tank*) dialirkan ke dalam *Waste Water Garden*. Agar mendapatkan hasil yang optimal maka ketinggian air harus dijaga dengan tinggi 7 cm sampai 10 cm di bawah permukaan koral. Hal ini dilakukan agar terhindar pencemaran bau dan lalat/serangga lainnya (Pemda Jakarta, 2010 dan Dirjen Cipta karya, Dep PU 2010) di dalam (Poedjowibowo, 2011).

Supradata (2005) mengidentifikasi sistem pengolahan air limbah dengan lahan basah buatan (*Constructed Wetland*) menjadi 2 kategori, yaitu sistem aliran permukaan (*Surface Flow Constructed Wetland*) atau FWS (*Free Water System*) dan sistem aliran bawah permukaan (*Sub-Surface Flow Constructed Wetland*) atau *SSF-Wetlands*. Perbedaan dari kedua sistem dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 10. Sistem Aliran Permukaan (kiri) dan Sistem Aliran Bawah Permukaan (kanan) (sumber: Supradata, 2005)

Pengolahan *Grey water* ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber air alternatif untuk mengatasi kekurangan defisit air di wilayah perkotaan. Hasil dari pengolahan *grey water* ini bisa dimanfaatkan untuk kebutuhan *non-portable* seperti untuk menyiram tanaman, mencuci kendaraan, dan kebutuhan lainnya. Selain untuk kebutuhan *non-portable* manfaat lain dari pengolahan air limbah atau *grey water* ini dapat mengurangi pencemaran air limbah yang mengalir ke drainase perkotaan dan menciptakan ekologi yang baik bagi sanitasi kota yang berkelanjutan (Qamariyah et al., 2016).

Bagaimana Pengaruh Efisiensi Energi dalam pemanfaatan cahaya pada bangunan dan penggunanya?

Dalam efisiensi energi pada bangunan memanfaatkan cahaya matahari pada penerangan di dalam ruangan merupakan langkah dalam mengurangi CO₂ yang dihasilkan dari penggunaan listrik untuk menggunakan pencahayaan buatan pada bangunan. Pengaruh pemanfaatan pencahayaan alami dalam efisiensi energi pada bangunan adalah orientasi arah bangunan yang dapat memaksimalkan cahaya alami dapat masuk ke dalam bangunan. Kemudian perlunya penataan bukaan yang tepat dengan menyesuaikan pergerakan matahari agar memaksimalkan paparan cahaya alami yang masuk ke dalam bangunan. Selain itu, pemilihan warna dalam bangunan yang dapat memantulkan cahaya yang baik seperti warna yang tidak terlalu terang karena akan menyebabkan ketidaknyamanan visual pengguna. Untuk mengurangi panas yang dapat merambat ke dalam bangunan maka harus memperhatikan material dengan konduksi yang bagus sebagai penghantar panas yang baik. Penggunaan teknologi surya atau *photovoltaic* juga berpengaruh pada atap bangunan. Orientasi peletakan atau pemasangan *photovoltaic* juga harus menghadap ke matahari agar hasil energi yang disimpan dapat secara optimum.

Pemanfaatan efisiensi energi akan memberikan pengaruh pada penggunanya seperti mendapat pencahayaan yang tidak berbayar. Dalam kenyamanan visual pengguna lebih menyukai berada di tempat yang terang dari pada di tempat yang gelap sehingga perlu diperhatikan pemerataan bukaan pencahayaan yang masuk ke dalam bangunan. Pemanfaatan energi matahari dapat mengurangi penggunaan pencahayaan buatan dari energi listrik berlebihan yang akan menyumbangkan CO₂ dan dapat meningkatkan pemanasan global sehingga ini akan sangat berpengaruh bukan hanya kepada pengguna tetapi juga manusia lainnya.

Bagaimana Pengaruh Efisiensi Air pada bangunan dan penggunanya?

Efisiensi air tidak hanya dalam penghematan penggunaan air tetapi juga dalam pengelolaan dan pelestarian air. Penggunaan kembali air limbah maupun pengelolaan air hujan termasuk dalam efisiensi air pada aspek pengelolaan air. Penerapan *rainwater harvesting* dan pengolahan *greywater* memiliki pengaruh pada bangunan. Dalam penerapan *rainwater harvesting* peletakan wadah penyimpanan air atau tangki air bisa jadi bagian dalam bangunan atau dibangun khusus atau terpisah. Jika tangki air penyimpanan berada pada bangunan maka ada penataan ruang pada bangunan. Material pada atap dan talang sebagai permukaan jatuhnya air hujan

harus terbuat dari bahan inert dengan kualitas yang bagus untuk menghindari dampak yang buruk pada kualitas air hujan yang di kumpulkan. Pengolahan air limbah atau *greywater* dengan *waste water garden* akan terkait dengan sistem utilitas bangunan yang dapat mengantarkan aliran pipa air limbah menuju tempat pengolahan. Aliran pipa pembuangan dari wastafel, air bekas cuci piring, air dari kamar mandi yang mengarah ke wadah tumbuhan air.

Pemanenan air hujan (*rainwater harvesting*) dan air limbah (*greywater*) akan berpengaruh pada penggunaan air dalam sehari-hari. Dengan melakukan pemanenan air hujan akan mengurangi genangan air saat hujan yang dalam jumlah besar kemungkinan terjadinya banjir. Pemanfaatan air hujan yang dapat digunakan dalam keseharian seperti untuk mencuci dan menyiram berbagai hal bahkan dengan melakukan filterisasi yang baik bisa air hujan bisa dikonsumsi dan adanya ketersediaan air hujan yang dapat diolah menjadi air bersih dapat mengurangi dampak kekeringan air saat kemarau. Begitu juga pada pengolahan air limbah yang dapat digunakan kembali seperti mencuci kendaraan, menyiram toilet dan lain sebagainya. Dalam aspek lingkungan, pengolahan air limbah yang baik akan mengurangi pencemaran air pada drainase kota dan akan menciptakan ekologi yang sehat.

KESIMPULAN

Eco-green dalam pengaplikasian pada bangunan termasuk ke dalam efisiensi energi dan air pada bangunan suatu hal dalam menghemat, mengolah dan memaksimalkan penggunaan energi dan air. Pentingnya melakukan efisiensi energi dan air disebabkan tingginya ketergantungan manusia pada pemborosan baik terhadap energi maupun air sehingga menyebabkan peningkatan *global warming* dan kekeringan air. Penerapan efisiensi energi dan air akan berdampak positif bagi alam maupun manusia baik secara ekonomi, sosial maupun lingkungan sekitar.

Penerapan efisiensi energi akan memberikan pengaruh terhadap bangunan seperti mengatur orientasi bangunan terhadap matahari, penataan ventilasi, jendela dan bukaan lainnya serta pemilihan warna material pada bangunan. Kemudian terdapat pengaruh efisiensi energi terhadap manusia seperti mendapatkan pencahayaan alami secara gratis, penghematan penggunaan listrik serta dapat mengurangi dampak negatif pada *global warming*. Begitu juga dengan efisiensi air akan memberikan pengaruh dalam penerapannya pada bangunan. Pada pemanenan air hujan ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengaplikasiannya seperti peletakan wadah penyimpanan air hujan, bahan

material yang digunakan dalam proses penampungannya dan sistem pemipaan pada bangunan terkait proses pemanenan air hujan. Kemudian dalam pengolahan *greywater* dengan metode *waste water garden* akan berpengaruh pada sistem utilitas yang akan dialirkan pada daerah pengolahan *greywater* dari bangunan, mengurangi genangan air sekitar bangunan serta dapat mengurangi pencemaran air pada lingkungan maupun drainase kota.

ACKNOWLEDGMENT

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Bu Laretna Trisnantari Adishakti dan seluruh pihak yang turut memberikan arahan dan dukungan dalam penulisan ini

DAFTAR PUSTAKA

- Abduh, M.Natsir. (2017). TEKNOLOGI GREEN PADA BANGUNAN BERKELANJUTAN. SINALTSUB-Seminar Ilmiah Nasional Teknik Sipil, Universitas Bosowa. Vol. 1, No. 4 pp 1-17.
- Bielek, Milan & Boris Bielek. (2012). Environmental Strategies for Design of Sustainable Buildings in Technique of Green Eco-Architecture. Faculty of Civil Engineering, Slovak University of Technology, Bratislava 813 68, Slovak Republic. 6, (7) (Serial No. 56), pp. 892–898.
- Burcu, G., 2015, "Sustainability Education by Sustainable School Design" Dokuz Eylul University, Department of Architecture, Turkey Procedia - Social and Behavioral Sciences 186 (2015) 868 – 873.
- Dewan Energi Nasional. (2019). "Outlook Energi Indonesia 2019." Jakarta Selatan: Dewan Energi Nasional.
- Handayani, Teti. (2010). Efisiensi Energi dalam Rancang Bangunan. Spektrum Sipil, ISSN 1858-4896 Vol. 1, No. 2 : 102 – 108.
- Horn, A. (1998) A Manifesto for Green Architecture: 6 Broad Principles for a Greener Approach to Architecture, Eco Design, Cape Town.
- Indarto, Eddy, et al. "Kesesuaian Posisi Orientasi dan Kemiringan Solar Sel pada Bidang Selimut Bangunan dalam Manifestasi Arsitektur Aktif Desain." *Modul*, vol. 15, no. 1, pp. 13-22.
- Indriatmoko, R.H. dan Nugro Rahardjo. (2015). KAJIAN PENDAHULUAN SISTEM PEMANFAATAN AIR HUJAN. JAI: Jurnal Air Indonesia. Vol. 8, No. 1.
- Lacroix, R.N., Stamatiou, E., & Stamatiou, E. (2007). Green Architecture and Sustainable Development: Applications & Perspectives.
- Liu, Yang, Yuhui Sun, Ang Yang, Jing Gao, (2021). "Digital Twin-Based Ecogreen Building Design",

- Complexity, vol. 2021, Article ID 1391184, 10 pages.
- Lens, P., Zeeman, G. & Lettinga, G. (2001). Decentralised Sanitation and Reuse: Concepts, Systems and Implementation, IWA Publishing, UK, ISBN: 1-900222-47-7.
- Magdalena, Enggrila D. & Linda Tondobala. (2016). IMPLEMENTASI KONSEP ZERO ENERGY BUILDING (ZEB) DARI PENDEKATAN ECO-FRIENDLY PADA RANCANGAN ARSITEKTUR. *Jurnal Media Matrasain*, Vol. 13, No. 1, pp
- Masi, Fabio & Rizzo, Anacleto & Bresciani, Riccardo. (2015). Green architecture and water reuse: examples from different countries. *Sustainable Sanitation Practice*. 4-10.
- Mintorogo, Danny Santoso. (2004). STRATEGI APLIKASI SEL SURYA (PHOTOVOLTAIC CELLS) PADA PERUMAHAN DAN BANGUNAN KOMERSIAL. DIMENSI (Journal of Architecture and Built Environment). Faculty of Civil Engineering and Planning, Petra Christian University. Vol.28, no. 2, pp 129- 141.
- Priatman, Jimmy. (2004). "ENERGY - EFFICIENT ARCHITECTURE" PARADIGMA DAN MANIFESTASI ARSITEKTUR HIJAU". DIMENSI (Journal of Architecture and Built Environment). Faculty of Civil Engineering and Planning, Petra Christian University. Vol.30, no. 2, pp 167- 175.
- Qomariyah, Siti., Koosdaryani, Ruth Diyas. K.F. (2016). PERENCANAAN BANGUNAN PENGOLAHAN GREY WATER RUMAH TANGGA DENGAN LAHAN BASAH BUATAN DAN PROSES PENGOLAHANNYA. *MATRIKS Teknik Sipil*. Vol. 4, No. 3, pp 939 – 945.
- Poedjowibowo, D. (2011). INFRASTRUKTUR LIMBAH TERPADU DALAM TAMAN LINGKUNGAN PERMUKIMAN. *Jurnal Lanskap Indonesia*, 3(2)
- Ragheb, Armani, Hisham E.S & Ghada Ragheb. (2016). Green Architecture: A Concept of Sustainability. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. Vol. 216 pp 778 – 787.
- Regelsberger, M., Baban, A., Bouselmi, L., Abdel Shafy, H. L. & El Hamouri, B. (2007). Zer0-M, sustainable concepts towards a zer0 outflow municipality, *Desalination* 215, 64–72.
- Roy Madhumita. (2008). Dept. Of architecture, Jadavpur university, Kolkata, India, "Importance of green architecture today".
- Sugiyono. (2005). *Metode Penelitian Kualitatif*. Bandung: Alfabeta.
- Sumarni, E. Hadi, T.W. Subagyono, K, Puspito, N.T. (2013). Deteksi Dini dan Estimasi Dampak Kekeringan terhadap Waktu Tanam dan Produksi Padi Berdasarkan Indeks ENSO dan Prediksi Musiman Asambel. Laporan Kemajuan II Disertasi. Institut Teknologi Bandung.
- Supradata. 2005. Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Tanaman hias *Cyperus alternifolius*, L. dalam Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (SSF-Wetlands). Tesis Program Pasca Sarjana Magister Ilmu Lingkungan, Univ. Diponegoro. Semarang.
- Thomas Rettenwender, 2009, M.A., Mag. Arch., LEED AP, Architect and Niklas Spitz Monterey Peninsula College INTD62 Spring 2009" *The Principles of Green Building Design*" Spring 2009.
- Triyanto, dkk. (2020). Kantor Sewa Ecogreen di Semarang Ecogreen Rental Office In Semarang. *Journal of Architectural*. Universitas Pandanaran. 6, (1).
- Utami, S., Nugroho, A., & Nikita. (2019). Konservasi Dengan Rain Water Harvesting System Sebagai Solusi Efektif Bagi Bangunan Sekolah. *JPLB*, Vol. 3 (No. 1), Pp 258-271.
- Zefri, Nurwahyi. Concept Development Housing and Settlement of Coastal Areas based on Eco-Green: Case Study-Coastal Areas Babelan and Tarumajaya District Bekasi West Java, Indonesia. *Journal of Environmental Science and Public Health* 3 (2019): 461-473.