



# RENOVASI BANGUNAN BERDASARKAN KONSEP GREEN BUILDING DAN SMART CAMPUS PADA ASET SEKOLAH INDONESIA RAYA KOTA BANDUNG

Daniyah Nurkhalisha Oktafian<sup>1</sup>, Moch. Yusup<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Manajemen Aset, Jurusan Administrasi Niaga, Politeknik Negeri Bandung, Kota Bandung

Surel: <sup>1</sup> daniyah.nurkhalisha.mas19@polban.ac.id; <sup>2</sup> moch.yusup@polban.ac.id

Vitruvian vol 13 no 1 Oktober 2023

Diterima: 13 07 2023

Direvisi: 31 10 2023

Disetujui: 31 10 2023

Diterbitkan: 31 10 2023

## ABSTRAK

Sekolah Indonesia Raya memiliki permasalahan terkait *green* dan *smart* diantaranya yaitu belum tersedia parkir sepeda, kurangnya area vegetasi, konsumsi energi yang besar, tidak ada biopori, tidak menggunakan *gray water*, keran air tidak menggunakan *autostop*, tidak ada pemisahan sampah, pencahayaan kurang, alat bantu *virtual classroom* terbatas dan absensi dilakukan secara manual. Tujuan proyek ini adalah untuk merencanakan renovasi bangunan berdasarkan konsep *green building* dan *smart campus* pada aset bangunan Sekolah Indonesia Raya. Dasar teori yang digunakan adalah *Green Building* dan *Smart Campus*. Metode proyek yang digunakan adalah metode deskriptif dengan pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Teknik pengumpulan data yang digunakan yakni observasi, wawancara, studi dokumentasi, dan *benchmarking*. Hasil proyek ini meliputi: (1) dilihat dari hasil rancangan, hasil proyek sudah sesuai dengan tujuan; (2) diperoleh rancangan *green building* dan *smart campus* mengenai pengembangan lahan, konservasi air, energi, kualitas sumber daya, penggunaan material, dan sekolah pintar; (3) konsep *green* dan *smart* berpengaruh terhadap masalah yang terjadi; (4) menghasilkan output berupa desain 3D, rekomendasi material, estimasi biaya dan animasi video dan (5) Estimasi biaya renovasi aset bangunan di Sekolah Indonesia Raya sebesar Rp1.997.210.583 tahun perhitungan 2023. Hasil proyek ini dapat dijadikan acuan bagi pengelola sekolah untuk melakukan renovasi berdasarkan konsep *green building* dan *smart campus*.

**Kata Kunci:** bangunan sekolah, *green building*, renovasi, *smart campus*.

## ABSTRACT

The Indonesia Raya School has problems related to green and smart, including the unavailability of bicycle parking, lack of vegetation area, large energy consumption, no biopores, no gray water, no autostop taps, no waste segregation, insufficient lighting, assistive devices virtual classroom is limited and attendance is done manually. The aim of this project is to plan a building renovation based on the concept of green building and smart campus on the building assets of Sekolah Indonesia Raya. The basic theory used is Green Building and Smart Campus. The project method used is descriptive method with a quantitative and qualitative approach. Data collection techniques used are observation, interviews, documentation studies, and benchmarking. The results of this project include: (1) seen from the results of the design, the results of the project are in accordance with the objectives; (2) obtaining green building and smart campus designs regarding land development, water conservation, energy, quality of resources, use of materials, and smart schools; (3) green and smart concepts affect the problems that occur; (4) produce output in the form of 3D designs, material recommendations, cost estimates and video animations and (5) Estimated cost of renovating building assets at the Indonesia Raya School in the amount of Rp. 1,997,210,583 in 2023. The results of this project can be used as a reference for school managers carry out renovations based on the concept of green building and smart campus.

**Keywords:** school building, green building, renovation, smart campus

## PENDAHULUAN

Pembangunan sekolah berkelanjutan merupakan salah satu rintangan yang signifikan di abad kedua puluh satu, terutama setelah meningkatnya kebutuhan untuk belajar dan meningkatkan daya tarik dari peningkatan jumlah siswa (Al Shboul, 2018). Pendidikan yang berkualitas dapat diwujudkan dengan memperhatikan infrastruktur berupa bangunan gedung sekolah karena bangunan merupakan sektor konsumsi sumber daya alam dunia kedua terbesar setelah sektor industri makanan. Oleh karena itu, pelaku industri bangunan mengambil peran sangat penting untuk dapat mengurangi dampak lingkungan yang menyebabkan pemanasan global (Berger, 2009).

Aset bangunan memberikan 33% emisi CO<sup>2</sup>, menghabiskan 17% air bersih, 25% bahan kayu, 30- 40% penggunaan bahan mentah dan 40-50% penggunaan energi untuk pembangunan dan operasionalnya (GBCI, 2010). Aset bangunan sekolah memiliki peranan penting untuk memberikan pelayanan bagi masyarakat (Wahyuni & Khoirudin, 2020). Maka perlu dilakukan penerapan konsep *green building* yang digabungkan dengan konsep teknologi digital yang berfokus pada pengembangan dan penggunaan teknologi yang berkelanjutan untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan (Arifin dkk, 2023).

Aset bangunan Sekolah Indonesia Raya tidak memenuhi kriteria bangunan *green* dan *smart*. Permasalahan pada objek diantaranya belum tersedia fasilitas parkir sepeda, area vegetasi belum sesuai standar, konsumsi energi yang besar, tidak ada biopori atau sumur resapan, tidak menggunakan *gray water*, keran air tidak menggunakan *autostop*, tidak menggunakan material bekas, tidak ada pemisahan sampah, tingkat pencahayaan kurang, alat bantu *virtual classroom* masih terbatas dan absensi dilakukan secara manual.

Perlu dilakukan upaya renovasi aset bangunan menggunakan konsep *green* dan *smart* sebagai cara mengurangi dampak kerusakan lingkungan. Tujuan proyek ini adalah untuk merencanakan renovasi aset bangunan Sekolah Indonesia Raya berdasarkan *green building* dan *smart campus* dan mengetahui estimasi biaya yang dibutuhkan.

Tinjauan teori yang digunakan pada proyek renovasi aset bangunan di Sekolah Indonesia Raya ini yaitu konsep *green building* (Ragheb et., al, 2016) dilakukan berdasarkan 5 dimensi yaitu *Sustainable Site Design, Water Conservation and Quality, Energy and Environment, Indoor Environment Quality* dan *Conservation of Materials*, sedangkan konsep *smart building* (Wardani, 2017) dilakukan berdasarkan 2 dimensi yaitu *iLearning* dan *iManagement*.

## METODOLOGI

Metode proyek yang digunakan adalah metode deskriptif dengan pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Jenis data yang digunakan adalah data kualitatif dan data kuantitatif. Teknik pengumpulan data yang digunakan yakni observasi, wawancara, studi dokumentasi dan *benchmarking*. Teknik analisis data pada proyek menggunakan analisis deskriptif dengan melakukan evaluasi kondisi eksisting terhadap persyaratan *Green Building* dari GBCI yang meliputi perhitungan luas RTH, luas jendela, luas ventilasi, estimasi biaya pembangunan dan biaya pengadaan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berbagai standar harus dipenuhi saat bangunan akan direnovasi misalnya persyaratan kebakaran, aksesibilitas, dan tingkat kebisingan. Standar ini dibahas dalam hal bagaimana bangunan akan memenuhinya setelah renovasi (Palm & Reindl, 2016). Maka, perlu dilakukan analisis objek proyek.

### 1. Analisis Objek Proyek

#### a. Analisis Aspek Fisik Gedung

Proyek memiliki lokasi yang strategis, memiliki aksesibilitas yang mudah, ukuran lahan sebesar 2.148 m<sup>2</sup>, bentuk lahan persegi panjang, kontur tanah flat – datar, dan dekat dengan fasilitas umum.



Gambar 1 Objek Proyek



#### b. Analisis Kepatuhan Regulasi

Berdasarkan Dokumen RTRW Kota Bandung Tahun 2011-2031, tata guna lahan proyek memiliki karakteristik pemukiman padat penduduk. Untuk tata guna bangunan KDB 70%, KLB 1,4, KDH 10% dan GSB ½ lebar jalan.

#### c. Analisis Efisiensi Energi dan Air

Berdasarkan analisis efisiensi energi, kurangnya pemanfaatan pencahayaan alami di beberapa ruangan di Sekolah Indonesia Raya dan Intensitas Konsumsi Energi (IKE) di Sekolah Indonesia Raya termasuk kategori cukup efisien dengan nilai IKE sebesar 13,32 kWh/m<sup>2</sup>/bulan. Berdasarkan analisis efisiensi air, tidak ada volume meter, tidak menghitung prediksi penggunaan dan perencanaan air, belum menerapkan pengelolaan air, dan konsumsi air melebihi standar yaitu sebesar 5.000 liter/hari.

#### d. Analisis Kesehatan dan Keselamatan Bangunan

Terdapat material seperti asbes yang berbahaya bagi kesehatan, material yang rusak dan sehingga dapat menimbulkan ancaman bahaya terhadap pengguna gedung.

### 2. Analisis Situasi dan Kebutuhan Proyek

Berikut analisis situasi dan kebutuhan untuk merancang bangunan.

#### 1. Sustainable Site Design

##### a. Motor Vehicle Reduction

Sekolah Indonesia Raya tidak memiliki tempat parkir sepeda untuk mengurangi kendaraan bermotor. Pada lahan parkir di Sekolah Indonesia Raya hanya ada tempat parkir untuk mobil dan sepeda. Maka, diperlukan pengadaan fasilitas parkir sepeda sesuai ketentuan yang berlaku dan disesuaikan dengan jumlah orang yang ada di sekolah.

##### b. Site Landscaping

Total luas RTH di Sekolah Indonesia Raya yaitu 147,42 m<sup>2</sup>. Namun, berdasarkan ketentuan luas RTH minimum di Sekolah Indonesia Raya sebesar 10% luas total lahan 2148 m<sup>2</sup> yaitu seluas 214,8 m<sup>2</sup>. Maka, dibutuhkan perluasan area hijau minimum sebesar 67,38 m<sup>2</sup>.

### 2. Water Conservation and Quality

#### a. Water Tap Efficiency

Sekolah Indonesia Raya belum menggunakan keran dengan fitur autostop, sehingga seringkali mengalami pemborosan air akibat keran yang tidak dimatikan. Selain itu, tidak adanya pencatatan pemakaian air setiap 80 bulannya dan belum adanya

evaluasi pemakaian air tiap bulannya untuk mengetahui ada atau tidaknya kebocoran air. Maka, diperlukan sistem pemantauan air berbasis sensor digunakan untuk mendukung upaya penghematan air.

#### b. Water Recycling

Sekolah Indonesia Raya tidak pernah mengolah air yang telah dipakai untuk digunakan kembali, dan tidak menggunakan gray water untuk kegiatan penyiraman tanaman. Maka dari itu, perlu dilakukan pengolahan air yang telah dipakai untuk digunakan kembali dengan grey water (air kelabu) yang merupakan air limbah yang didalamnya tidak terdapat kontribusi dari air toilet dan berpotensi untuk digunakan kembali.

#### c. Alternative Water Resource

Sekolah Indonesia Raya tidak memiliki biopori atau sumur resapan. Hanya terdapat selokan disekitar lapangan. Maka, diperlukan biopori atau sumur resapan di lapangan sekitar sekolah sebagai kegiatan penyaringan agar air dapat digunakan kembali dan sebagai salah satu langkah konservasi air dan penyelamatan lingkungan

### 3. Energy and Environment

#### a. System Energy Performance

Pencahayaan di Sekolah Indonesia Raya saat siang hari cukup terang, namun saat menjelang sore mulai gelap para siswa mulai mengantuk karena pencahayaan yang kurang. Maka, diperlukan pelebaran luas jendela dan tata letak jendela agar cahaya matahari dapat masuk kedalam ruangan

#### b. Less Energy Emissions

Sekolah Indonesia Raya belum menggunakan pembangkit energi terbarukan yang berguna untuk mengurangi emisi energi. Maka, diperlukan energi alternatif berupa panel surya untuk mengurangi penggunaan energi.

### 4. Indoor Environmental Quality

#### a. Environmental Tobacco Smoke Control

Sekolah Indonesia Raya tidak terdapat tanda dilarang merokok. Maka dari itu, perlu dibuat tanda dilarang merokok di area gedung sekolah.

#### b. Visual Comfort

Beberapa ruangan yang ada di Sekolah Indonesia Raya kurang nyaman secara visual. Lampu yang digunakan masih menggunakan lampu bohlam dengan jumlah 4 yang menghabiskan energi dan panas cukup besar. Maka, diperlukan penambahan lampu menggunakan lampu LED.

### c. *Thermal Comfort*

Sekolah Indonesia Raya tidak menggunakan material bangunan yang dapat mereduksi panas/menghambat aliran panas. Maka, diperlukan penggantian material bangunan yang dapat mereduksi/menghambat aliran panas.

## 5. *Conservation of Materials and Resources*

### a. *Environmentally Friendly Material*

Sekolah Indonesia Raya terdapat beberapa material ramah lingkungan yang digunakan. Namun, saat proses produksi sekolah tidak mempertimbangan dan tidak menggunakan material yang memiliki sertifikat sistem manajemen lingkungan. Maka dari itu, perlu digunakan material yang bersifat eco – label, menggunakan material secara efisien untuk mengurangi sisa material yang tidak terpakai, dan menggunakan material yang bahan baku dan proses produksinya ramah lingkungan.

### b. *Waste Management*

Sekolah Indonesia Raya tidak memiliki tempat sampah yang dibedakan berdasarkan jenisnya, hanya terdapat satu macam tempat sampah dengan jumlah 8 tempat sampah. Maka, perlu dilakukan pengadaan tempat sampah sesuai jenisnya agar dapat mempermudah pengelolaan sampah.

## 6. *iLearning & iManagement*

### a. *Smart Classroom*

Sekolah Indonesia Raya sudah menggunakan pembelajaran virtual classroom (VC) di ruangan kelas. Namun, hanya tersedia 4 alat bantu berupa proyektor untuk semua kelas di Sekolah Indonesia Raya sehingga seringkali ketika ingin menggunakan alat bantu tidak tersedia karena dipakai untuk pelajaran lain. Maka, perlu dilakukan penambahan alat bantu untuk mendukung konsep virtual classroom (VC) berupa proyektor, speaker, kamera untuk mendukung pembelajaran di kelas untuk guru maupun siswa.

### b. *Smart Attendance*

Kegiatan absensi di Sekolah Indonesia Raya masih menggunakan absen secara manual dan menghabiskan waktu sekitar 10 menit untuk mengecek kehadiran siswa, yang merupakan 12% dari waktu berjalannya kelas tiap pergantian guru dan pelajaran. Rata – rata waktu untuk absensi setiap harinya yaitu 50 menit yang merupakan pemborosan waktu. Maka, diperlukan sebuah sistem absensi pintar atau disebut

*Smart Attendance System* (SAS) untuk manajemen waktu kelas yang lebih efektif.

## 3. *Rancangan Renovasi Aset*

### 1. *Sustainable Site Design*

#### a. *Motor Vehicle Reduction*

Tolok ukur terpenuhinya tempat parkir sepeda disesuaikan dengan ketentuan yaitu 1 unit per 30 pengguna (GBCI, 2016). Perancangan lahan parkir sepeda membutuhkan rak khusus untuk menyimpan sepeda dengan jarak antar sepeda yaitu adalah 1m (Toronto Park Guide, 2008). Total dari siswa, guru dan tenaga pendidikan di Sekolah Indonesia Raya yaitu sebanyak 483 orang. Berdasarkan jumlah pengguna gedung, berikut merupakan tabel perhitungan unit parkir sepeda yang dibutuhkan.

**Tabel 1.** Perhitungan Kebutuhan Unit Parkir Sepeda

Perhitungan Kebutuhan Unit Parkir	
Pengguna Gedung	483 orang
Ketentuan	1 unit/30 orang
Kebutuhan unit parkir	$483 : 30 = 14,6$

Berdasarkan jumlah kebutuhan, berikut merupakan perhitungan luas tempat parkir sepeda:

**Tabel 2.** Perhitungan Luas Tempat Parkir

Perhitungan Luas Tempat Parkir	
Luas	$= \text{Jml sepeda} \times \text{jarak sepeda}$
	$= 15 \times 1 \text{ m}$
	$= 15 \text{ m}$

Penyediaan tempat parkir sepeda membutuhkan rak khusus. Rak sepeda menggunakan material steel hollow dengan diameter 30 mm. Rak sepeda dapat digunakan untuk berbagai macam sepeda termasuk sepeda lipat, sepeda minion, sepeda mtb, dan jenis lainnya. Selain itu, diperlukan kanopi berbahan polycarbonate sebagai perlindungan tahan angin.

### b. *Site Landscaping*

Berdasarkan ketentuan RTRW Kota Bandung, KDH minimum Kecamatan Sukajadi adalah sebesar 10%. Perluasan area hijau dapat dilakukan menggunakan atap hijau dan dinding hijau untuk mengurangi kebutuhan pemanasan dan pendinginan lingkungan dalam ruangan, memungkinkan konsumsi energi yang lebih rendah (Manso & Gomes, 2016).



Penggunaan *green roof* di atap digunakan sebagai water catcher untuk pendingin ruangan didalamnya, karena sinar matahari tidak masuk langsung kedalam ruangan dan dapat menurunkan suhu baik siang maupun malam hari. Tanaman yang digunakan untuk *green roof* adalah Acorus Calamus atau biasa disebut tanaman jeringau karena cocok ditempatkan di tanah basah karena dapat menyerap air hujan (Rauf & Siregar, 2014).

*Green wall* pada dinding luar dari bangunan Sekolah Indonesia Raya yang berbentuk secara vertikal dengan menutupi dinding dengan tumbuhan yang tumbuh diatas media tanam. Pada selubung bangunan sekolah dirimbuni dengan tanaman rambat yang dapat dimanfaatkan sebagai penyangga yang melindungi bangunan dari paparan sinar matahari.

Pada taman di Sekolah Indonesia Raya digunakan pohon kiara payung (*felicium decipiens*) yang cocok ditanam di kawasan tropis. Pohon kiara payung memiliki tinggi rata-rata adalah 4-8 meter dan mampu menyerap CO<sub>2</sub> dan timbal dengan baik. Pohon kiara payung ini memiliki daya serap yang tinggi sebesar 404,83 kg/pohon/tahun. Pohon kiara payung mampu meredam kebisingan, memecah angin dan mempunyai akar yang kuat sehingga tidak mudah roboh. (Simajuntak & Afrizal, 2022). Untuk peletakkannya, tanaman kiara payung dapat ditanam di area dekat jendela untuk mengurangi silau matahari dan mempermudah masuknya oksigen ke ruangan kelas.

## 2. Water Conservation and Quality

### a. Water Tap Efficiency

Efisiensi keran air memiliki tolok ukur yaitu 50% dari total unit keran air menggunakan fitur auto stop (GBCI, 2016). Dengan total 14 unit total air, 50% dari total unit keran air di Sekolah Indonesia Raya adalah 7. Jadi, perlu penggunaan keran air dengan fitur auto stop sebanyak 7 keran air diantaranya 5 keran air untuk berwudhu dan 3 keran air untuk wastafel. Perancangan *water tap efficiency* dapat dilakukan dengan penggunaan flush pada kloset dan air dengan fitur auto stop di Sekolah Indonesia Raya dapat mendukung upaya penghematan air bersih. Sensor air di Sekolah di Indonesia Raya dipasang pada wastafel dan tempat wudhu, dan flush digunakan pada kloset jongkok di tiap ruangan toilet.

### b. Water Recycling

*Gray water system* yang merupakan air limbah yang didalamnya tidak terdapat kontribusi dari air toilet dan berpotensi untuk digunakan kembali (Oteng-Peprah et al., 2018). Perancangan *grey water* di Sekolah Indonesia Raya menggunakan air bersih yang bersumber dari PDAM yang mana akan dipompa diruang ground water tank dan didistribusikan ke *roof water tank* lalu air akan masuk kedalam masing – masing bagian seperti toilet, ruang wudhu, wastafel dan dapur. Setelah air bersih tersebut digunakan, air kotor akan di filter kembali masuk kedalam STP yang berfungsi sebagai memfilter air yang kotor sehingga dapat digunakan kembali menjadi air flush kamar mandi dan penyiraman tanaman.

### c. Alternative Water Resource

Perancangan biopori berupa lubang-lubang di dalam tanah yang terbentuk akibat berbagai aktivitas organisme di dalamnya, seperti cacing, perakaran tanaman, rayap dan fauna tanah lainnya (Yohana, Griandini, & Muzambeq, 2017). Lubang resapan biopori perlu dihitung sesuai dengan kebutuhan. Daerah di Sekolah Indonesia Raya yang dapat meresap air berukuran 147 m<sup>2</sup>.

Berdasarkan data BMKG Bangung 2022, rata – rata curah hujan ringan yaitu 2,8mm/jam namun saat hujan lebat terpantau 23,6mm. Maka nilai curah hujan diambil dari nilai tengah yaitu 13,5mm/jam. Diasumsikan laju peresapan air per lubang menurut (Yohana, Griandini, & Muzambeq, 2017) adalah 180 liter/jam. Maka, berikut perhitungan kebutuhan LRB di Sekolah Indonesia Raya.

$$\text{Jumlah LRB} = \frac{\text{intensitas} \left( \frac{\text{mm}}{\text{jam}} \right) \times \text{luas bidang} (\text{m}^2)}{\text{Laju peresapan air/lubang} \left( \frac{\text{liter}}{\text{jam}} \right)}$$

$$\text{Jumlah LRB} = \frac{13,5 \left( \frac{\text{mm}}{\text{jam}} \right) \times 147 (\text{m}^2)}{180 \left( \frac{\text{liter}}{\text{jam}} \right)} = 11 \text{ LRB}$$

Sekolah Indonesia Raya membutuhkan 11 Lubang Resapan Biopori (LRB) untuk mengganti air yang hilang karena tanah yang seharusnya meresap air tertutup bangunan dan jalan aspal (bidang kedap air). Lubang resapan biopori (LRB) di Sekolah Indonesia Raya dirancang dengan berbentuk silindris berdiameter sekitar 10 cm yang digali di dalam tanah. Kedalamannya dari biopori tidak melebihi muka air tanah, yaitu sekitar 100 cm dari permukaan tanah. (Brata & Nelistya, 2008). LRB di Sekolah Indonesia Raya dibuat ditempat yang bebas dari



kegiatan para siswa di sekeliling lahan taman dan area terbuka dan di sekeliling pohon lokasi dimana air secara alami akan cenderung berkumpul.

### 3. Energy and Environment

#### a. System Energy Performance

Penempatan jendela yang efektif dapat memberikan lebih banyak cahaya alami dan mengurangi kebutuhan untuk penerangan listrik pada siang hari (Sudarwani, 2012). Sebuah ruang harus memiliki jendela 20% dari luas lantai ruangan (Toisi & John, 2012). Luas dari jendela harus diperhitungkan sesuai ketentuan yaitu 20% dari luas lantai ruangan. Berikut merupakan perhitungan luas jendela minimal.

Tabel 2 Luas Pencahayaan Alami		
Luas	= 20%	x Luas Ruangan
Pencahayaan	= 20%	x 63 m <sup>2</sup>
Alami	= 12,6 m <sup>2</sup>	

Dari perhitungan di atas diketahui bahwa 20% dari ruangan, minimal seluas 12,6 m<sup>2</sup> dari bangunan merupakan pencahayaan alami. Untuk perancangan jendela di ruangan kelas, dibuat 4 jendela dengan masing – masing memiliki 3 bagian. Ukuran jendela di ruangan kelas yaitu 3 m x 9 m. Jendela dilengkapi penutup berupa *faux wood* ketika ruangan kelas sudah kosong dan saat menggunakan *interactive panel*. Selain itu, perancangan jendela memerlukan daun jendela, pintu UPVC, kusen, dan kaca.

Selain jendela pada ruangan kelas, terdapat *skylight roof* sebagai pencahayaan yang menempel pada atap bangunan alami yang dimanfaatkan semaksimal mungkin untuk memasukkan cahaya dari bagian atas ruangan kedalam inti bangunan. (Sari, 2017). *Skylight roof* berjumlah 8 kotak dengan luas masing – masing 1 meter, sehingga luas total *skylight roof* adalah 4 m x 4 m = 16 m<sup>2</sup>.

#### b. Less Energy Emissions

Energi alternatif yang dapat digunakan adalah panel surya untuk mengkonversi energi matahari (radiasi sinar matahari) menjadi energi listrik (Usman, 2020). Energi alternatifnya menggunakan sumber daya listrik panel surya yang terdapat pada atap bangunan. Satu solar panel secara optimal menyerap energi matahari selama 5 jam dalam satu hari dengan daya yang dihasilkan 600 watt per satu panel (Kurnianto dkk, 2014). Daya listrik di Sekolah Indonesia yaitu sebesar 3200 Watt. Berdasarkan perhitungan

kWh di analisis efisiensi energi, diketahui Intensitas Konsumsi Energi (IKE) kWh/m<sup>2</sup>/bulan. 1 kWh adalah 1.000 watt dalam 1 jam. Konsumsi daya beban sehari adalah:

$$\text{Beban listrik/hari} = \frac{\text{konsumsi} \left( \frac{\text{kwh}}{\text{bulan}} \right) \times 1000}{30 \text{ hari}}$$

$$\text{Beban listrik perhari} = \frac{13,32 \times 1000}{30 \text{ hari}} = 444 \text{ Watt}$$

Intensitas Konsumsi Energi (IKE) sebesar 13,32 kWh/m<sup>2</sup>/bulan, untuk hariannya dibutuhkan 444 Watt. Diasumsikan bangunan Sekolah Indonesia Raya beroperasi selama 10 jam. Maka total konsumsi daya beban dalam sehari adalah

$$\text{Konsumsi daya sehari} = \text{Waktu pemakaian} \times \text{Watt}$$

$$\text{Konsumsi daya sehari} = 10 \text{ jam} \times 444 \text{ Watt}$$

$$\text{Konsumsi daya sehari} = 4444 \text{ Watt}$$

Konsumsi daya beban sehari di Sekolah Indonesia Raya adalah sebesar 4444 Watt. Selama 5 jam, satu solar panel menyerap energi matahari dengan daya yang dihasilkan 600 watt per satu panel. Maka solar panel yang dibutuhkan adalah

$$\text{Kebutuhan solar panel} = \frac{\text{Total daya sehari}}{\text{Daya panel surya}}$$

$$\text{Kebutuhan solar panel} = \frac{4444 \text{ Watt}}{600 \text{ Watt}}$$

$$\text{Kebutuhan solar panel} = 7,4 \text{ (dibulatkan 8)}$$

Maka, total solar panel minimum untuk memenuhi konsumsi listrik di Indonesia Raya sebanyak 8 solar panel. Satu panel surya memiliki ukuran ideal seluas 4,8m<sup>2</sup> (PV in Asia, 2018).

$$\text{Total luas solar panel} = \text{Jumlah} \times \text{ukuran}$$

$$\text{Total luas solar panel} = 8 \times 4,8 \text{ m}^2$$

$$= 38,4 \text{ m}^2$$

Jadi, total luas yang dibutuhkan untuk menggunakan solar panel dengan jumlah 8 adalah 38,4 m<sup>2</sup>.

### 4. Indoor Environmental Quality

#### a. Environmental Tobacco Smoke Control

Pemasangan tanda dilarang merokok memiliki tujuannya untuk memelihara kesehatan para pengguna gedung dan permukaan material interior dari pencemaran asap rokok (Surjana & Ardiansyah, 2013). Untuk pemenuhan indikator ini, dapat dipasang tanda “dilarang merokok” agar asap rokok tidak mengganggu pengguna lain karena asap rokok dapat menyebabkan



polusi udara dan mengganggu pernapasan. Tanda dilarang merokok tersebut dipasang di lorong sekitar sekolah dan berjumlah 4.

#### b. *Visual Comfort*

Berdasarkan GBCI (2016) tolok ukur *visual comfort* yaitu menggunakan lampu dengan iluminasi (tingkat pencahayaan) ruangan. Lampu neon tidak hanya menggunakan listrik 75% hingga 80% lebih sedikit untuk menghasilkan jumlah cahaya yang sama, tetapi lampu neon juga tahan 10 kali lebih lama. (Sulistio, 2015)

Tingkat pencahayaan ruang kelas diatur dalam SNI 03 6197 2000 mengenai Konservasi Energi Pada Sistem Pencahayaan, yaitu 250 lux dengan renderasi warna 1 atau 2. Maka, rumus yang digunakan untuk mengetahui lumen yang dibutuhkan adalah:

$$\begin{aligned} \text{Total Lumen} &= \text{Lux level} \times \text{Luas Ruang} \\ \text{Total Lumen} &= 250 \times 63 \text{ m}^2 = 15.750 \end{aligned}$$

Berdasarkan rumus tersebut maka dapat diketahui kebutuhan lumen di ruangan kelas adalah sebesar 15.750. Kebutuhan lumen tersebut dapat dipenuhi oleh lampu LED dengan menggunakan jenis lampu TL LED karena cocok untuk ruang kelas (Neufert, 1984). Lampu TL LED dengan daya 20 Watt menghasilkan 2100 lumen, sehingga jumlah lampu LED yang dibutuhkan di ruangan kelas adalah:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan} &= \text{Lmn dibutuhkan} : \text{Lmn lampu} \\ \text{Kebutuhan lampu} &= 15,750 : 2100 = 7,5 \end{aligned}$$

Dari total lumen yang dibutuhkan dan lumen yang dihasilkan lampu TL LED, maka diperoleh total kebutuhan lampu di masing – masing kelas yaitu sebanyak 8 buah. Di ruangan kelas memerlukan lampu LED sebanyak 8 unit dibagi menjadi 2 bagian agar ruangan kelas terang.

Selain itu, dapat menggunakan saklar otomatis dengan menggunakan pengatur waktu (*timer*) dan/atau sensor cahaya (*photocell*) untuk lampu taman, koridor, dan teras (Permen SDM RI, No 14 Tahun 2012). Rekomendasi lampu otomatis yang dapat digunakan yaitu LTSHE, lampu yang terintegrasi dengan baterai yang energinya bersumber dari tenaga surya. Cara kerja dari LTSHE adalah ketika panel surya menangkap energi matahari, lalu energi tersebut disimpan dalam baterai dan berfungsi untuk menyalakan lampu hingga 60 jam.

Lampu otomatis dipasang pada area koridor sekolah dan toilet dikarenakan memudahkan penangkapan cahaya matahari pada siang hari dan apabila saat malam akan nyala dengan otomatis akibat iluminasi cahaya yang diterima. Selain itu, lampu sensor berpengaruh terhadap faktor keamanan sekolah. Sistem lampu otomatis yang digunakan menggunakan 2 sensor yaitu sensor gerak dan sensor suhu, dan sensor suara. (Lukman, Junaedy, & Rieuwpassa, 2018).

Sensor gerak digunakan di toilet Sekolah Indonesia Raya. Sensor gerak bekerja dengan mendeteksi pancaran infrared pasif dari tubuh manusia (Desyantoro, Rochim, & Martono, 2015), sehingga saat toilet sedang kosong lampu akan mati otomatis dan lampu akan menyala ketika seseorang memasuki toilet. Sensor suhu digunakan di area koridor sekolah untuk mendeteksi suhu, sehingga saat malam hari tiba lampu akan nyala secara otomatis (Desyantoro, Rochim, & Martono, 2015).

#### c. *Thermal Comfort*

Material bangunan yang dapat menghambat aliran panas ke dalam ruangan untuk kenyamanan termal optimal, antara suhu efektif 22.8 °C – 25.8°C (SNI 14-1993-03). Salah satu pertimbangan pemilihan bahan/material yaitu kemampuannya menahan/menyerap atau bahkan memantulkan panas, mengingat salah satu fungsi utama dari bangunan yaitu menaungi dan melindungi bagian di bawahnya dari panas matahari (Wibowo, 2017).

Material bangunan yang tidak mereduksi/menghambat aliran panas perlu diganti dengan material peredam panas. Rekomendasi material bangunan yang dapat digunakan di Sekolah Indonesia Raya diantaranya

1. *Aluminium Composite Panel* (ACP) untuk fasad bangunan
2. Keramik untuk genteng
3. Cat anti panas untuk dinding/beton/genteng
4. Beton untuk pondasi bangunan

### 5. **Conservation of Materials and Resource**

#### a. *Environmentally Friendly Material*

Penggunaan material yang memiliki sertifikat sistem manajemen lingkungan terutama pada waktu proses produksi yang bernilai minimal 30% dari keseluruhan biaya material. Selain itu pemakaian material hasil proses daur ulang minimal 5% dari total

biaya. Pemakaian material lain dengan bahan baku utama yang bersumber dari sumber daya terbarukan dengan masa panen kurang dari 10 thn mempunyai nilai minimal 2% (Sulistiawan, Maryanto, Muhammad, & Rachman, 2022)

Penggunaan material ramah lingkungan pada renovasi bangunan Sekolah Indonesia Raya terdiri dari 7 bahan yaitu bata ringan, bata merah, cat odorless VOC, linoleum, baja, dan kayu.

#### b. Waste Management

Pengelolaan sampah dilakukan dengan maksimal salah satunya dengan penggunaan tempat sampah organik dan non organik (UU No 18, 2008). Jumlah tempat sampah yang harus ada di Sekolah Indonesia Raya perlu disesuaikan dengan besaran timbulan sampah sekolah sesuai SNI 03-6196-2000 yaitu 0,10 – 0,15 liter atau 0,012 – 0,020 kg/murid/hari.

Dari ukuran tersebut, diambil nilai tertinggi 0,15 liter/murid/hari. Diasumsikan guru dan staff memiliki besaran timbulan sampah yang sama dengan murid. Pengguna Sekolah Indonesia Raya yaitu sebesar 483 orang, sehingga diperoleh kebutuhan tempat sampah sebagai berikut.

**Tabel 3.** Perhitungan Kebutuhan Tempat Sampah

Perhitungan Kebutuhan Tempat Sampah		
Total timbulan	= Jumlah pengguna	x besar timbulan
Total timbulan	= 483 orang	x 0,15 liter
Total timbulan	= 72,45 liter/hari	

Berdasarkan tabel diatas, dari total 483 orang pengguna gedung, diperlukan 72,45 liter/ hari. Tempat sampah yang digunakan memiliki kapasitas 24 L dengan dimensi 17 x 12 x 38 cm. Maka, minimal tempat sampah yang tersedia yaitu sebanyak 3. Namun, karena luasan Sekolah Indonesia Raya cukup besar, jadi pengadaan tempat sampah berjumlah 6. Tempat sampah yang disediakan terbuat dari kayu karena kayu merupakan material yang dapat didaur ulang. Peletakan tempat sampah ini disebar di seluruh bangunan sekolah seperti di depan ruangan kelas, di depan pintu masuk, lorong, dan tempat lainnya.

## 6. iLearning & iManagement

### a. Smart Classroom

VC (*Virtual Classroom*) berisi jendela (dalam bentuk video) yang menunjukkan aktivitas di kelas serta serangkaian halaman teks dan gambar yang mewakili konten papan tulis. Media akses yang digunakan mahasiswa untuk berinteraksi melalui VC dapat menggunakan handphone, tablet, komputer, atau peralatan pendukung lainnya. (Hanum, 2013).

Perancangan *smart classroom* dapat dilakukan dengan penyediaan *interactive flat panel* di tiap kelas untuk mendukung konsep *virtual classroom* (VC). *interactive flat panel* merupakan teknologi terbaru yang dirancang untuk papan tulis interaktif, konferensi video, berbagi layar, dan lainnya. *interactive flat Panel* digunakan pada ruangan kelas untuk kegiatan pembelajaran sebagai pengganti papan tulis standar/whiteboard.

Selain itu, kelas dilengkapi dengan *smart speaker* yang menggunakan koneksi *wireless* atau tanpa kabel, kualitas suara jernih, dan menerapkan teknologi AI (*Artificial Intelligence*) yang dapat mendeteksi bahasa manusia dalam mengatur perangkat teknologi. Terdapat *lecturer tracking camera* yang merupakan kamera pelacak otomatis sehingga dapat guru saat berjalan bolak-balik melintasi ruang kelas. *Lecturer tracking camera* diatur untuk mendeteksi wajah manusia dan secara otomatis menggeser, memiringkan, dan memperbesar untuk mengikuti orang yang ditargetkan.

### b. Smart Attendance

*Smart Attendance* berguna untuk mencatat kehadiran mahasiswa dan dosen/karyawan di kampus (Muhammad et al 2017). Sistem yang digunakan berbasis RFID dengan pengenalan sidik jari merupakan sistem yang hemat biaya dan sangat aman dibandingkan dengan sistem biometrik lainnya untuk perekaman dan pemantauan kehadiran (Rao & Satoa, 2013) *Smart Attendance System* (SAS) terdiri dari sensor sidik jari, mikrokontroler Arduino UNO, modul Bluetooth dan layar LCD. Sensor sidik jari digunakan untuk input biometrik, LCD digunakan untuk umpan balik visual dan modul Bluetooth digunakan untuk transmisi data nirkabel. Semua sensor periferal diberi daya dari Arduino UNO yang terhubung ke sumber baterai 9V (Ghosh, Mohammed, Mogal, Nayak, & Champaty, 2018).





#### 4. Estimasi Biaya

Anggaran biaya pada suatu proyek yang akan digunakan perlu dirancang serta disusun berdasarkan konsep estimasi yang terstruktur yang merupakan suatu upaya agar rancangan biaya akurat dan tepat (Putra & Affandy, 2017). Estimasi biaya yang meliputi perhitungan biaya pembongkaran, pemeliharaan, pengadaan, dan pembangunan (Prawoto, 2014).

##### 1. Biaya Pembongkaran

Biaya pembongkaran bangunan sebesar Rp128.500/m<sup>2</sup>, dengan rincian pembongkaran atap Rp37.500, pembongkaran dinding Rp22.000, dan pembersihan bongkaran Rp18.000 (Builder.id, 2022). Adapun biaya paving block Rp75.000/m. Berikut merupakan rincian perhitungan biaya pembongkaran aset bangunan Sekolah Indonesia Raya.

**Tabel 4.** Estimasi Biaya Pembongkaran

No	URAIAN PEKERJAN	JML	SAT	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
<b>Atap</b>					
1	mushola	36	m	Rp48.500	Rp1.746.000
2	skylight	16	m	Rp48.500	Rp776.000
<b>Dinding</b>					
1	jendela	76	m	Rp38.000	Rp2.872.800
2	green wall	26	m	Rp38.000	Rp988.000
<b>Area Terbuka</b>					
1	taman	72	m	Rp301.013	Rp21.672.900
2	biopori	1,1	m	Rp301.013	Rp331.114
<b>Total Estimasi Biaya sebelum PPN</b>					<b>Rp26.640.814</b>
<b>PPN (11%)</b>					<b>Rp2.930.490</b>
<b>Total Estimasi Biaya setelah PPN</b>					<b>Rp29.571.303</b>

##### 2. Biaya Pengadaan

Berikut adalah perhitungan estimasi biaya pengadaan.

**Tabel 5.** Estimasi Biaya Pembongkaran

No	FASILITAS	JML	SAT	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
1	Green roof	9	m	Rp1.620.000	Rp14.580.000
2	Green wall	9	m	Rp995.000	Rp8.955.000
3	Tanaman rambat	10	m	Rp50.000	Rp500.000
4	Kran auto stop	7	unit	Rp239.000	Rp1.673.000
5	Wastafel	3	unit	Rp700.000	Rp2.100.000
6	Kloset flush	4	unit	Rp2.900.000	Rp11.600.000
7	Gray water system	1	unit	Rp49.000.000	Rp49.000.000
8	Lubang Resapan Biopori (LRB)	50	unit	Rp60.000	Rp3.000.000

9	Panel Surya	20	unit	Rp3.000.000	Rp60.000.000
10	Poster dilarang merokok	3	unit	Rp75.000	Rp225.000
11	Lampu LED	144	unit	Rp30.000	Rp4.320.000
12	Lampu Sensor	28	unit	Rp200.000	Rp5.600.000
13	Skylight	8	unit	Rp1.500.000	Rp12.000.000
14	Tempat sampah	6	unit	Rp800.000	Rp4.800.000
15	Fingerprint	17	unit	Rp1.575.000	Rp26.775.000
<b>Total Estimasi sebelum PPN</b>					<b>Rp200.508.000</b>
<b>PPN 11%</b>					<b>Rp22.055.880</b>
<b>Total Estimasi setelah PPN</b>					<b>Rp222.563.880</b>

##### 3. Biaya Pembangunan

Estimasi biaya pembangunan aset bangunan Sekolah Indonesia Raya mencakup parkir sepeda, taman, dan kelas pintar.

**Tabel 5.** Estimasi Biaya Pembangunan

No	FASILITAS	JML	SAT	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
<b>Parkir Sepeda</b>					
1	Rak parkir sepeda	20	unit	Rp85.000	Rp1.700.000
2	Kanopi	12	meter	Rp350.000	Rp4.200.000
3	Rambu sepeda		unit	Rp200.000	Rp200.000
<b>Taman</b>					
1	Pohon Kiara Payung	6	unit	Rp700.000	Rp4.200.000
2	Rumput gajah mini	40	meter	Rp25.000	Rp1.000.000
3	Tanaman hias	40	unit	Rp5.000	Rp200.000
<b>Jendela</b>					
1	Daun Jendela	24	unit	Rp300.000	Rp7.200.000
2	Pintu UPVC	24	unit	Rp450.000	Rp10.800.000
3	Kaca	24	unit	Rp350.000	Rp8.400.000
4	Kusen	4	unit	Rp250.000	Rp6.000.000
<b>Kelas Pintar</b>					
1	Interactive Flat Panel	6	unit	Rp74.800.000	Rp1.196.800.000
2	Lecturer Auto Tracking Camera	6	unit	Rp10.725.000	Rp171.600.000
3	Room Speaker	6	unit	Rp9.990.000	Rp159.840.000
<b>Total Estimasi Biaya sebelum PPN</b>					<b>Rp1.572.140.000</b>
<b>PPN 11%</b>					<b>Rp172.935.400</b>
<b>Total Estimasi Biaya setelah PPN</b>					<b>Rp1.745.075.400</b>

Berdasarkan hasil perhitungan biaya pembongkaran, biaya pembangunan dan biaya pengadaan pada proyek renovasi aset bangunan Sekolah Indonesia Raya, selanjutnya dapat diketahui estimasi biaya total dengan rincian pada tabel berikut.

**Tabel 6. Estimasi Biaya Total**

Jenis Biaya	Biaya
Biaya Pembongkaran	Rp29.571.303
Biaya Pembangunan	Rp1.745.075.400
Biaya Pengadaan	Rp222.563.880
<b>Estimasi Biaya Total Tahun 2023</b>	<b>Rp1.997.210.583</b>
<b>Tingkat Inflasi 2024</b>	<b>2,5%</b>
<b>Estimasi Biaya Total Tahun 2024</b>	<b>Rp2.047.140.848</b>

Estimasi biaya pada proyek renovasi bangunan Sekolah Indonesia Raya meliputi biaya pembongkaran/ penghapusan, pembangunan, dan pengadaan barang/peralatan adalah sebesar Rp1.997.210.583 apabila proyek direalisasikan pada tahun 2023, sedangkan untuk besar estimasi biaya proyek apabila direalisasikan pada tahun 2024 akan mengalami kenaikan karena mempertimbangkan tingkat inflasi. Berdasarkan Peraturan Menteri Keuangan (PMK) tentang Sasaran Inflasi Tahun 2022, 2023, dan 2024, masing – masing sebesar 3,0%, 3,0%, dan 2,5% Sehingga besar estimasi biaya proyek pada Sekolah Indonesia Raya pada tahun 2024 adalah sebesar Rp2.047.140.848.

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dipaparkan, maka kesimpulan dari proyek renovasi bangunan Sekolah Indonesia Raya adalah:

1. Diperoleh rancangan terkait *green building* dan *smart campus* di bangunan Sekolah Indonesia Raya sebagai berikut:
  - a. *Sustainable Site Design*, yaitu pembangunan fasilitas parkir sepeda, pengadaan *green roof*, *green wall*, tanaman rambat, dan taman.
  - b. *Water Conservation and Quality*, diantaranya dilakukan perancangan kran *auto stop* dan kloset dilengkapi *flush*, penggunaan *gray water system*, dan perancangan *biopori*.

- c. *Energy and Environment*, yakni dirancang pencahayaan alami dan panel surya untuk energi alternatif.
  - d. *Indoor Environmental Quality*, meliputi rancangan tanda dilarang merokok, pengadaan lampu LED, pengadaan lampu sensor, dan penggunaan material yang dapat mereduksi panas
  - e. *Conservation of Materials and Resource*, yaitu rekomendasi penggunaan material ramah lingkungan, dan perancangan tempat sampah organik dan anorganik.
  - f. *iLearning & iManagement*, yaitu dilakukan pengadaan *interactive flat panel*, *lecturer auto tracking camera*, *room speaker*, dan sistem absensi *fingerprint*.
2. Proyek renovasi bangunan sekolah dengan konsep *green* dan *smart* ini berpengaruh untuk menjawab masalah terkait degradasi lingkungan, perubahan iklim, lingkungan dan kesehatan manusia. Proyek ini dapat menjawab masalah tersebut dengan membahas upaya efisiensi energi, air, sumber daya, reduksi limbah dan mengurangi polusi. Selain itu, penggunaan teknologi dalam proyek ini dapat menjawab masalah efisiensi waktu, keefektifan pembelajaran melalui penggunaan alat canggih untuk meningkatkan kinerja baik guru maupun siswa.
  3. Hasil proyek renovasi aset bangunan sekolah dengan konsep *green* dan *smart* dengan menghasilkan output berupa desain 3D diantaranya area vegetasi (*green roof*, *green wall*, tanaman rambat, taman), konservasi air (kran auto stop, flush pada kloset, biopori), pencahayaan alami (*skylight*, jendela), fasilitas parkir, tempat sampah, kelas pintar (*interactive flat panel*, *auto tracking camera*, *room speaker*) dan sistem absensi *fingerprint*. Selain itu, terdapat rekomendasi material ramah lingkungan, perhitungan estimasi biaya dan animasi video sekolah secara keseluruhan.
  4. Estimasi biaya pada proyek renovasi aset bangunan di Sekolah Indonesia Raya meliputi biaya untuk pembongkaran/penghapusan sebesar Rp34.885.983,- biaya pembangunan sebesar Rp1.709.111.400,- dan biaya pengadaan barang/peralatan sebesar Rp222.563.880,-. Estimasi biaya diperoleh sebesar Rp1.997.210.583



termasuk PPN 11% apabila proyek direalisasikan pada tahun 2023. Sedangkan besarnya estimasi biaya proyek apabila direalisasikan pada tahun 2024 dengan tingkat inflasi 2,5% adalah sebesar Rp2.047.140.848.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Z., Ariantini, M. S., Sudipa, I. G. I., Chaniago, R., Dwipayana, A. D., Adhicandra, I., & Alfiah, T. (2023). GREEN TECHNOLOGY: Penerapan Teknologi Ramah Lingkungan Berbagai Bidang. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Berge, Bjorn. (2009). *The Ecology of Building Materials* (second edition), London: Architectural Press.
- GBCI (Green Building Council Indonesia). 2013. *GreenShip Existing Building Version 1.1* Jakarta: Green Building Council Indonesia
- Ghosh, S., Mohammed, S. K., Mogal, N., Nayak, P. K., & Champaty, B. (2018). Smart Attendance System. *International Conference on Smart City and Engineering Technology (ICSCET)*. doi:doi:10.1109/icscet.2018.8537298
- Hapsari, O. E. (2018). Analisis Penerapan Green Building Pada Bangunan Pendidikan (Studi Kasus: Green School Bali). *Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan*, 3(2), 54-61. doi:10.29080/alard.v3i2.334
- Lukman, M. P., Junaedy, & Rieuwpassa, F. Y. (2018). Sistem Lampu Otomatis Dengan Sensor Gerak, Sensor Suhu dan Sensor Suaraberbasis 141 Mikrokontroler. *Jurnal Resistor (Rekayasa Sistem Komputer)*, 1(2), 100-108. doi:https://doi.org/10.31598/jurnalresistor.v1i2.305
- Manso, M., & Gomes, J. C. (2016). Thermal analysis of a new modular system for green walls. *Journal of Building Engineering*, 7, 53-62. doi:10.1016/j.jobee.2016.03.006
- Muhammad, W., Yazid, S., Suhardi, & Kurniawan, N. B. (2017, October). Smart campus features, technologies, and applications: A systematic literature review. n 2017 International conference on information technology systems and innovation (ICITSI), 384-391. doi:10.1109/ICITSI.2017.8267975
- Palm, J., & Reindl, K. (2016). Understanding energy efficiency in Swedish residential building. *Energy Research & Social Science*, 11, 247-255. doi:https://doi.org/10.1016/j.erss.2015.11.006
- Prawoto, Agus. (2015). *Teori & Praktek Penilaian Properti*. Edisi Ke ± 3, Yogyakarta: BPFE
- Ragheb, A., El-Shimy, H., & Ragheb, G. (2016). Green architecture: A concept of sustainability. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 216, 778-787. doi:https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.12.075
- Rao, S., & Satoa, K. J. (2013). An attendance monitoring system using biometrics authentication. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 3(4), 379-383
- Rauf, A., & Siregar, A. Z. (2014). Kajian Sebaran Lahan Gambut Sebagai Lahan Padi di Pantai Timur Sumatera Utara.
- Simajuntak, B. H., & Afrizal, M. S. (2022). Penilaian Fungsi Pohon Tepi Jalan Diponegoro Kota Salatiga Dalam Menyerap Debu. *Agrifor: Jurnal Ilmu Pertanian dan Kehutanan*, 21(2), 303-314. doi:https://doi.org/10.31293/agrifor.v21i2.6187
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian (Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D)*. Alfabeta
- Surjana, T. S., & Ardiansyah. (2013). Perancangan Arsitektur Ramah Lingkungan: Pencapaian Rating GreenShip GBCI. *Jurnal Arsitektur*, 3(2), 1-14. doi:http://dx.doi.org/10.36448/jaubl.v3i2.2
- Usman, M. K. (2020). Analisis intensitas cahaya terhadap energi listrik yang dihasilkan panel surya. *Power Elektronik: Jurnal Orang Elektronik*, 8(2), 52-57. doi:http://dx.doi.org/10.30591/polektro.v9i2.2047.g1216
- Wardani, L. K. (2003). Evaluasi Ergonomi dalam Perancangan Desain. *Dimensi Interior*, 1(1), 61-73. doi:https://doi.org/10.9744/interior.1.1.p.p.%2061-73

Yohana, C., Griandini, D., & Muzambeq, S. (2017). Penerapan Pembuatan Teknik Lubang Biopori Resapan Sebagai Upaya Pengendali Banjir. *Jurnal Pemberdayaan Masyarakat Madani (JPMM)*, 1(2), 296-308. doi:<https://doi.org/10.21009/JPMM.001.1>