

Implementasi *Green Construction* pada Proyek Konstruksi Pembangunan Bendungan Jragung, Semarang

Ferry Firmawan ^[1], Ahmad Hakim Bintang Kuncoro ^{[1]*}, Diah Setyati Budiningrum ^[1]

^[1] *Department of Civil Engineering, Semarang University, Semarang, 50196, Indonesia*

Email: drferryfirm@usm.ac.id, ahmad@usm.ac.id*, diahsb@usm.ac.id

*) Correspondent Author

Received: 02 April 2023; Revised: 19 June 2023; Accepted: 03 July 2023

How to cited this article:

Firmawan, F., Kuncoro, A.H.B., Budiningrum, D.S. (2023). Implementasi Green Construction Pada Proyek Konstruksi Pembangunan Bendungan Jragung, Semarang. *Jurnal Teknik Sipil*, 19(1), 293-307. <https://doi.org/10.28932/jts.v19i2.6396>

ABSTRAK

Pemanasan global timbul akibat kerusakan lingkungan yang terjadi secara beriringan, salah satu penyebabnya berasal dari proyek konstruksi bangunan, sehingga penerapan *green construction* menjadi solusi untuk meminimalisir dampak negatif dari proyek konstruksi pembangunan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penerapan *green construction* dalam proyek konstruksi pembangunan bendungan Jragung, Semarang. Pengumpulan data dilakukan melalui survei kuesioner terkumpul terhadap responden dari 50 pekerja dari 5 perusahaan (kontraktor) yang terlibat dalam pembangunan bendungan Jragung, Semarang. Analisis data dilakukan dengan menggunakan metode analisis deskriptif statistik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam proyek pembangunan bendungan Jragung, Semarang, para kontraktor sebagai pelaksana dan penanggungjawab proyek sudah menerapkan konsep *green construction* dalam proyek tersebut meskipun belum maksimal. Penerapan *green construction* berdasarkan 6 indikator penilaian memiliki persentase sebesar 53%-98%. PT Wijaya Karya menjadi kontraktor proyek yang sudah melakukan penerapan *green construction* dengan persentase tertinggi sebesar 81% diikuti oleh PT Waskita Karya (79%) dan PT Brantas Abipraya (77%), sedangkan 2 kontraktor lainnya yaitu PT Pelita Nusa Perkasa (68%) dan PT Basuki Rahmanta Putra (66%) menduduki peringkat 2 terbawah dalam penerapan *green construction* dalam proyek pembangunan bendungan Jragung, Semarang.

Kata kunci: *Bendungan Jragung, Green Construction, Pembangunan Bendungan*

ABSTRACT. *Implementation of Green Construction in Jragung Dam Construction Project, Semarang. Global warming arises due to environmental damage that coincides with one of the causes of building construction projects. Hence, green construction is a solution to minimize the negative impact of development construction projects. This study aims to determine the application of green construction in the Jragung dam, Semarang construction project. Data collection was carried out through a questionnaire survey of respondents from 50 workers from 5 companies (contractors) involved in the construction of the Jragung dam, Semarang. Data analysis was carried out using statistical descriptive analysis methods. The results showed that in the Jragung dam construction project, Semarang, the contractors as the executors and persons in charge of the project had applied the green construction concept even though it has yet to be maximized. The application of green construction based on six assessment indicators has a percentage of 53%-98%. PT Wijaya Karya is a project contractor who has implemented Green construction with the highest percentage of 81%, followed by PT Wijaya Karya. Waskita Karya (79%) and PT Brantas Abipraya (77%), while the other two contractors are PT Pelita Nusa Perkasa (68%) and PT Basuki Rahmanta Putra (66%) is ranked in the bottom 2 in applying green construction in the Jragung dam construction project, Semarang.*

Keywords: *Dam Construction, Green Construction, Jragung Dam.*

1. PENDAHULUAN

Peningkatan suhu rata-rata global permukaan bumi sebesar $0,74 \pm 0,18^{\circ}\text{C}$ ($1,33 \pm 0,32^{\circ}\text{F}$) pada 100 tahun terakhir menjadi salah satu bukti bahwa kerusakan lingkungan dan pemanasan global sudah terjadi. Peningkatan suhu rata-rata global pada permukaan bumi tersebut menurut *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) sejak pertengahan abad ke-20 disebabkan karena semakin meningkatnya konsentrasi gas-gas efek rumah kaca akibat adanya aktivitas manusia. Indonesia melalui *Nationally Determined Contribution* telah berupaya untuk menurunkan emisi gas rumah kaca di tahun 2030 dengan target 29% untuk *unconditional* dan 41% untuk *conditional* (Utari & Nursin, 2021).

Berdasarkan data Konferensi *Sustainable Building South-East Asia "New Green Opportunities & Challenges"*, aspek bangunan menjadi penyumbang konsumsi energi terbesar di bumi. Industri konstruksi berperan penting dalam membangun infrastruktur yang dibutuhkan untuk pembangunan sosial ekonomi dan berkontribusi secara langsung dengan pertumbuhan ekonomi. Di sisi lain, industri konstruksi menimbulkan dampak yang parah terhadap lingkungan sekitar akibat konsumsi energi yang tinggi, penipisan sumber daya dan jumlah limbah material yang besar (Firmawan et al., 2012).

Dampak negatif yang timbul di sekitar lingkungan proyek konstruksi tergantung kompleksitas proyek yang sedang dikerjakan. Semakin kompleks proyek pembangunan yang dilakukan, maka semakin banyak limbah yang timbul akibat adanya proyek tersebut (Dysans, 2008). Salah satu upaya terobosan untuk mengatasi dampak negatif yang terjadi akibat proses konstruksi sebuah bangunan agar lingkungan sekitar proyek tetap terjaga melalui konsep *green construction* atau konstruksi hijau. *Green construction* diartikan sebagai sebuah perencanaan serta pelaksanaan proses konstruksi yang berupaya untuk meminimalisir dampak negatif yang ditimbulkan dari aktivitas konstruksi agar stabilitas lingkungan tetap terjaga. Konsep *green construction* ini sangat dibutuhkan untuk mencegah maraknya pemanasan global yang saat ini terjadi (Suripto et al., 2022).

Di Tiongkok, konsep *green construction* dapat dilihat di dalam Agenda 21 Tiongkok yang diterbitkan oleh Dewan Negara (1994) dengan pertimbangan isu-isu keberlanjutan yang terkait dengan wilayah perkotaan dan pedesaan. Sejak adanya agenda tersebut, pemerintah China memberlakukan kebijakan dan standar tentang industri konstruksi hijau untuk melindungi lingkungan, termasuk pengendalian polusi dan kualitas bahan konstruksi. Penerapan *green construction* di China mulai dipromosikan sejak diadakannya Olimpiade Beijing pada tahun 2004 (Shi et al., 2013).

Lebih dari satu dekade sejak konsep *green construction* diperkenalkan di Indonesia tahun 2007 hingga saat ini konsep *green construction* masih belum sepenuhnya diterapkan (Ervianto,

2012). Hasil survei menggunakan *Model Assessment Green Construction (MAGC)* yang dikembangkan oleh Ervianto pada tahun 2015 terhadap 20 bangunan gedung di Indonesia menunjukkan hasil capaian kontraktor swasta semua kelas dalam menerapkan konsep *green construction* rata-rata masih di bawah 50%, sehingga implementasi konsep *green construction* dalam proses konstruksi belum optimal (Podungge et al., 2019). *Green Contractor Assesment Sheet* merupakan salah satu instrument yang digunakan untuk *green construction* yang mencakup hal-hal sebagai berikut:

- a. Kesehatan dan keselamatan kerja
- b. Kualitas udara dan kenyamanan
- c. Manajemen lingkungan proyek
- d. Sumber daya dan siklus material
- e. Tepat guna lahan
- f. Konservasi air dan energi.

Penilaian terbagi menjadi 6 kategori dengan total kriteria prasyarat sebanyak 10 kriteria dan kriteria kredit sebanyak 41 kriteria penilaian (Nugradi, 2021). Semua indikator sudah menunjukkan kontribusi positif dalam mewakili penerapan prinsip-prinsip konstruksi hijau, akan tetapi dalam pelaksanaannya masih banyak indikator yang belum diterapkan dalam bangunan secara efektif, sehingga diperlukan pengawasan untuk memastikan bahwa prinsip-prinsip *green construction* sudah diterapkan secara lebih efektif pada sebuah bangunan (J. Zhou et al., 2018).

Berdasarkan Permen PUPR Nomor 21 Tahun 2021 tentang Penilai Kinerja Bangunan Gedung Hijau disebutkan bahwa bangunan gedung hijau merupakan bangunan gedung yang sejak perencanaan, pelaksanaan, konstruksi, pemanfaatan, pemeliharaan, hingga dekonstruksinya bertanggung jawab terhadap lingkungan dan menggunakan sumber daya yang efisien. Penerapan *green construction* di Semarang sudah diatur melalui Peraturan Walikota Semarang Nomor 24 Tahun 2019 tentang Bangunan Hijau. Semua peraturan saat ini lebih menonjolkan pada bangunan hijau berupa Gedung, sehingga perlu adanya kajian terkait *green construction* selain pekerjaan proyek gedung, yaitu salah satunya Bendungan. Bendungan Jragung merupakan salah satu bentuk proyek konstruksi dalam skala besar yang dikerjakan oleh 5 kontraktor yaitu PT Wijaya Karya, PT Basuki Rahmanta Putra, PT Brantas Abipraya, PT Pelita Nusa Perkasa, dan PT Waskita Karya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penerapan konsep *green construction* dalam proyek bangunan Jragung pada masing-masing kontraktor. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat penerapan *green construction* pada pekerjaan proyek bendungan khususnya di pembangunan Bendungan Jaragung.

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan pada proyek pembangunan bendungan Jragung di Dusun Kedung Glatik, Desa Candirejo, Kecamatan Pringapus, Kabupaten Semarang, Jawa tengah. Proyek pembangunan bendungan Jragung dikerjakan oleh 5 kontraktor, yaitu PT Wijaya Karya, PT Basuki Rahmanta Putra, PT Brantas Abipraya, PT Pelita Nusa Perkasa, dan PT Waskita Karya. Pengumpulan data penelitian dilakukan dengan wawancara dan dokumentasi. Responden yang dipilih dalam penelitian adalah 50 orang tenaga ahli yang bekerja di proyek pembangunan Bendungan Jragung dari setiap kontraktor yang masing-masing terdiri dari 10 orang.

Instrumen penelitian yang digunakan berupa kuesioner terkumpul yang terdiri dari 41 pertanyaan terkait penerapan *green construction* di proyek pembangunan bendungan Jragung, Semarang. Analisis data penelitian dilakukan dengan metode analisis kuantitatif dan kualitatif. Pengolahan data secara kuantitatif dilakukan dengan metode statistik nilai *mean*. Analisis hasil kuesioner dilakukan dengan metode statistik deskriptif dengan mengurutkan nilai *mean* tertinggi dari masing-masing indikator penelitian menggunakan persamaan Indeks Kepentingan Relatif (IKR) yang merupakan hasil dari pembagian antara Nilai Rata-rata (\bar{X}) dengan M bernilai 4 berupa angka ketetapan yang telah disepakati seperti ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$IKR = \frac{\bar{X}}{M} \quad (1)$$

3. HASIL DAN DISKUSI

Penerapan *Green construction* dalam proyek konstruksi bendungan Jragung, Semarang diukur berdasarkan 6 indikator, yaitu (a) kesehatan dan keselamatan kerja, (b) kualitas udara dan kenyamanan, (c) manajemen lingkungan proyek, (d) sumber daya dan siklus material, (e) tepat guna lahan, dan (f) konservasi air dan udara dalam proyek pembangunan bendungan Jragung. Berdasarkan hasil penilaian didapatkan hasil sebagai berikut:

3.1 Hasil Penilaian Indikator *Green Construction*

Enam indikator yang *green construction* diruaikan lagi menjadi beberapa pertanyaan dengan aspek yang menguraikan setiap indikator awal. Pertanyaan tersebut diisi oleh 50 responden dengan skala kuisisioner berupa nilai 1 mewakili buruk, 2 mewakili sedang, 3 mewakili baik, dan 4 mewakili baik sekali. Berikut uraian pertanyaan berdasarkan 6 indikator *green construction*.

Tabel 1. Pertanyaan Berdasarkan Indikator *Green Construction*

No.	Pertanyaan	Simbol
Indikator 1. Keseharian dan Keselamatan Kerja		
1	Membuat jadwal untuk kegiatan yang menimbulkan emisi untuk dampaknya terhadap pekerja ataupun masyarakat sekitar	X1
2	Melakukan pemilihan metode konstruksi didasarkan pada minimalisasi polusi udara agar tercipta lingkungan kerja yang sehat	X2
3	Memperhatikan perhatian terhadap material yang mengandung zat bahaya (contoh: solar)	X3
4	Melakukan pemasangan rambu rambu safety untuk keamanan atau pengaman material terhadap pekerja agar berhati-hati	X4
5	Memasang penanda area proyek sehingga masyarakat menghindari area tersebut demi keselamatan	X5
6	Memberlakukan K3 dan mengimplementasikan pada proyek	X6
Indikator 2. Kualitas Udara dan Kenyamanan		
7	Melakukan penyiraman lapangan di lokasi proyek untuk mengurangi debu	X7
8	Melakukan pemeliharaan metode konstruksi didasarkan pada minimalisasi polusi udara agar tercipta lingkungan kerja yang sehat	X8
9	Melakukan pengukuran kualitas udara secara berkala	X9
10	Menjamin <i>Stake Holder</i> memahami dan bertanggung jawab dalam menjaga polusi udara	X10
11	Memasang tanda dilarang merokok di lokasi kerja	X11
12	Menyediakan fasilitas untuk merokok pada jarak ± 5 meter di luar <i>direksi keet</i>	X12
13	Memperhatikan kesehatan pekerja dan lingkungan dalam mengurangi dampak polusi udara	X13
Indikator 3. Manajemen Lingkungan Proyek		
14	Melakukan pencatatan jumlah penggunaan material terbarukan	X14
15	Melakukan pencatatan terkait jumlah material sisa agar kemudian hanya memesan material kurang saja (tidak membuang sisa material yang masih bisa digunakan)	X15
16	Menyediakan tempat sampah rumah tangga (organic, anorganik, B3) di sekitar proyek	X16
17	Membuat aturan yang detail mengenai penerapan <i>green construction</i>	X17
18	Melakukan pengamatan berupa informasi <i>cycle time</i> pada alat berat untuk meningkatkan produktivitas pekerjaan	X18
19	Pengawasan pada operator alata berat agar tercapai produktivitas sesuai dengan <i>schedule</i>	X19
Indikator 4. Sumber Daya dan Siklus Material		
20	Menggunakan metrial sida yang masih bisa digunakan agar membuang banyak material menghemat biaya material dan mengefisiensi pengadaan material	X20
21	Menggunakan material yang bisa digunakan berulang kali sehingga meminimalisir penggunaan material yang tidak bisa didaur ulang	X21
22	Melakukan pemesanan material sesuai dengan kebutuhan	X22
23	Mengevaluasi pengadaan dan penggunaan material untuk mengefisiensi dan mengurangi limbah konstruksi	X23
24	Merawat serta menyimpan material di tempat yang sudah tersedia agar tidak mengalami kerusakan	X24
25	Menyimpan material tertentu dengan baik karena ada material tertentu yang bisa rusak/tidak bisa digunakan akibat penyimpanan material yang tidak benar (contoh: semen)	X25
26	Penggunaan fasilitas sementara (temporary facility) dalam proyek konstruksi (contoh: penggunaan container untuk kantor di lokasi proyek)	X26
Indikator 5. Tepat Guna lahan		
27	Dokumentasi lahan sebelum dibangun dan rencana konstruksi untuk pelestariannya jika terdapat fitur budaya	X27
28	Memiliki dokumen perijinan unruk pembangunan konstruksi bendungan	X28
29	Perencanaan pelestarian pohon dengan memindahkan atau menanam kembali pohon yang terkena dampak konstruksi	X29
30	Mengevaluasi, memilih dan mengevaluasi metode <i>land clearing</i> dalam konstruksi agar dapat metode yang ramah lingkungan	X30
31	Mengatur area simpan dan tempat pembongkar material dari kendaraan atau transportasi	X31
32	Memanfaatkan <i>top soil</i> hasil <i>land clearing</i>	X32
33	Merencanakan dan mensimulasi limpasan air dari lokasi proyek yang berdampak pada lingkungan	X33

Tabel 1. Pertanyaan Berdasarkan Indikator *Green Construction* (lanjutan)

No.	Pertanyaan	Simbol
Indikator 6. Konservasi air dan Energi		
34	Memanfaatkan penerapan yang hemat untuk mendukung pekerjaan di lokasi proyek	X34
35	Menggunakan lampu hemat energi	X35
36	Melakukan monitoring pemakaian listrik setiap bulan	X36
37	Memanfaatkan penggunaan sinar matahari untuk penerangan di kantor paling tidak setengah dari jumlah ruang	X37
38	Membuat penampungan air hujan agar dapat digunakan kembali dalam pekerjaan proyek yang tidak digunakan untuk air layak minum	X38
39	Melakukan monitoring pemakaian air setiap bulan	X39
40	Memasang stiker “hemat air” di tempat yang menggunakan kebutuhan air	X40
41	Memasang stiker “gunakan listrik secukupnya”, “matikan lampu dan ac jika ruangan tidak digunakan”, dan lain sebagainya untuk menghemat listrik	X41

3.1.1 Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Aspek kesehatan dan keselamatan kerja dalam prinsip *green construction* adalah konservasi tenaga kerja, dimana kontraktor harus menyediakan lokasi kerja yang aman dan melindungi para pekerja dari kecelakaan kerja yang merugikan semua pihak. Penerapan kesehatan dan keselamatan kerja dalam proyek pembangunan oleh semua pihak yang terlibat dalam proyek akan meningkatkan keamanan dalam bekerja dan meminimalisir terjadinya kecelakaan kerja (Madinah et al., 2017). Pada indikator kesehatan dan keselamatan kerja tujuan utamanya adalah mengurangi dampak pencemaran lingkungan di sekitar proyek, salah satunya adalah dampak dari polusi udara yang terjadi akibat proses konstruksi. Penerapan indikator kesehatan dan keselamatan kerja dalam proyek pembangunan bendungan Jragung, Semarang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Penilaian Indikator Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Pertanyaan	Perusahaan Konstruksi									
	PT Brantas Abipraya		PT Waskita Karya		PT Wijaya Karya		PT Pelita Nusa Perkasa		PT Basuki Rahmanta Putra	
	\bar{X}	IKR	\bar{X}	IKR	\bar{X}	IKR	\bar{X}	IKR	\bar{X}	IKR
X1	2,90	0,73	3,10	0,78	3,30	0,83	2,70	0,68	2,70	0,68
X2	3,20	0,80	3,30	0,83	2,90	0,73	2,50	0,63	2,30	0,58
X3	3,00	0,75	3,20	0,80	2,90	0,73	2,70	0,68	2,80	0,70
X4	3,10	0,78	3,30	0,83	3,10	0,78	2,50	0,63	2,70	0,68
X5	3,20	0,80	3,10	0,78	3,10	0,78	2,70	0,68	2,50	0,63
X6	2,90	0,73	3,10	0,78	3,40	0,85	2,70	0,68	2,60	0,65
Rata-rata	3,05		3,18		3,20	0,80	2,63		2,60	

Berdasarkan Tabel 2 terkait dengan kesehatan dan keselamatan kerja didapatkan hasil bahwa 0,85 atau 85% kontraktor yang bertanggung jawab atas proyek konstruksi bendungan Jragung, Semarang sudah melakukan pemasangan penanda area proyek demi keselamatan masyarakat (X5) yang menjadi kriteria tertinggi pada indikator kesehatan dan keselamatan kerja. Untuk kriteria terendah yaitu berkaitan dengan pemilihan metode konstruksi yang didasarkan

pada minimalisasi polusi udara (X2) adalah sebesar 0,58 atau 58% yang dicapai oleh PT BRP. Hal tersebut berarti bahwa para kontraktor masih belum melakukan pemilihan metode konstruksi yang mengupayakan agar polusi udara di sekitar lingkungan proyek bendungan Jragung tidak terjadi secara berlebihan. Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa pada kategori kesehatan dan keselamatan kerja, para kontraktor sudah memenuhi minimal 0,58 atau 58% berdasarkan angka terendah dari perolehan perhitungan untuk seluruh kriteria pada aspek kesehatan dan keselamatan kerja sebagai syarat penerapan konsep *Green construction* pada proyek bendungan Jragung, Semarang.

3.1.2 Kualitas Udara dan Kenyamanan

Kontraktor sebagai pelaksana dan penanggung jawab proyek konstruksi harus memahami sistem dari konstruksi hijau. Penerapan terhadap indikator *green construction* akan meningkatkan aspek yang lain, misalkan salah satunya dengan menyediakan area merokok yang terletak di radius ± 5 meter dari area konstruksi (X12) dapat berkontribusi pada masalah kesehatan dan keselamatan kerja di lokasi proyek (Firdaus et al., 2018). Adapun penerapan indikator *green construction* dalam kualitas udara dan kenyamanan di proyek pembangunan bendungan Jragung, Semarang sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Penilaian Indikator Kualitas Udara dan Kenyamanan

Pertanyaan	Perusahaan Konstruksi									
	PT Brantas Abipraya		PT Waskita Karya		PT Wijaya Karya		PT Pelita Nusa Perkasa		PT Basuki Rahmanta Putra	
	\bar{X}	IKR	\bar{X}	IKR	\bar{X}	IKR	\bar{X}	IKR	\bar{X}	IKR
X7	3,20	0,80	3,10	0,78	3,30	0,83	2,80	0,70	2,90	0,73
X8	3,50	0,88	3,10	0,78	3,10	0,78	2,50	0,63	2,50	0,63
X9	3,00	0,75	3,00	0,75	3,30	0,83	2,60	0,65	2,60	0,65
X10	2,80	0,70	3,20	0,80	3,10	0,78	2,50	0,63	2,50	0,63
X11	3,30	0,83	2,90	0,73	3,20	0,80	2,80	0,70	3,00	0,75
X12	3,10	0,78	3,20	0,80	3,60	0,90	2,70	0,68	2,70	0,68
X13	3,30	0,83	3,00	0,75	3,30	0,83	3,00	0,75	2,60	0,65
Rata-rata	3,17		3,07		3,27		2,70		2,69	

Berdasarkan Tabel 3 diketahui bahwa pada indikator kualitas udara dan kenyamanan, para kontraktor sudah memenuhi minimal 0,63 atau 63% berdasarkan nilai terendah dari total 7 kriteria penilaian oleh seluruh kontraktor. Kriteria tertinggi terdapat pada penyediaan fasilitas untuk para perokok pada jarak ± 5 meter di luar *direksi keet* (X12). Kriteria tersebut sudah terpenuhi maksimal 0,90 atau 90% dari keseluruhan. Hal tersebut mengindikasikan bahwa, perusahaan kontraktor sebagai penanggung jawab proyek pembangunan bendungan Jragung, Semarang berusaha menjaga kualitas udara dan kenyamanan para pekerja dengan tidak merokok

di lingkungan proyek bendungan Jragung, Semarang. Hal tersebut juga berdampak positif agar tidak terjadi kebakaran akibat puntung rokok yang dibuang di sekitar proyek pembangunan. Untuk kriteria yang masih minim terpenuhi pada indikator kualitas udara dan kenyamanan adalah pemilihan metode konstruksi yang dapat meminimalisasi terjadinya polusi udara (X8) dan jaminan bahwa *stakeholder* proyek sepenuhnya memahami dan bertanggung jawab agar menjaga polusi udara (X10). Kedua kriteria tersebut terpenuhi 0,63 atau 63% dari total keseluruhan. Meskipun sudah terpenuhi 63%, akan tetapi kedua kriteria tersebut harus menjadi catatan tersendiri untuk perusahaan kontraktor agar polusi udara akibat adanya proyek pembangunan bendungan Jragung, Semarang dapat diminimalisir, sehingga tidak mengganggu masyarakat dan pekerja proyek. Secara keseluruhan, kriteria pada penilaian indikator kualitas udara dan kenyamanan sudah terpenuhi 0,63-0,90 atau 63-90% sebagai syarat penerapan *Green construction* pada proyek pembangunan bendungan Jragung, Semarang.

3.1.3 Manajemen Lingkungan Proyek

Aktivitas pekerja di lokasi selama proyek berjalan memiliki dampak signifikan terhadap lingkungan sekitar, sehingga baik kontraktor maupun sub-kontraktor harus memiliki kesadaran untuk memperhatikan dan peduli terhadap lingkungan serta mengambil langkah-langkah konkrit yang strategis untuk meminimalisir dampak buruk yang terjadi di lingkungan sekitar proyek. Dalam aturan ISO 14001 terdapat pedoman untuk perusahaan atau organisasi untuk menetapkan manajemen lingkungan dan menetapkan program dalam mencapai tujuan untuk memberikan perlindungan terhadap lingkungan. Standar *green construction* pada perusahaan konstruksi dilihat dari lingkungan yang sehat, efisiensi energi, pengelolaan limbah dan minimalisasi polusi (J. Zhou et al., 2018). Penerapan prinsip *green construction* pada indikator manajemen lingkungan proyek pembangunan bendungan Jragung, Semarang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Penilaian Indikator Manajemen Lingkungan Proyek

Pertanyaan	Perusahaan Konstruksi									
	PT Brantas Abipraya		PT Waskita Karya		PT Wijaya Karya		PT Pelita Nusa Perkasa		PT Basuki Rahmanta Putra	
	\bar{X}	IKR	\bar{X}	IKR	\bar{X}	IKR	\bar{X}	IKR	\bar{X}	IKR
X14	2,90	0,73	3,00	0,75	3,30	0,83	2,50	0,63	2,70	0,68
X15	3,20	0,80	3,00	0,75	3,30	0,83	2,60	0,65	2,50	0,63
X16	3,10	0,78	3,10	0,78	3,30	0,83	2,80	0,70	2,60	0,65
X17	2,30	0,58	2,10	0,53	2,40	0,60	2,60	0,65	2,20	0,55
X18	3,30	0,75	3,00	0,75	3,10	0,78	2,70	0,68	2,60	0,65
X19	3,10	0,78	3,30	0,83	3,10	0,78	2,60	0,65	2,80	0,70
Rata-rata	2,93		2,92		3,08		2,63		2,57	

Berdasarkan Tabel 4 pada indikator manajemen lingkungan proyek yang terdiri dari 6 kriteria sudah memenuhi persentase 53-83% atau 0,53-0,83 secara keseluruhan. Terdapat 4 kriteria pada indikator manajemen lingkungan proyek dengan persentase tertinggi 83% atau 0,83, yaitu: (a) pencatatan jumlah penggunaan material terbarukan (X14), (b) pencatatan jumlah material sisa (X15), (c) penyediaan tempat sampah rumah tangga di sekitar proyek (X16), dan (d) pengawasan pada operator alat berat (X19). Pemenuhan pada ke-4 kriteria tersebut mengindikasikan bahwa perusahaan kontraktor melakukan pencatatan terkait material yang digunakan pada proyek pembangunan bendungan Jragung, Semarang. Hal tersebut berdampak baik pada efektifitas penggunaan material proyek yang dapat meminimalisasi limbah material proyek. Penyediaan tempat sampah untuk limbah proyek juga dilakukan dengan tujuan untuk menjaga kebersihan lingkungan proyek. Selain itu, pengawasan terhadap operator alat berat dilakukan agar produktivitas penggunaan alat berat sesuai dengan rencana. Untuk kriteria pada indikator manajemen lingkungan proyek dengan persentase pemenuhan terendah terkait dengan pembuatan aturan penerapan *Green construction*. Aturan tentang *Green construction* di Semarang telah diatur pemerintah melalui Peraturan Walikota Semarang Nomor 24 Tahun 2019 tentang Bangunan Hijau, sehingga diharapkan melalui adanya aturan tersebut perusahaan kontraktor yang bertanggung jawab atas proyek pembangunan bendungan Jragung, Semarang dapat mengimplementasikan aturan yang berlaku ke dalam proyek pembangunan untuk mendukung program pembangunan berkelanjutan yang direncanakan pemerintah pusat. Pengolahan sampah dalam indikator manajemen lingkungan proyek bendungan Jragung, Semarang diharapkan dapat mengurangi beban TPAS dan meningkatkan pengembangan kualitas udara, ruang yang sejuk dan pencahayaan di lokasi pembangunan.

3.1.4 Sumber Daya dan Siklus Material

Pembangunan berkelanjutan membutuhkan adanya inovasi material yang berbasis pemanfaatan limbah baik limbah buatan ataupun limbah alam. Meningkatnya isu emisi gas rumah kaca berupa pelepasan CO₂ memerlukan tindakan yang konkrit untuk menguranginya. Berdasarkan konsep *green construction* industri konstruksi menjadi salah satu bidang yang menyumbang emisi CO₂ terbesar dan harus menunjukkan peran dalam mengurangi penggunaan material semen (Setyowati et al., 2018). Menurut catatan *green building council* Sri Lanka mendorong penerapan praktik bangunan hijau atau *green construction* untuk menggunakan lebih sedikit energi dan air, untuk meningkatkan kualitas udara dalam ruangan dan mengurangi dampak siklus hidup dari bahan yang digunakan (Weerasinghe & Ramachandra, 2018).

Bahan yang dibuat dan bersumber dari dalam negeri dapat mengurangi biaya transportasi dan emisi gas CO₂ yang terdiri dari bahan yang dapat didaur ulang kembali, memiliki efek

lingkungan yang lebih rendah, efektif secara termal, membutuhkan sedikit energi dibandingkan bahan konvensional, menggunakan sumber daya terbarukan sehingga bahan bangunan yang berkelanjutan harus secara tepat dan kontekstual digunakan dalam pembangunan (Singh, 2018). Hasil penelitian terkait penggunaan sumber daya dan siklus material yang diterapkan dalam proyek pembangunan bendungan Jragung, Semarang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Penilaian Indikator Sumber Daya dan Siklus Material

Pertanyaan	Perusahaan Konstruksi									
	PT Brantas Abipraya		PT Waskita Karya		PT Wijaya Karya		PT Pelita Nusa Perkasa		PT Basuki Rahmanta Putra	
	\bar{X}	IKR	\bar{X}	IKR	\bar{X}	IKR	\bar{X}	IKR	\bar{X}	IKR
X20	2,80	0,70	3,20	0,80	3,30	0,83	2,70	0,68	2,40	0,60
X21	2,90	0,73	3,10	0,78	3,10	0,78	2,40	0,60	2,60	0,65
X22	3,20	0,80	3,10	0,78	3,00	0,75	2,80	0,70	2,60	0,65
X23	3,00	0,75	3,30	0,83	3,40	0,85	2,70	0,68	3,00	0,75
X24	2,90	0,73	3,30	0,83	3,20	0,80	2,50	0,63	2,10	0,53
X25	3,10	0,78	3,00	0,75	3,20	0,80	3,00	0,75	2,90	0,73
X26	2,90	0,73	3,40	0,85	3,20	0,80	2,50	0,63	2,60	0,65
Rata-rata	2,97		3,20		3,20		2,66		2,60	

Pada penilaian indikator sumber daya dan siklus material didasarkan pada 7 kriteria yaitu X20 hingga X26. Berdasarkan Tabel 5 diketahui bahwa terdapat 2 kriteria penilaian yang memiliki persentase pemenuhan tertinggi sebesar 0,85 atau 85% yaitu evaluasi pengadaan dan penggunaan material proyek (X23), dan penggunaan kendaraan proyek yang bersifat fasilitas sementara untuk kepentingan proyek (X26). Evaluasi yang dilakukan oleh perusahaan kontraktor bertujuan untuk meminimalisir penggunaan material proyek yang tidak efisien sehingga limbah material proyek yang dihasilkan tidak banyak. Penggunaan fasilitas proyek diperuntukkan untuk kepentingan yang berhubungan dengan proses pembangunan bendungan Jragung, Semarang agar efisien dan efektif. Selain itu, pekerja di proyek bendungan Jragung, Semarang sering menggunakan kendaraan proyek seperti box container untuk kantor sementara, sehingga mempercepat proses koordinasi antar pekerja. Untuk kriteria yang memiliki persentase terendah adalah terkait dengan perawatan dan penyimpanan material proyek (X24). Kriteria tersebut terpenuhi 0,53 atau 53% dari total keseluruhan. Pentingnya merawat, menjaga dan melakukan penyimpanan terhadap material proyek ditujukan agar material tidak rusak sebelum digunakan. Apabila material-material proyek mengalami kerusakan sebelum digunakan maka berdampak pada rancangan keuangan proyek terkait pengadaan material dan timbul limbah proyek yang tidak dapat didaur ulang atau digunakan kembali.

3.1.5 Tepat Guna Lahan

Penggunaan lahan akan berubah seiring dengan kemajuan lokasi konstruksi. Penerapan simulasi 4D pada saat ini dapat digunakan untuk memprediksi kemajuan konstruksi dan memungkinkan penyesuaian terhadap tata letak situs sesuai dengan kebutuhan (H. Zhou et al., 2018). Indeks penggunaan lahan harus ditetapkan berdasarkan prinsip penggunaan lahan yang berkelanjutan. Tata letak yang tepat diharapkan akan mengurangi fasilitas sementara yang sebenarnya tidak digunakan, memperpendek jarak tempuh material dan waktu pengoperasian transportasi. Program konstruksi harus dioptimalkan untuk mengurangi beban penggalian tanah dan pengurukan agar tidak mengganggu keseimbangan lahan yang digunakan (J. Zhou et al., 2018). Penerapan *green construction* pada indikator tepat guna lahan di proyek pembangunan bendungan Jragung, Semarang adalah sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil Penilaian Indikator Tepat Guna Lahan

Pertanyaan	Perusahaan Konstruksi									
	PT Brantas Abipraya		PT Waskita Karya		PT Wijaya Karya		PT Pelita Nusa Perkasa		PT Basuki Rahmanta Putra	
	\bar{X}	IKR	\bar{X}	IKR	\bar{X}	IKR	\bar{X}	IKR	\bar{X}	IKR
X27	3,00	0,75	3,20	0,80	3,40	0,85	2,70	0,68	2,60	0,65
X28	3,10	0,78	3,10	0,78	3,00	0,75	2,90	0,73	2,40	0,60
X29	2,70	0,68	3,30	0,83	3,30	0,83	2,70	0,68	2,60	0,65
X30	2,90	0,73	3,10	0,78	3,30	0,83	2,80	0,70	2,50	0,63
X31	2,80	0,70	3,30	0,83	3,20	0,80	2,50	0,63	2,50	0,63
X32	3,00	0,75	3,30	0,83	3,40	0,85	2,90	0,73	2,60	0,65
X33	2,80	0,70	3,00	0,75	3,20	0,80	2,60	0,65	2,80	0,70
Rata-rata	2,90		3,19		3,26		2,73		2,57	

Penilaian terhadap indikator tepat guna lahan pada penerapan *Green construction* di proyek pembangunan bendungan Jragung, Semarang berdasarkan Tabel 6 disesuaikan berdasarkan 7 kriteria yaitu X27 hingga X33. Berdasarkan Tabel 5 diketahui bahwa terdapat 2 kriteria yang memiliki persentase tertinggi 85% atau 0,85 yaitu dokumentasi lahan sebelum proses pembangunan dan perencanaan konstruksi yang memperhatikan kelestarian jika berada disekitar fitur budaya (X27) dan pemanfaatan *topsoil* hasil *land clearing* atau pembersihan lahan (X32). Dokumentasi lahan sebelum proses pembangunan sangat penting dilakukan untuk memantau target pembangunan setiap bulan, sehingga langkah-langkah efektif dapat dilakukan secepat mungkin agar pembangunan berjalan sesuai dengan jadwal. Selain itu perencanaan konstruksi yang tetap memperhatikan kelestarian cagar budaya juga sangat penting, mengingat cagar budaya merupakan warisan yang sangat berharga. Pemanfaatan *topsoil* hasil pembersihan lahan yang dilakukan oleh para pekerja ditujukan agar unsur hara pada lapisan *topsoil* tidak terbuang sia-sia karena mengandung bahan dan mikroorganisme yang dapat membentuk unsur hara pada tanah.

Topsoil dalam proyek konstruksi pembangunan biasanya harus dibuang karena dapat mengganggu kestabilan tanah yang akan digunakan untuk kepentingan proyek.

Kriteria penilaian tepat guna lahan yang memiliki persentase terendah berkaitan dengan dokumen perizinan pembangunan proyek bendungan Jragung, Semarang (X28). Dokumen perizinan pembangunan menjadi syarat penting dalam pelaksanaan proyek agar proyek pembangunan jembatan Jragung, Semarang tidak diklaim sebagai pembangunan ilegal yang merugikan berbagai pihak yang terlibat. Pemenuhan kriteria penilaian indikator tepat guna lahan sebagai bentuk penerapan *Green construction* pada pembangunan bendungan Jragung, Semarang mencapai 0,60-0,85 atau 60-85%.

3.1.6 Konservasi Air dan Energi

Manfaat *green construction* meliputi dua hal yaitu manfaat lingkungan dan manfaat ekonomi. Dari segi lingkungan, *green construction* menjadi salah satu upaya penghematan energi dan air karena sektor konstruksi memanfaatkan konsumsi energi yang tinggi. Selain itu, bidang konstruksi membutuhkan sumber daya air yang cukup besar, sehingga apabila tidak dikelola dengan baik akan berdampak pada lingkungan dan dapat menimbulkan bencana (Abdurrahman et al., 2020). Adapun hasil penelitian terkait penerapan konservasi air dan energi dalam pembangunan bendungan Jragung, Semarang adalah sebagai berikut:

Tabel 7. Hasil Penilaian Indikator Konservasi Air dan Energi

Pertanyaan	Perusahaan Konstruksi									
	PT Brantas Abipraya		PT Waskita Karya		PT Wijaya Karya		PT Pelita Nusa Perkasa		PT Basuki Rahmanta Putra	
	\bar{X}	IKR	\bar{X}	IKR	\bar{X}	IKR	\bar{X}	IKR	\bar{X}	IKR
X34	3,00	0,75	3,20	0,80	3,20	0,80	2,70	0,68	2,90	0,73
X35	2,90	0,73	3,30	0,83	3,20	0,80	2,70	0,68	2,40	0,60
X36	3,00	0,75	3,20	0,80	3,20	0,80	2,60	0,65	2,90	0,73
X37	2,90	0,73	3,40	0,85	3,20	0,80	2,80	0,70	2,90	0,73
X38	3,10	0,78	3,50	0,88	3,10	0,78	2,80	0,70	2,70	0,68
X39	3,30	0,83	3,40	0,85	3,40	0,85	2,90	0,73	2,70	0,68
X40	3,60	0,90	3,60	0,90	3,80	0,95	2,90	0,73	2,90	0,73
X41	3,60	0,90	3,60	0,90	3,90	0,98	3,00	0,75	2,90	0,73
Rata-rata	3,18		3,40		3,38		2,80		2,79	

Pada Tabel 7 merupakan hasil perhitungan statistik deskriptif indikator terkait konservasi air dan energi yang terdiri dari 8 kriteria penilaian yaitu X34 hingga X41. Indikator ini bertujuan agar penggunaan air dan energi dalam proyek pembangunan bendungan Jragung, Semarang digunakan secara efektif dan efisien. Kriteria dalam indikator konservasi air dan energi dengan persentase tertinggi sebesar 98% adalah pemasangan stiker hemat energi (X41). Namun apabila

pemasangan stiker tersebut tidak disertai dengan tindakan yang sesuai, maka stiker tersebut tidak memiliki arti yang sebenarnya. Untuk kriteria dengan persentase terendah adalah penggunaan lampu hemat energi (X35). Lampu proyek berfungsi sebagai penerangan ketika sore hari, sehingga sangat penting keberadaannya. Penggunaan lampu neon hemat energi apabila digunakan secara berlebihan akan memberikan dampak pada tagihan listrik proyek yang besar. Penggunaan air dan energi yang berlebihan tidak sejalan dengan tujuan *green construction* secara umum, sehingga baik perusahaan kontraktor maupun pekerja yang terlibat dalam proyek harus memperhatikan penggunaan air dan energi agar lebih efisien. Pada indikator konservasi air dan energi dalam penerapan *green construction* di proyek pembangunan bendungan Jragung, Semarang memenuhi persentase penerapan sebesar 60-98% atau 0,60-0,98.

3.2 Penerapan Konsep *Green Construction*

Perusahaan konstruksi yang terlibat dalam proyek pembangunan bendungan Jragung, Semarang terdiri dari 5 perusahaan yaitu 2 perusahaan berskala menengah dan 3 perusahaan berskala besar. Perusahaan-perusahaan konstruksi tersebut secara keseluruhan sudah melakukan penerapan *green construction* dalam proyek pembangunan bendungan Jragung, Semarang meskipun masih belum maksimal. Adapun hasil peringkat atas penilaian penerapan *green construction* didasarkan pada hasil rata-rata kuesioner dan IKR sesuai Tabel 8 berikut:

Tabel 8. Nilai Rata-rata dan IKR Masing-masing Perusahaan Konstruksi

Indikator	Perusahaan Konstruksi									
	PT Brantas Abipraya		PT Waskita Karya		PT Wijaya Karya		PT Pelita Nusa Perkasa		PT Basuki Rahmanta Putra	
	\bar{X}	IKR	\bar{X}	IKR	\bar{X}	IKR	\bar{X}	IKR	\bar{X}	IKR
I.1 Kesehatan dan Keselamatan Kerja	3,05	0,77	3,18	0,80	3,10	0,78	2,63	0,66	2,60	0,65
I.2 Kualitas Udara dan Kenyamanan	3,16	0,80	3,07	0,77	3,27	0,82	2,70	0,68	2,69	0,67
I.3 Manajemen Lingkungan Proyek	2,93	0,74	2,92	0,73	3,08	0,78	2,63	0,66	2,57	0,64
I.4 Sumber Daya dan Siklus Material	2,97	0,75	3,20	0,80	3,20	0,80	2,66	0,67	2,60	0,65
I.5 Tepat Guna Lahan	2,90	0,73	3,19	0,80	3,26	0,82	2,73	0,69	2,57	0,64
I.6 Konservasi Air dan Energi	3,18	0,80	3,40	0,85	3,38	0,85	2,80	0,70	2,79	0,70
Rata-rata akhir	3,03	0,77	3,16	0,79	3,22	0,81	2,69	0,68	2,64	0,66

Berdasarkan Tabel 8 Dapat diketahui bahwa PT Wijaya Karya merupakan perusahaan konstruksi yang mendapatkan nilai rata-rata dan IKR terbesar yaitu 3,33 dan 0,81 sehingga dapat diartikan bahwa penerapan *green construction* pada proyek pembangunan bendungan Jragung,

Semarang yang dilakukan oleh PT Wijaya Karya mencapai 0,81. Kemudian diikuti oleh PT Waskita Karya dengan nilai rata-rata dan IKR 3,16 dan 0,79 yang berarti bahwa penerapan *green construction* pada proyek pembangunan bendungan Jragung, Semarang yang dilakukan oleh PT Waskita Karya mencapai 79%. Sedangkan PT Brantas Abipraya memiliki nilai rata-rata 3,03 dan IKR 0,77 berada di peringkat ke-3 dan 2 perusahaan lainnya yaitu PT Pelita Nusa Perkasa dengan nilai rata-rata 2,69 dan IKR 0,68 dan PT Basuki Rahmanta Putra dengan nilai rata-rata 2,64 dan IKR 0,66 menduduki 2 peringkat terbawah. Beberapa faktor yang menjadi penyebab kontraktor menengah memiliki nilai lebih rendah dari kontraktor besar adalah masih kurangnya pemahaman dan penerapan terkait konsep *green construction*. Kontraktor besar telah terbiasa dengan beberapa aturan-aturan yang menerapkan aturan terkait *green construction*, sehingga berpengaruh sekali terhadap hasil penilai yang telah dilaksanakan terutama pada proyek Bendungan Jragung ini.

4. SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa implementasi konsep *green construction* sudah dilakukan dalam proyek pembangunan bendungan Jragung, Semarang meskipun belum maksimal namun beberapa telah menunjukkan nilai yang cukup tinggi terhadap standar penilaian. Penilaian akhir berupa nilai IKR pada penerapan konsep *green construction* dalam proyek pembangunan bendungan Jragung, Semarang berdasarkan 6 indikator (kategori) dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Indikator kesehatan dan keselamatan kerja: 0,58-0,85
- b. Indikator kualitas udara dan kenyamanan: 0,63-0,90
- c. Indikator manajemen lingkungan proyek: 0,53-0,83
- d. Indikator sumber daya dan siklus material: 0,53-0,85
- e. Indikator tepat guna lahan: 0,60-0,85
- f. Indikator konservasi air dan energi: 0,60-0,98

Perusahaan konstruksi dengan penerapan *green construction* dalam proyek pembangunan bendungan Jragung, Semarang dengan IKR rata-rata tertinggi mencapai 0,81 adalah PT Wijaya Karya, sedangkan perusahaan konstruksi dengan nilai IKR rata-rata terendah adalah PT Basuki Rahmanta Putra sebesar 0,66.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, M. A., Latief, R. U., Mustari, A. S., & Mustika, L. (2020). Green Construction Application of The Vida View Apartment Project in Makassar. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 419(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/419/1/012145>
- Dysans, B. (2008). *Identifikasi dan Upaya Pengendalian Dampak Negatif Tahap Pelaksanaan Pembangunan Proyek*. Universitas Indonesia.

- Ervianto, W. I. (2012). *Selamatkan Bumi Melalui Konstruksi Hijau*. Yogyakarta: Andi.
- Firdaus, A., Setiawan, T. H., & Reynaldy, J. I. (2018). Barriers to The Implementation of Green Construction: A Case Study in Bandung, Indonesia. *International Journal of Integrated Engineering*, 10(8). <https://doi.org/10.30880/ijie.2018.10.08.001>
- Firmawan, F., Othman, F., & Yahya, K. (2012). Framework for Green Construction Assessment: A Case Study of Government Institution Building Project in Jakarta, Indonesia. *Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Science (JETEAS)*, 3(4), 576–580. <http://jeteas.scholarlinkresearch.com/abstractview.php?id=596>
- Madinah, F. M., Yustiarini, D., & Natawidjana, R. (2017). Pengaruh Penerapan *Green Construction* terhadap Tingkat Keselamatan dan Kesehatan Kerja. *Jurnal Karkasa*, 3(1), 1–8.
- Nugradi, D. N. A. (2021). The Obstacles of Green Building Implementation in Semarang City. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 700(1), 1–5. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/700/1/012053>
- Podungge, M. R., Wimala, M., & Soekiman, A. (2019). Pendekatan Holistik dalam Mengidentifikasi Kendala Implementasi *Green Construction* di Indonesia. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 5(2), 1–12.
- Setyowati, E., Purwanto, Hardiman, G., & Pandelaki, E. E. (2018). Structural, Acoustic, and Aesthetic Performances of Double Layer Wall Made of Oyster Shell and Polymer as Green Material in Green Construction. *AIP Conference Proceedings*, 1977. <https://doi.org/10.1063/1.5043003>
- Shi, Q., Zuo, J., Huang, R., Huang, J., & Pullen, S. (2013). Identifying The Critical Factors for Green Construction - An Empirical Study In China. *Habitat International*, 40, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2013.01.003>
- Singh, C. S. (2018). Green Construction: Analysis on Green and Sustainable Building Techniques. *Civil Engineering Research Journal*, 4(3). <https://doi.org/10.19080/cerj.2018.04.555638>
- Suripto, S., Abdi, M. H., & Manurung, E. H. (2022). Evaluasi Penerapan *Green Construction* Proyek Pembangunan Gedung Rektorat Kampus UIII. *Jurnal Talenta Sipil*, 5(1), 134–143. <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v5i1.106>
- Utari, M., & Nursin, A. (2021). Penerapan Green Construction Pada Proyek Pembangunan TOD Mahata Margonda. *Construction and Material Journal*, 3(1), 41–49. <http://jurnalpni.ac.id/index.php/cmi>
- Weerasinghe, A. S., & Ramachandra, T. (2018). Economic Sustainability of Green Buildings: A Comparative Analysis of Green vs Non-Green. *Built Environment Project and Asset Management*, 8(5). <https://doi.org/10.1108/BEPAM-10-2017-0105>
- Zhou, H., Sun, J., Wu, Y., & Chen, H. (2018). Research on BIM Application in Construction Based on the Green Building Idea. *International Conference on Humanities and Advanced Education Technology (ICHAET)*, 10. <https://doi.org/10.12783/dtssehs/ichae2018/25725>
- Zhou, J., Tam, V. W. Y., & Qin, Y. (2018). Gaps between Awareness and Activities on Green Construction in China: A Perspective of on-Site Personnel. *Sustainability*, 10. <https://doi.org/10.3390/su10072266>