

KAJIAN TINGKAT PENERAPAN *GREEN CONSTRUCTION* PADA PROYEK KONSTRUKSI GEDUNG FASILITAS PENDIDIKAN DI JAWA TIMUR

Nurul Alfi Candra Laila, I Ketut Hendra Wiryasuta, Siska Aprilia Hardiyanti

Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi

E-mail: hendrawiryasuta@poliwangi.ac.id

Abstrak

Pembangunan fasilitas pendidikan di Indonesia, khususnya di Jawa Timur mengalami peningkatan. Meski demikian, pembangunan tersebut memiliki dampak lingkungan akibat aktivitas konstruksi yang menggunakan alat berat, menghasilkan limbah material, dan kurang efisien dalam mengelola energi. Untuk mengurangi dampak tersebut, penting menerapkan konstruksi hijau (*green construction*). Tujuan penelitian ini adalah menilai tingkat penerapan konstruksi hijau pada proyek konstruksi gedung fasilitas pendidikan di Jawa Timur. Metode *Model Assessment Green Construction* (MAGC) digunakan untuk menilai tingkat penerapan green construction dengan fokus pada kriteria konstruksi ramah lingkungan dan indikator terkait. Data hasil kuesioner penilaian bobot aspek dan bobot faktor yang diolah menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dengan hasil bobot aspek sebesar 0,336 dan bobot faktor 0,821. Nilai bobot tersebut menjadi faktor pengali pada perhitungan MAGC. Hasil dari perhitungan MAGC didapat persentase senilai 36% dari 11 proyek konstruksi gedung fasilitas pendidikan di Jawa Timur yang memiliki NGCIdeal sesuai dengan baseline sebesar 15,47 s/d 21,92.

Kata kunci: konstruksi hijau, MAGC, konstruksi gedung, AHP.

Abstract

The construction of educational facilities in Indonesia, especially in East Java, are increase. However, this development has an environmental impact due to construction activities that use heavy equipment, produce material waste, and are less efficient in managing energy. To reduce this impact, it is important to implement green construction. The purpose of this research is to assess the level of green construction. The Model Assessment Green Construction (MAGC) method is used to assess the level of green construction implementation, focusing on environmentally friendly construction criteria and related indicators. The data from the questionnaire results, evaluating the weights of aspects and factors, were processed using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method, resulting in aspect weight of 0.336 and factor weight of 0.821. These weight values become multiplier factors in the MAGC calculation. The results of the MAGC calculation obtain a percentage of 36% from 11 educational facility building construction projects in East Java that meet the NGCIdeal criteria within the baseline range of 15.47 to 21.92.

Keywords: green construction, MAGC, building construction, AHP.

I. PENDAHULUAN

Pembangunan fasilitas pendidikan di Indonesia, khususnya di Jawa Timur, terus meningkat seiring dengan kebutuhan akan pendidikan. Data tahun 2018 menunjukkan jumlah fasilitas pendidikan di Jawa Timur: SD 8.443, SMP 4.696, SMA 2.385, SMK 1.531, dan

Perguruan Tinggi 376. Pertumbuhan ini berpotensi mempengaruhi lingkungan dan masyarakat karena aktivitas konstruksi yang belum sepenuhnya memperhatikan aspek lingkungan. Di Indonesia sendiri khususnya di wilayah Jawa Timur masih jarang ditemui proyek-proyek yang menerapkan konsep

“green” dalam kegiatan konstruksi.

Aktivitas konstruksi memiliki dampak negatif serta dampak positif yang masing-masing memiliki peran dalam lingkungan maupun masyarakat. Dampak positif yang didapatkan dari kegiatan konstruksi yakni dapat berfungsinya suatu bangunan. Sedangkan dampak negatif timbul akibat proses konstruksi yang tidak memperhatikan aspek lingkungan seperti ketidakseimbangan lingkungan, debu dan polusi akibat pembakaran bahan bakar dari peralatan konstruksi, hingga meningkatnya suhu di bumi akibat efek rumah kaca. *Green Construction* merupakan suatu perencanaan dan pelaksanaan proses konstruksi untuk meminimalkan dampak negatif proses konstruksi terhadap lingkungan agar terjadi keseimbangan antara kemampuan lingkungan dan kebutuhan hidup manusia untuk generasi sekarang dan mendatang. Berdasarkan konsep tersebut diketahui fungsi dari *green construction* adalah untuk mengurangi dampak negatif dari konstruksi namun tetap dapat memenuhi kebutuhan akan pembangunan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat penerapan *green construction* pada proyek konstruksi gedung fasilitas pendidikan di Jawa Timur melalui kuesioner yang diisi oleh para ahli seperti *Site Manager, Team Leader, Engineer, Inspector, Quality Control (QC), Safety Man, Surveyor, Supervisor*, Pelaksana, Pengawas, dan Tenaga Ahli Bangunan Gedung. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Model Assesment Green Construction (MAGC)* yang dikembangkan oleh Ervianto (2015). Metode MAGC ini fokus terhadap kriteria konstruksi yang ramah lingkungan dengan penilaian pada indikator yang telah ditentukan rumusnya.

II. METODE PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Dalam penelitian kajian tingkat penerapan *green construction* dilakukan pada proyek pembangunan gedung di provinsi Jawa Timur

sebagai studi kasus dengan mengambil beberapa ahli untuk dijadikan responden dalam penelitian ini.



Gambar 1. Lokasi penelitian (Lamudi, 2023)

Ada 11 proyek konstruksi gedung fasilitas pendidikan di Jawa Timur yang menjadi studi kasus ada penelitian ini, seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Lokasi proyek

No.	Nama Proyek	Lokasi
1.	Proyek A	Kota Blitar
2.	Proyek B	Kota Surabaya
3.	Proyek C	Kabupaten Ponorogo
4.	Proyek D	Kabupaten Tulungagung
5.	Proyek E	Kota Malang
6.	Proyek F	Kota Suarabaya
7.	Proyek G	Kota Surabaya
8.	Proyek H	Kota Surabaya
9.	Proyek I	Kabupaten Banyuwangi
10.	Proyek J	Kota Malang
11.	Proyek K	Kabupaten Banyuwangi

B. Pengumpulan Data

Pengumpulan data-data yang diperlukan dalam penelitian ini dilakukan hanya menggunakan data primer hasil pengisian kuesioner dengan tahapan sebagai berikut:

1. Pengumpulan data dilakukan melalui kuesioner yang akan diisi oleh responden ahli dalam proyek konstruksi. Pertanyaan dalam kuesioner meliputi aspek dan faktor *assessment green construction*. Ada dua kali kuisisioner, kuisisioner pertama untuk menentukan nilai bobot sedangkan kuisisioner kedua untuk identifikasi penerapan indikator *green construction*.
2. Pengisian kuesioner penentuan bobot aspek dan bobot faktor menggunakan skala AHP 1-9 dengan keterangan seperti Tabel 2.

Tabel 2. Keterangan skala AHP

Intensitas Kepentingan	Keterangan
1	Kedua elemen yang sama penting
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting daripada yang lainnya
5	Elemen yang satu lebih penting daripada yang lainnya
7	Elemen yang satu jelas lebih mutlak penting daripada yang lainnya
9	Elemen yang satu lebih mutlak penting daripada yang lainnya
2,4,6,8	Nilai-nilai antara dua nilai pertimbangan yang berdekatan
Kebalikan	Jika aktivitas i mendapat satu angka dibandingkan dengan aktivitas j, maka j memiliki nilai kebalikannya dibandingkan dengan i.

Sumber: Kusri, 2007

- Pengisian kuesioner untuk mengetahui penerapan *green construction* menggunakan skala guttman dengan maksud skoring terdapat dalam Tabel 3.

Tabel 3. Maksud skoring skala guttman

Skoring	Maksud Skoring
1	Untuk jawaban benar/ya
0	Untuk jawaban salah/tidak

Sumber: Riduwan, 2009

C. Pengolahan Kuesioner Nilai Bobot

Pengolahan kuesioner bobot aspek dan bobot faktor menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* yang hasilnya digunakan untuk faktor pengali perhitungan *assessment green construction*. Tahapan *analytical hierarchy process* adalah sebagai berikut:

- Rekapitulasi seluruh jawaban responden menggunakan Ms. Excel
- Mencari nilai *geometric mean* (GM) dari jawaban seluruh responden dengan persamaan sebagai berikut:

$$GM = \sqrt[n]{X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n} \quad (1)$$

Dengan:

GM : *Geometric Mean*

X_1 : Pakar ke-1

X_2 : Pakar ke-2

X_n : Pakar ke-n

- Normalisasi matriks dengan membagi angka tiap baris dengan total tiap kolom.
- Hasil normalisasi matriks dibagi dengan elemen sehingga didapat nilai *eigen value* (λ maks).
- Menentukan *consistency index* (CI)

menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n - 1} \quad (2)$$

Dengan:

n : banyaknya elemen

- Menentukan *consistency ratio* (CR) menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3)$$

Dengan :

CR : *Consistency Ratio*

CI : *Consistency Index*

RI : *Random Consistency Index*

Berikut merupakan daftar *Random Consistency Index* (RI) yang disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Daftar *Random Consistency Index*

Ukuran Matriks	Nilai RI
1,2	0,00
3	0,58
4	0,90
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45
10	1,49
11	1,51
12	1,48
13	1,56
14	1,57
15	1,59

Sumber: Kusri, 2007

D. Pengolahan Kuesioner Penerapan *Green Construction*

Pengolahan data kuesioner penerapan *green construction* ini menggunakan metode *Assessment Green Construction* dengan output nilai NGC_{Ideal} pada masing-masing proyek. Berikut merupakan tahapan perhitungan MAGC:

- Hasil perhitungan bobot aspek dan bobot faktor diambil masing-masing yang tertinggi untuk faktor pengali.
- Penilaian indikator *green construction* menggunakan persamaan berikut:

$$NIGC = (I_{i=0} \text{ atau } 1 \times Bpk_{k=0,44} \text{ atau } 0,56) \quad (4)$$

Dengan :

NIGC : Nilai Indikator *Green Construction*

I : Jawaban responden (i bernilai 1 jika sudah dimplementasikan dan 0 jika belum)

BP : Bobot prioritas (k bernilai 0,56 untuk prioritas I dan 0,44 untuk prioritas II)

$$\text{Total NIGC} = \sum_{i=1}^j \text{NIGCI} \quad (5)$$

Dengan:

Total NIGC : Nilai indikator *green construction* pada setiap faktor

i : banyaknya nilai indikator

3. Penilaian faktor *green construction* menggunakan persamaan berikut:

$$\text{NFGC} = \sum_{i=1}^j (\text{Total NIGCi} \cdot \text{BFGCi}) \quad (6)$$

$$\text{Total NFGC} = \sum_{i=1}^m \text{NFGCI} \quad (7)$$

Dengan :

NFGC : Nilai Faktor *green construction*

i : Banyaknya Nilai Faktor *green construction*

BFGC : Bobot Faktor *green construction*

4. Penilaian aspek *green construction* menggunakan persamaan berikut:

$$\text{NAGC} = \sum_{i=1}^j (\text{Total NFGCi} \cdot \text{BAGCi}) \quad (8)$$

$$\text{Total NAGC} = \sum_{i=1}^m \text{NAGCI} \quad (9)$$

Dengan :

Total NAGC : Nilai Aspek *Green Construction* di setiap faktor

BAGC : Bobot Aspek *Green Construction*

i : Banyaknya aspek *green construction*

5. Perhitungan Nilai *Green Construction* (NGC) menggunakan persamaan (10) dengan *baseline* $\text{NGC}_{\text{Ideal}} 15,47$ s/d 21,92.

$$\text{NGC} = \sum_{i=1}^j \text{NAGCI} \quad (10)$$

Dengan :

NGC : Nilai *Green Construction*

i : banyaknya nilai aspek dalam sebuah aspek *green construction*

NAGC : Nilai Aspek *Green Construction*

Menurut Ervianto (2015) *Model Assessment*

Green Construction dalam setiap hirarkinya seperti tersaji pada Tabel 5.

Tabel 5. Variabel Penelitian *Green Construction*

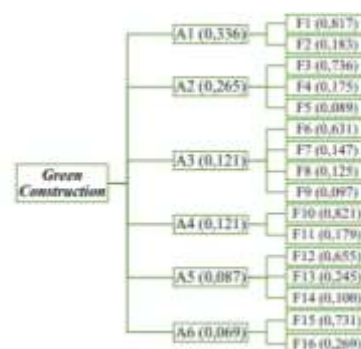
No.	Variabel
A1	Kesehatan dan Keselamatan Kerja
F1	Program kesehatan dan keselamatan kerja (3 indikator)
F2	Kesehatan lingkungan kerja tahap konstruksi (17 indikator)
A2	Kualitas Udara dan Kenyamanan
F3	Kualitas udara tahap konstruksi (6 indikator)
F4	Pemilihan dan operasional peralatan konstruksi (5 indikator)
F5	Perencanaan dan penjadwalan proyek konstruksi (5 indikator)
A3	Manajemen Lingkungan Bangunan
F6	Dokumentasi (8 indikator)
F7	Manajemen lingkungan proyek konstruksi (15 indikator)
F8	Pelatihan bagi subkontraktor (4 indikator)
F9	Manajemen limbah konstruksi (12 indikator)
A4	Sumber Daya dan Siklus Material
F10	Sumber dan siklus material (pengelolaan material) (10 indikator)
F11	Penyimpanan dan perlindungan material (5 indikator)
A5	Tepat Guna Lahan
F12	Pengelolaan lahan (4 indikator)
F13	Pengurangan jejak ekologis tahap konstruksi (6 Indikator)
F14	Perencanaan dan perlindungan lokasi pekerjaan (12 Indikator)
A6	Konservasi Air dan Energi
F15	Konservasi dan efisiensi air (10 Indikator)
F16	Konservasi dan efisiensi energi (20 Indikator)

Sumber: Ervianto, 2015

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Nilai Bobot Aspek dan Faktor *Green Construction*

Perhitungan bobot aspek dan bobot faktor ini akan digunakan sebagai faktor pengali dalam perhitungan *assessment green construction*. Untuk hasil penilaian bobot aspek dan bobot faktor ditunjukkan dalam Gambar 2. Hasil dari perhitungan bobot aspek yang digunakan sebagai faktor pengali adalah 0,336 dan 0,821 untuk bobot faktor atau nilai prioritas tertinggi dari setiap aspek maupun faktor.



Gambar 2. Nilai Bobot Struktur Hirarki *Assessment Green Construction*

a. Perhitungan *Geometric Mean*

Karena dalam penilaian kuesioner bobot aspek dan faktor ini terdapat lebih dari satu responden yang mengisi, maka digunakan persamaan *geometric mean* atau persamaan (1). Dan berikut disajikan pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 6. Hasil Perhitungan *Geomean* Aspek

Aspek	Nilai GM
A1 VS A2	5,73
A1 VS A3	1,93
A1 VS A4	2,51
A1 VS A5	6,49
A1 VS A6	1,66
A2 VS A3	5,12
A2 VS A4	3,57
A2 VS A5	3,63
A2 VS A6	4,81
A3 VS A4	1,33
A3 VS A5	3,10
A3 VS A6	1,74
A4 VS A5	4,23
A4 VS A6	2,25
A5 VS A6	5,35

Tabel 7. Hasil Perhitungan *Geomean* Faktor

Faktor	Nilai GM
F1 VS F2	4,47
F3 VS F4	5,30
F3 VS F5	6,89
F4 VS F5	2,44
F6 VS F7	5,83
F6 VS F8	6,08
F6 VS F9	4,71
F7 VS F8	1,94
F7 VS F9	1,37
F8 VS F9	2,05
F10 VS F11	4,60
F12 VS F13	4,47
F12 VS F14	4,65
F13 VS F14	3,85
F15 VS F16	2,72

Hasil perhitungan *Geomean* dimasukkan ke dalam tabel matriks perbandingan berpasangan untuk aspek dan faktor *green construction*.

b. Matriks Perbandingan Berpasangan

Dalam tahap ini peneliti membuat matriks perbandingan aspek dan faktor dengan nilai dari hasil *geometric mean* jawaban responden dan memasukkan nilai yang sudah di isi ke dalam matriks yang sudah dibuat seperti tersaji dalam Tabel berikut:

Tabel 8. Matriks Perbandingan Berpasangan Aspek

Aspek	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	1,00	5,730	1,926	2,513	6,491	1,664
A2	0,175	1,00	5,121	3,574	3,627	4,808
A3	0,519	0,195	1,00	1,335	3,098	1,736

Aspek	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A4	0,398	0,280	0,749	1,00	4,231	2,252
A5	0,154	0,276	0,323	0,236	1,00	5,354
A6	0,601	0,208	0,576	0,444	0,187	1,00
TOTAL	2,847	7,689	9,694	9,102	18,633	16,814

Tabel 9. Matriks Perbandingan Faktor Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Faktor	F1	F2
F1	1,00	4,471
F2	0,224	1,00
TOTAL	1,224	5,471

Tabel 10. Matriks Perbandingan Faktor Kualitas Udara dan Kenyamanan

Faktor	F3	F4	F5
F3	1,00	5,303	6,892
F4	0,189	1,00	2,436
F5	0,145	0,411	1,00
TOTAL	1,334	6,714	10,328

Tabel 11. Matriks Perbandingan Faktor Manajemen Lingkungan Bangunan

Faktor	F6	F7	F8	F9
F6	1,00	5,826	6,076	4,714
F7	0,172	1,00	1,937	1,370
F8	0,165	0,516	1,00	2,051
F9	0,212	0,730	0,488	1,00
TOTAL	1,548	8,072	9,501	9,135

Tabel 12. Matriks Perbandingan Faktor Sumber Daya dan Siklus Material

Faktor	F10	F11
F10	1,00	4,599
F11	0,217	1,00
TOTAL	1,217	5,599

Tabel 13. Matriks Perbandingan Faktor Tepat Guna Lahan

Faktor	F12	F13	F14
F12	1,00	4,468	4,651
F13	0,224	1,00	3,846
F14	0,215	0,260	1,00
TOTAL	1,439	5,728	9,497

Tabel 14. Matriks Perbandingan Faktor Konservasi Air dan Energi

Faktor	F15	F16
F15	1,00	2,721
F16	0,368	1,00
TOTAL	1,368	3,721

c. Normalisasi Matriks Antar Faktor

Setelah menentukan nilai dalam perbandingan berpasangan antar aspek dan faktor adalah menormalisasi dari perbandingan tersebut. Hasil normalisasi ini digunakan untuk menghasilkan nilai bobot prioritas tiap aspek dan faktornya. Berikut merupakan hasil

normalisasi matriks antar aspek dan faktor yang disajikan dalam tabel-tabel berikut:

Tabel 15. Normalisasi Matriks Antar Aspek

Aspek	Normalisasi						Prioritas
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	
A1	0,35	0,74	0,20	0,28	0,35	0,10	0,34
A2	0,07	0,13	0,53	0,39	0,19	0,29	0,26
A3	0,18	0,02	0,10	0,15	0,17	0,10	0,12
A4	0,14	0,04	0,08	0,11	0,23	0,13	0,12
A5	0,05	0,03	0,03	0,02	0,05	0,32	0,08
A6	0,21	0,03	0,06	0,05	0,01	0,06	0,07
Total	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabel 16. Normalisasi Antar Faktor Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Faktor	Normalisasi			Prioritas
	F1	F2		
F1	0,817	0,817		0,817
F2	0,183	0,183		0,183
TOTAL	1,00	1,00		1,00

Tabel 17. Normalisasi Antar Faktor Kualitas Udara dan Kenyamanan

Faktor	Normalisasi			Prioritas
	F3	F4	F5	
F3	0,750	0,790	0,667	0,736
F4	0,141	0,149	0,236	0,175
F5	0,109	0,061	0,097	0,089
TOTAL	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabel 18. Normalisasi Antar Faktor Manajemen Lingkungan Bangunan

Faktor	Normalisasi				Prioritas
	F6	F7	F8	F9	
F6	0,646	0,722	0,640	0,516	0,631
F7	0,111	0,124	0,204	0,150	0,147
F8	0,106	0,064	0,105	0,225	0,125
F9	0,137	0,090	0,051	0,109	0,097
TOTAL	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabel 19. Normalisasi Antar Faktor Sumber Daya dan Siklus Material

Faktor	Normalisasi			Prioritas
	F10	F11		
F10	0,821	0,821		0,821
F11	0,179	0,179		0,179
TOTAL	1,00	1,00		1,00

Tabel 20. Normalisasi Antar Faktor Tepat Guna Lahan

Faktor	Normalisasi			Prioritas
	F12	F13	F14	
F12	0,695	0,780	0,490	0,655
F13	0,156	0,175	0,405	0,245
F14	0,149	0,045	0,105	0,100
TOTAL	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabel 21. Normalisasi Antar Faktor Konservasi Air dan Energi

Faktor	Normalisasi		Prioritas
	F15	F16	
F15	0,731	0,731	0,731
F16	0,269	0,269	0,269
TOTAL	1,00	1,00	1,00

d. Perhitungan *Eigen Vector*

Eigen Vector memiliki tujuan untuk menentukan bobot relatif dari kriteria atau alternatif yang digunakan dalam proses pengambilan keputusan. Perhitungan *Eigen Vector* dengan cara menjumlah setiap kolom dan dibagi jumlah total prioritas. Hasil perhitungan *Eigen Vector* yang disajikan dalam tabel-tabel berikut:

Tabel 22. Perhitungan *Eigen Vector* Aspek

Aspek	A1	A2	A3	A4	A5	A6	<i>Eigen Vector</i>
A1	0,118	0,198	0,024	0,033	0,030	0,007	0,410
A2	0,021	0,035	0,064	0,047	0,017	0,020	0,203
A3	0,061	0,007	0,013	0,018	0,014	0,007	0,120
A4	0,047	0,010	0,009	0,013	0,020	0,009	0,108
A5	0,018	0,010	0,004	0,003	0,005	0,022	0,062
A6	0,071	0,007	0,007	0,006	0,001	0,004	0,096
Total							1,00

Tabel 23. Perhitungan *Eigen Vector* Faktor Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Faktor	F1	F2	<i>Eigen Vector</i>
F1	0,668	0,149	0,817
F2	0,149	0,033	0,183
Total			1,00

Tabel 24. Perhitungan *Eigen Vector* Faktor Kualitas Udara dan Kenyamanan

Faktor	F3	F4	F5	<i>Eigen Vector</i>
F3	0,552	0,139	0,059	0,750
F4	0,104	0,026	0,021	0,151
F5	0,080	0,011	0,009	0,099
Total				1,00

Tabel 25. Perhitungan *Eigen Vector* Faktor Kualitas Udara dan Kenyamanan

Faktor	F6	F7	F8	F9	<i>Eigen Vector</i>
F6	0,407	0,106	0,080	0,050	0,644
F7	0,070	0,018	0,025	0,015	0,128
F8	0,067	0,009	0,013	0,022	0,111
F9	0,086	0,013	0,006	0,011	0,117
Total					1,00

Tabel 26. Perhitungan *Eigen Vector* Faktor Kualitas Udara dan Kenyamanan

Faktor	F10	F11	<i>Eigen Vector</i>
F10	0,675	0,147	0,821
F11	0,147	0,032	0,179
Total			1,00

Tabel 27. Perhitungan *Eigen Vector* Faktor Kualitas Udara dan Kenyamanan

Faktor	F12	F13	F14	<i>Eigen Vector</i>
F12	0,455	0,191	0,049	0,695
F13	0,102	0,043	0,041	0,185
F14	0,098	0,011	0,011	0,120
Total				1,00

Tabel 28. Perhitungan *Eigen Vector* Faktor Kualitas Udara dan Kenyamanan

Faktor	F15	F16	<i>Eigen Vector</i>
F15	0,535	0,197	0,731
F16	0,197	0,072	0,269
Total			1,00

e. Perhitungan *Eigen Value* (λ maks.)

Menentukan λ maks yakni dengan cara menjumlahkan hasil pembagian jumlah *Eigen Vector* per baris dengan nilai prioritas per barisnya kemudian dibagi dengan jumlah elemennya (n). *Eigen value* untuk membatasi apakah suatu keputusan yang telah diambil dengan AHP sudah valid atau belum. Berikut merupakan perhitungan λ maks. untuk aspek sedangkan untuk *eigen value* pada faktor tersaji dalam Tabel 29:

$$\lambda \text{ maks} = \frac{\sum \frac{\text{Eigen Vector}}{\text{Prioritas}} \text{ setiap baris}}{n}$$

$$\lambda \text{ maks} = \frac{\left(\frac{0,410}{0,336}\right) + \left(\frac{0,203}{0,265}\right) + \left(\frac{0,120}{0,121}\right) + \left(\frac{0,108}{0,121}\right) + \left(\frac{0,062}{0,087}\right) + \left(\frac{0,096}{0,069}\right)}{6}$$

$$\lambda \text{ maks} = 0,995$$

Tabel 29. *Eigen Value* Faktor *Green Construction*

Faktor dari Aspek	λ maks
Keselamatan dan Kesehatan Kerja	1,500
Kualitas Udara dan Kenyamanan	2,253
Manajemen Lingkungan Bangunan	3,084
Sumber Daya dan Siklus Material	1,500
Tepat Guna Lahan	2,216
Konservasi Air dan Energi	1,500

f. Perhitungan *Consistency Index* (CI)

Tujuan perhitungan *Consistency Index* (CI) dalam metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) adalah untuk mengukur konsistensi matriks perbandingan yang digunakan dalam proses pengambilan keputusan. Berikut merupakan perhitungan CI untuk aspek dan untuk perhitungan CI pada faktor *green* tersaji pada Tabel 30:

$$CI = \frac{\lambda \text{ maks} - n}{n - 1}$$

$$= \frac{0,995 - 6}{6 - 1}$$

$$= -1,001$$

Didapatkan nilai CI aspek sebesar -1,001.

Tabel 30. *Consistency Index* Faktor *Green Construction*

Faktor dari Aspek	n	CI
Keselamatan dan Kesehatan Kerja	2	-0,500
Kualitas Udara dan Kenyamanan	3	-0,374
Manajemen Lingkungan Bangunan	4	-0,305
Sumber Daya dan Siklus Material	2	-0,500
Tepat Guna Lahan	3	-0,392
Konservasi Air dan Energi	2	-0,500

g. Perhitungan *Consistency Ratio* (CR)

Tujuan perhitungan *Consistency Ratio* (CR) dalam metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) adalah untuk mengevaluasi dan memastikan tingkat konsistensi dari matriks perbandingan yang digunakan dalam proses pengambilan keputusan. Berikut merupakan perhitungan CR untuk aspek dan hasil perhitungan CR faktor tersaji pada Tabel 31:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

$$= \frac{-1,001}{1,24}$$

$$= -0,80726 \leq 0,1$$

$$= -81\% \leq 10\%$$

Periksa konsistensi, dari perhitungan CR didapatkan hasil $-0,80726 \leq 0,1$ yang artinya hasil tersebut telah konsisten.

Tabel 31. Hasil Perhitungan CR Faktor *Green Construction*

Faktor dari Aspek	n	RI	CR $\leq 0,10$
Keselamatan dan Kesehatan Kerja	2	0,00	0
Kualitas Udara dan Kenyamanan	3	0,58	-0,644
Manajemen Lingkungan Bangunan	4	0,90	-0,399
Sumber Daya dan Siklus Material	2	0,00	0
Tepat Guna Lahan	3	0,58	-0,676
Konservasi Air dan Energi	2	0,00	0

Bobot aspek *green construction* (BAGC) sebesar 0,336 yaitu pada aspek A1 (Kesehatan dan keselamatan kerja). Kemudian untuk bobot faktor *green construction* (BFGC) didapatkan nilai sebesar 0,821 tepatnya pada faktor F10 (Sumber dan siklus material).

B. Perhitungan *Assessment Green Construction*

Dari data hasil kuesioner penerapan *green construction* dengan total 15 responden pada 11 proyek konstruksi gedung fasilitas pendidikan di Jawa Timur, didapatkan hasil penerapan indikator, faktor, aspek konstruksi hijau yang ditampilkan dalam Tabel 33. Berikut merupakan contoh perhitungan MAGC pada Tabel 32:

Tabel 32. Contoh Perhitungan MAGC

Indikator	NIGC	Tot. NIGC tiap faktor	NFGC (Tot. NIGC×BF GC)	Total NFGC tiap ASPEK	NAGC (Tot. NFGC×BAGC)	NGC
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
A1				8,60	2,89	18,63
F1			1,28			
1	0,56	1,56				
2	0,56					
3	0,44					
F2			7,32			
1	0,56	8,92				
.....						
A2				5,12	1,72	
F3			2			
1	0,56	1,88				
.....						
F4			1,28			
1	0,56					
.....						
F5			2,30			
1	0,56	2,8				
.....						
A3				15,07	5,06	
F6			2,92			
1	0,56	3,56				
.....						
F7			5,58			
1	0,56	6,8				
.....						
F8			2			
1	0,56	1,88				
.....						
F9			5,02			
1	0,56	6,12				
.....						
A4				6,21	2,09	
F10			4,20			
1	0,44	5,12				
.....						
F11			2			
1	0,56	2,44				
.....						
A5				8,67	2,91	
F12			1,64			
1	0,56	2				
.....						
F13			2			
1	0,44	2,76				
.....						
F14			4,76			
1	0,44	5,8				
.....						
A6				11,76	3,95	
F15			3,55			
1	0,44	4,32				
.....						
F16			8,21			
1	0,44	10				
.....						

Dengan:

- Jawaban Tidak : 0
 Jawaban Iya : 1
 k Prioritas I : 0,56
 k Prioritas II : 0,44

Berikut merupakan contoh perhitungan untuk *model assessment green construction* (MAGC) pada Tabel 32:

Perhitungan pada kolom (2) dan diambil contoh perhitungan untuk indikator 1 pada F1:

$$(2) \quad NIGC = I_{ij=0} \text{ atau } 1 \times BPK_{k=0,44} \text{ atau } 0,56 \\ = 1 \times 0,56$$

Perhitungan pada kolom (3) dan berikut contoh total NIGC F1:

$$(3) \quad \text{Total NIGC} = \sum NIGC \\ = 0,56 + 0,56 + 0,56 \\ = 1,56$$

Perhitungan pada kolom (4) menggunakan persamaan 2.6, dan berikut contoh NFGC pada F1:

$$(4) \quad NFGC = \sum NIGC \times BFGC \\ = 1,56 \times 0,821 \\ = 1,28$$

Perhitungan pada kolom (5) menggunakan persamaan 2.7, dan berikut contoh Total NFGC pada A1:

$$(5) \quad \text{Total NFGC} = \sum NFGC A1 \\ = 1,28 + 7,32 \\ = 8,60$$

Perhitungan pada kolom (6) menggunakan persamaan 2.8, dan berikut contoh Total NAGC pada A1:

$$(6) \quad NAGC = \sum NFGC \times BAGC \\ = 8,60 \times 0,336 \\ = 2,89$$

Perhitungan pada kolom (7) menggunakan persamaan 2.10, dan berikut contoh Total NGC pada Proyek Gedung *Research Center UPN Veteran Jawa Timur*:

$$(7) \quad NGC = \sum NAGC \\ = 2,89 + 1,72 + 5,06 + 2,09 + 2,91 + \\ 3,95 \\ = 18,63$$

Seluruh prioritas indikator mengacu pada penelitian Tresnawati (2018). Hasil NGC didapat dari seluruh total NAGC setiap aspeknya dan untuk rekapitulasi nilai NGC setiap proyek dapat dilihat dalam Tabel 33.

Tabel 33. Hasil Perhitungan MAGC

No.	Nama Proyek	NGC _{Ideal}	Keterangan
1.	Proyek A	11,51	Tidak memenuhi <i>baseline</i>
2.	Proyek B	18,63	Memenuhi <i>baseline</i>
3.	Proyek C	15,51	Memenuhi <i>baseline</i>
4.	Proyek D	5,54	Tidak memenuhi <i>baseline</i>
5.	Proyek E	8,77	Tidak memenuhi <i>baseline</i>
6.	Proyek F	19,85	Memenuhi <i>baseline</i>
7.	Proyek G	7,62	Tidak memenuhi <i>baseline</i>
8.	Proyek H	11,38	Tidak memenuhi <i>baseline</i>
9.	Proyek I	13,21	Tidak memenuhi <i>baseline</i>
10.	Proyek J	15,12	Tidak memenuhi <i>baseline</i>
11.	Proyek K	17,18	Memenuhi <i>baseline</i>

Dari hasil perhitungan *assessment green construction* di Tabel 33 didapatkan 4 dari 11 proyek yang memenuhi *baseline* NGC_{Ideal} menurut Ervianto (2015) yakni 15,47 s/d 21,92 selanjutnya disebut dengan Nilai *Green Construction* Ideal (NGC_{Ideal}) di Indonesia. Proyek-proyek pembangunan gedung fasilitas pendidikan di Jawa Timur yang memenuhi tersaji pada Tabel 34.

Tabel 34. Proyek yang memenuhi *baseline*

No.	Kode Proyek	Keterangan
1.	Proyek B	Pembangunan Gedung <i>Research Center</i> UPN Veteran Jawa Timur
2.	Proyek C	Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Kampus II IAIN Ponorogo
3.	Proyek F	Pembangunan Gedung Soetandyo Wignjosoebroto FISIP Universitas Airlangga
4.	Proyek K	Pembangunan Gedung Pelayanan Administrasi Akademik Akademi Penerbang Indonesia Banyuwangi

Keempat proyek pada Tabel 34 tersebut telah menerapkan beberapa indikator *green construction*, sedangkan untuk 7 proyek lainnya nilai NGC_{Ideal} masih belum memenuhi *baseline*. Berdasarkan jawaban responden dari 7 proyek tersebut, masih banyak indikator *green construction* yang tidak diterapkan dalam proyek. Berikut merupakan persentase penerapan *green construction* di Jawa Timur dari 11 proyek yang telah ditinjau melalui kuesioner: Persentase yang memenuhi *baseline*:

$$= \frac{f}{n} \times 100\%$$

$$= \frac{4}{11} \times 100\%$$

$$= 36\%$$

Persentase yang tidak memenuhi *baseline*:

$$= \frac{f}{n} \times 100\%$$

$$= \frac{7}{11} \times 100\%$$

$$= 64\%$$

Berdasarkan hasil persentase jawaban di atas, menurut kriteria hasil interpretasi skor bahwa untuk proyek yang memenuhi *baseline* NGC_{Ideal} dengan hasil 36% termasuk ke dalam rentang 26%-49% dikategorikan Kurang dari setengahnya, kategori tersebut berdasarkan penelitian dari Munggaran (2012). Sehingga dapat disimpulkan bahwa penerapan *green construction* di Jawa Timur masih rendah.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian penerapan *green construction* pada 11 proyek konstruksi gedung fasilitas pendidikan di Jawa Timur di tahun 2022-

2023 melalui kuesioner yang dianalisa menggunakan *model assessment green construction* (MAGC) tingkat penerapan *green construction* pada 11 proyek tersebut memiliki persentase sebesar 36% (kurang dari setengahnya) yang memenuhi *baseline* 15,47 s/d 21,92, serta 64% yang belum memenuhi *baseline*. Persentase tersebut tergolong rendah dalam penerapan *green construction*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada para responden yang bersedia berpartisipasi pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [GBCI] *Green Building Council Indonesia*. (2014). “*GreenShip* untuk Bangunan Baru Versi 1.2”. Jakarta, GBCI
- Ervianto, W. I., Soemardi, B., Abduh, M., dan Suryamanto. (2011). “Pengembangan Model *Assessment Green Construction* Pada Proses Konstruksi Untuk Proyek Konstruksi di Indonesia”. *Konferensi Nasional Pascasarjana Teknik Sipil*; 2021 Desember 20; Bandung.
- Ervianto, W. I. (2013). “Identifikasi Indikator *Green Construction* Pada Proyek Konstruksi Bangunan Gedung di Indonesia”. *Seminar Nasional Teknik Sipil IX*; 2013 Februari 6; Surabaya.
- Ervianto, W. I. (2015). “Capaian *Green Construction* Dalam Proyek Bangunan Gedung Menggunakan *Model Assessment Green Construction*”. *Konferensi Nasional Teknik Sipil ke-9*; 2015 Oktober 7-8; Makassar.
- Glavinich, T. E. (2008). “*The AGC Contractor's Guide to Green Building Construction: Management, Project Delivery, Documentation, and Risk Reduction*”. New Jersey: JohnWiley & Sons.
- Kusrini. (2007). “*Konsep dan Aplikasi Sistem Pendukung Keputusan*”. Yogyakarta: Andi Offset
- Munggaran, D. R. (2012). “*Pemanfaatan Open Source Software Pendidikan Oleh Mahasiswa Dalam Rangka Implementasi*

*Undang – Undang No.19 Tahun 2012
Tentang Hak Cipta” [Skripsi]. Cirebon:
Universitas Swadaya Gunung Jati*

Sari, D. N. N. (2020). “*Assessment Green
Construction Menggunakan Model
Assessment Green Construction (MAGC)
pada Proyek IsBD Universitas Jember
(Studi Kasus : Proyek Gedung Integrated
Plant and Natural Medicine” [Skripsi].
Jember: Universitas Jember.*

Suripto, Abdi, M. H., Manurung, E.H. (2022).
“*Evaluasi Penerapan Green Construction
Proyek Pembangunan Gedung Rektorat
Kampus UIII” Jurnal Talenta Sipil. 5(1):
134-143.*

Tresnawati, F.U. (2018). “*Implementasi
Konstruksi Hijau dalam Proyek Bangunan
Gedung Menggunakan Model Assessment
Green Construction (Studi Kasus: Proyek
Apartemen Grand Sungkono Lagoon Tower
Caspian Surabaya” [Skripsi]. Jember:
Universitas Jember.*