

KORELASI PEMAHAMAN GREEN BUILDING (BANGUNAN GEDUNG HIJAU/ARSITEKTUR HIJAU) TERHADAP PENERAPAN DESAIN ARSITEKTUR DI ERA DIGITAL

Budijanto Chandra^{1,2*}, L.M.F Purwanto¹

1. Program Studi Doktor Arsitektur Konsentrasi Arsitektur Digital, Universitas Katolik Soegijapranata, Semarang
2. Program Studi Magister Arsitektur, Universitas Tarumanagara, Jakarta

*Correspondent Author: budijantochandra@gmail.com

Tgl masuk naskah: 09-12-2021 • Tgl review I: 20-01-2022 • Tgl revisi: 15-02-2022 • Tgl review II: 20-02-2022
Tgl siap terbit 15-03-2022

DOI: 10.24167/joda.v1i2.4186



Abstrak: Masalah lingkungan terbesar abad ini adalah perubahan iklim (*climate change*) dengan fenomena pemanasan global, yang menyebabkan bencana dan kerusakan lingkungan. Penyebabnya yaitu Emisi CO₂ yang disebabkan oleh pembakaran bahan bakar dari fosil. Bangunan dan industri konstruksi adalah penyebab utama dan mempunyai andil paling besar secara global dari peningkatan emisi CO₂, oleh karena itu dengan *green building* dan energi terbarukan dapat mengurangi dampak perubahan iklim secara signifikan. Di sisi lain, masih rendahnya kesadaran mahasiswa arsitektur tentang pentingnya *green building* dan kurangnya penerapan serta perhatian pada desainnya. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis korelasi pemahaman *green building* dengan penerapannya pada desain arsitektur mahasiswa jurusan arsitektur Universitas Katolik Soegijapranata. Metode penelitian menggunakan metode kuantitatif yang berdasarkan data hasil survei yang disebarakan lewat media *online*. Hasil dari penelitian ini didapatkan korelasi antara pemahaman dan penerapan *green building* pada desain arsitektur.

Kata Kunci: *green building*, perubahan iklim, pemanasan global, desain arsitektur

Abstract: *The greatest ecological issue of the century is environmental change with the peculiarity of a worldwide temperature alteration, which causes fiasco and natural harm. The reason is CO₂ outflows brought about by consuming non-renewable energy sources. Building and development businesses are the primary guilty parties and have the most offer internationally from expanded CO₂ outflows, in this way with green structure and environmentally friendly power can lessen the effect of environmental change altogether. Then again, there is still low familiarity with engineering understudies about the significance of green building and the absence of utilization and consideration regarding its plan. The motivation behind this review was to examine the connection between understanding green building and its application to architectural design from students majoring in architecture at Soegijapranata Catholic University. The research method uses quantitative methods based on survey data distributed through online media. Understanding and application of green building aspects in architectural design is the purpose of this study.*

Keywords: *green building, climate change, global warming, design architecture*



1. Pendahuluan

Perubahan iklim yang berlangsung saat ini dengan fenomena pemanasan global sudah dalam posisi yang mengkhawatirkan dan mengancam kehidupan manusia. Pemanasan global yang dikarenakan emisi CO₂ di lapisan atmosfer menyebabkan efek rumah kaca yang menyebabkan suhu permukaan bumi naik dan menyebabkan bencana dan kerusakan lingkungan. Bangunan dan industri konstruksi mempunyai andil yang sangat besar pada emisi CO₂ secara global, sehingga pengurangan emisi CO₂ dari sektor bangunan akan memberikan dampak yang besar target penanggulangan perubahan iklim.

Pada iklim tropis seperti di Indonesia, perancangan bangunan yang sesuai dengan iklim setempat sangat penting untuk mengurangi pemakaian energi terutama dari beban pendinginan ruangan. Desain pasif bangunan adalah cara perancangan dengan meminimalkan beban pendinginan dengan mengurangi panas sinar matahari yang masuk sehingga beban pendinginan ruangan berkurang yang pada akhirnya pemakaian listrik juga berkurang.

Di sisi lain, *trend* terkini adalah bangunan tinggi di perkotaan condong memakai konstruksi fasad bangunan yang terdiri dari *curtain wall glass*, yaitu dinding rangka aluminium dengan panel kaca yang kadang dipakai penuh seluas bidang fasad dan meliputi seluruh orientasi bangunan. Konstruksi fasad bangunan seperti ini tidak cocok untuk iklim tropis dan sangat membebani pemakaian listrik gedung yang akhirnya meningkatkan emisi CO₂ karena listrik yang biasa digunakan berasal dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap yang memakai energi dari fosil yaitu batu bara.

Fenomena bangunan gedung di Indonesia berkembang mengikuti dengan negara lain dalam hal kesamaan estetika dan arsitektural yang perlu ditelaah tingkat kehijauannya, mengikuti aspek-aspek *green building* [1].

Bangunan di Indonesia khususnya gedung tinggi cenderung memakai elemen fasad curtain wall dan sangat sedikit yang menggunakan elemen peneduh secara optimal, sehingga tidak sesuai dengan konteks iklim tropis [2].

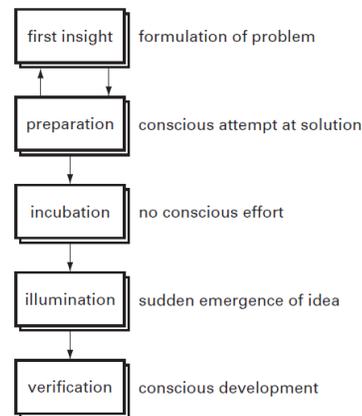
Peranan arsitek dalam merancang bangunan yang hemat energi dan sesuai dengan konteks iklim di Indonesia adalah sangat krusial untuk menanggulangi perubahan iklim. Akan tetapi dari hipotesa awal, pemahaman *green building* dan latar belakangnya masih kurang sehingga kurangnya penerapan pada desain arsitektur. Penelitian ini mempunyai tujuan untuk mengetahui korelasi pemahaman *green building* dengan penerapannya pada desain arsitektur

mahasiswa jurusan arsitektur Unika Soegijapranata. Dari hasil penelitian diharapkan dapat memberikan pengetahuan khususnya dalam kaitan desain *green building* dan untuk memberikan masukan untuk Pendidikan di jurusan arsitektur. Lingkup penelitian dibatasi dengan mahasiswa jurusan arsitektur Unika Soegijapranata.

2. Tinjauan Pustaka

Ontologi dari arsitektur adalah entitas desain yang mempunyai produk akhir arsitektural yang berupa artefak sehingga kita perlu memahami proses desain (*design thinking*).

Proses desain sebagai proses kreatif yang terdiri dari lima tahap [3], sesuai gambar 1.



Gambar 1. Lima tahap dari proses kreatif [3].

Pendidikan arsitektur tidak terbatas pada desain fisik suatu bangunan tapi juga mencakup sistem nilai, filosofi, *sustainability*, teknologi dan bidang-bidang lain yang terkait [4].

Perumusan *first insight* atau problem desain adalah faktor yang sangat penting untuk menstimulasi pemikiran kreatif dan problem desain seharusnya berhubungan dengan situasi terkini dan menjawab isu yang unik [5].

Tahap *first insight* yang berkaitan dengan masalah perubahan iklim antara lain: memahami *green architecture*, pemakaian sumber daya alam dan energi secara minimum dan pemahaman mengenai ekosistem [6].

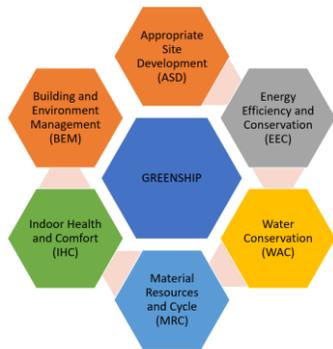
Green building (arsitektur hijau/ bangunan gedung hijau) menurut *definisi World Green Building Council* (WGBC), suatu bangunan yang direncanakan, dibangun atau dioperasikan, untuk menurunkan atau eliminasi dampak negatif dan menciptakan dampak positif atas iklim serta lingkungan alam. Selain itu

menjaga sumber daya alam yang berharga dan memperbaiki kualitas hidup kita [7].

Secara garis besar, *green building* memberikan manfaat yaitu lingkungan, ekonomi dan Kesehatan [8].

Peduli dengan konservasi lingkungan alam global yang menekankan efisiensi energi, pendekatan berkelanjutan dan pendekatan holistik [9].

Sertifikasi greenship di Indonesia yang menerapkan ide bangunan ramah lingkungan atau bangunan hijau mulai fase perencanaan, pelaksanaan, pengoperasian serta pemeliharaan. Sistem penilaian terdiri dari enam kelompok adalah: ASD, EED, WAC, MRC, IHC DAN BEM [10].



Gambar 2. Rating tools Greenship

Untuk iklim tropis dan lembab seperti di Indonesia, penghematan energi dapat memakai energi terbarukan yang cocok dengan iklim setempat [11].

Pemakaian energi terbarukan seperti solar panel harus diikuti juga dengan perancangan desain pasif yang baik, supaya secara efektif dapat menurunkan kebutuhan energi untuk memenuhi kenyamanan termal dan visual [12].

Desain (rancangan) arsitektur adalah rekayasa sadar dari manusia mengenai ruang dan pelingkup fisiknya yang dikomposisikan secara teratur, mengakomodasikan fungsi tertentu dan sekaligus mengekspresikan makna tertentu [13].

Desain pasif dapat dilakukan antara lain dengan orientasi bangunan yang menghindari arah barat, penggunaan ventilasi silang, hindari pemilihan material yang memberikan efek panas pada bangunan dan mengurangi pemakaian lampu pada siang hari dengan memakai pencahayaan alami [14].

Khusus untuk negara tropis, ada dua hal yang diperlukan dalam perancangan bangunan yaitu *heat avoidance* dan *heat rejection* yang keduanya dinamakan *solar responsive design* [15].

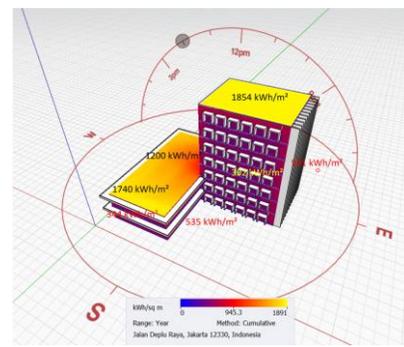
Perlu diperhatikan untuk membatasi sinar matahari yang masuk de dalam bangunan dengan memakai

elemen peneduh supaya mampu menurunkan panas yang menembus ke dalam bangunan [16].

Menurut penelitian Poedjowibowo, D et al., pemahaman mahasiswa arsitektur terhadap arsitektur hijau sudah baik tapi penerapan pada desain arsitektur masih kurang [17].

Adi, A et al. meneliti pengajaran arsitektur hijau dengan memakai *rating tools* Greenship, menyarankan perlu pengkajian *modeling* dan simulasi kuantitatif dan menyertakan mahasiswa [18].

Pada masa digital ini, komputer mempunyai fungsi bukan hanya sebagai perangkat bantu dalam menggambar, tetapi sudah merupakan perangkat bantu untuk berpikir untuk menyelesaikan persoalan dalam proses perancangan arsitektur. Simulasi komputer untuk analisis dampak lingkungan pada bangunan atau sebaliknya, bisa menjadi alat guna melaksanakan pengkajian serta terobosan terhadap desain arsitektur [19].



Gambar 3. Modeling dan simulasi radiasi panas matahari dengan Formit

3. Metode Penelitian

Metode penelitian kuantitatif dengan pengumpulan data melalui survei melalui google form berupa pertanyaan tertutup dan memakai skala likert. Responden terdiri dari lima puluh dua mahasiswa jurusan arsitektur Universitas Katolik Soegijapranata dengan perincian 56% laki-laki dan 44% perempuan. Penelitian menggunakan variabel bebas berupa pemahaman mahasiswa terhadap *green building* dan latar belakangnya dan variabel terikat berupa penerapan dalam desain arsitektur. Analisis data menggunakan program SPSS versi 2.1. Pertanyaan kuisioner terdiri dari 24 pertanyaan yang terdiri dari 3 sesi yaitu: pertanyaan mengenai pemahaman mengenai perubahan iklim dan dampaknya, pertanyaan tentang pemahaman *green building* dan pengalaman menerapkan aspek *green building* dalam desain arsitektur.

Tabel 1: Pilihan jawaban tertutup skala likert

No.	Pilihan jawaban	Kode	Skor
X1 - X5	Sangat Tidak Setuju	STS	1
	Tidak Setuju	TS	2
	Netral	N	3
	Setuju	S	4
	Sangat Setuju	SS	5
X6 - X11	Sangat Tidak Paham	STP	1
	Tidak Paham	TP	2
	Netral	N	3
	Paham	P	4
	Sangat Paham	SP	5
Y1 - Y13	Sangat Jarang	SJ	1
	Jarang	J	2
	Netral	N	3
	Sering	S	4
	Sangat Sering	SS	5

Analisis menggabungkan jawaban pada sesi 1 (X1 – X5) dan sesi 2 (X6 – X11) sebagai variabel pemahaman green building dan sesi 3 (Y1 – Y13) sebagai variabel penerapan (pengalaman) pada desain arsitektur. Selanjutnya akan dianalisis korelasi antara variabel pemahaman green building (variabel bebas) dan variabel penerapan pada desain arsitektur (variabel terikat).

Tabel 2: Daftar pertanyaan kuisioner bagian 1

No	Pertanyaan
	Apakah dampak perubahan iklim (climate change) berpengaruh besar terhadap kehidupan dan lingkungan kita?
X1	Perubahan iklim dengan fenomena pemanasan global menyebabkan bencana dan kerusakan lingkungan
X2	Emisi CO ₂ merupakan penyebab utama dari pemanasan global
X3	Bangunan dan industri konstruksi mempunyai andil yang paling besar terhadap emisi CO ₂ karena pemakaian bahan bakar fosil baik secara langsung maupun tidak langsung
X4	Perubahan iklim pada keadaan yang memprihatinkan dan perlu pengurangan signifikan emisi CO ₂ secara global
X5	Pengurangan emisi CO ₂ pada bangunan dapat dilakukan dengan penghematan energi dan memakai energi terbarukan
	Apa pemahaman saudara terhadap green building?
X6	Efisiensi energi, air dan pemakaian material ramah lingkungan merupakan aspek green building
X7	Pengelolaan limbah operasional gedung dan limbah konstruksi merupakan salah satu aspek green building
X8	Penghijauan, penanggulangan limpasan air hujan dan resapan air merupakan aspek green building pada tapak
X9	Kesehatan dalam ruangan merupakan salah satu aspek green building
X10	Bangunan yang disertifikasi green building harus memenuhi standar kelayakan (eligibility)
X11	Sertifikasi green building sudah ada di Indonesia dan beberapa peraturan daerah mengenai green building sudah ada

Tabel 3: Daftar pertanyaan kuisioner bagian 2

	Apa saja pengalaman anda dalam perancangan arsitektur?
Y1	Bukaan jendela yang lebar di orientasi selatan atau utara Arah panjang bangunan dan orientasi utama menghindari arah Barat atau Timur
Y3	Penyediaan area dan solar panel di atap
Y4	Desain penampungan air hujan
Y5	Jendela bisa dibuka dan memastikan ada cross ventilation
Y6	Setiap jendela ada elemen peneduhnya
Y7	Ada tempat pemilahan dan pengumpulan sampah Menyediakan tempat merokok di area terbuka, yang jauh dari pintu masuk dan bukaan jendela
Y9	Memanfaatkan pencahayaan alami
Y10	Area untuk landscape 30% dari luas tapak bangunan
Y11	Menyediakan area resapan air pada tapak bangunan
Y12	Pemilihan material lokal dan energi terkandung rendah Memakai lebih banyak elemen precast dari pada elemen bangunan yang dikerjakan di site

Tabel 4: Skor jawaban kuisioner

No	STS	TS	N	S	SS	TOTAL
	1	2	3	4	5	
X1		1	5	24	22	52
X2		4	7	26	15	52
X3		3	13	23	13	52
X4		2	8	25	17	52
X5	1	2	7	20	22	52
	STP	TP	N	P	SP	
	1	2	3	4	5	
X6		2	2	26	22	52
X7		2	4	29	17	52
X8		2	4	27	19	52
X9	1	4	6	24	17	52
X10		1	5	18	28	52
X11	1	4	11	23	13	52
	SJ	J	N	S	SS	
	1	2	3	4	5	
Y1		1	13	27	11	52
Y2		5	11	29	7	52
Y3	1	9	14	21	7	52
Y4	1	3	12	21	15	52
Y5		1	7	22	22	52
Y6		2	8	30	12	52
Y7		4	14	20	14	52
Y8	1	4	12	20	15	52
Y9		3	24	25	52	
Y10		2	8	24	18	52
Y11		2	5	23	22	52
Y12		3	15	24	10	52
Y13	1	2	21	20	8	52

4. Pembahasan Hasil

Dari Analisa dengan program SPSS, didapat rangkuman data mentah seperti tabel 4.

Tabel 5: Rangkuman data mentah

Statistics													TOTALX
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	1.11	
N	Valid	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mean		4.29	4.00	3.88	4.10	4.15	4.31	4.17	4.21	4.00	4.40	3.83	
Median		4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	5.00	4.00	46.00	
Mode		4	4	4	4	5	4	4	4	4	5	4	
Sum		223	208	202	213	216	224	217	219	208	229	199	
		2358											

a. Multiple modes exist. The smallest value is shown

Statistics													TOTALY
	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13
N	Valid	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean		3.92	3.73	3.46	3.88	4.25	4.00	3.85	3.85	4.37	4.12	4.25	3.79
Median		4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	50.00
Mode		4	4	4	4	4 ^a	4	4	4	5	4	4	3
Sum		204	194	180	202	221	208	200	200	227	214	221	197
		188	2656										

a. Multiple modes exist. The smallest value is shown

Selanjutnya data kuosiner diolah dengan program SPSS, yang pertama apakah ada hubungan antara variabel pemahaman *green building* dan latar belakangnya (X) dan penerapan dalam desain arsitektur (Y). One sample Kolmogorov-smirnov menguji normalitas seperti tabel 6.

Tabel 6: Uji normalitas

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		52
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.0000000
	Std. Deviation	4.83626609
	Most Extreme Differences	
	Absolute	.145
	Positive	.080
	Negative	-.145
Kolmogorov-Smirnov Z		1.049
Asymp. Sig. (2-tailed)		.221

a. Test distribution is Normal.
b. Calculated from data.

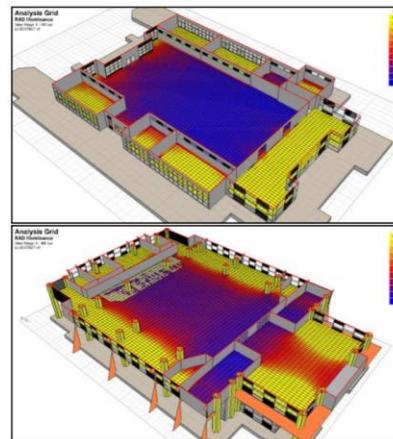
Dari Analisa didapatkan signifikansi 0.221 > 0.05 yang berarti normal dan memakai statistika parametrik [20]. Uji korelasi Pearson sesuai tabel 7.

Tabel 7: Uji korelasi

		Correlations	
		Green building	Penerapan Desain
Green building	Pearson Correlation	1	.627 ^{**}
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	52	52
Penerapan Desain	Pearson Correlation	.627 ^{**}	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	52	52

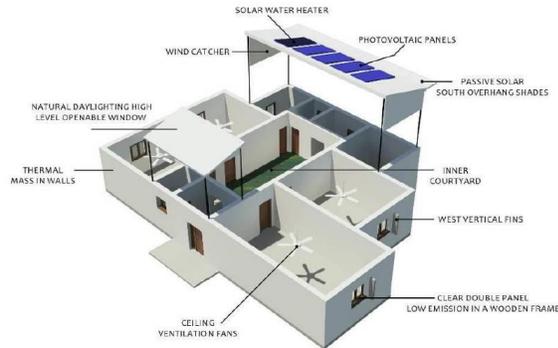
** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Dari uji korelasi didapatkan sig. 0.000<0.05 menyatakan korelasi. Sedangkan angka *pearson correlation* =0.627 yang berada di antara rentang 0.61 sampai dengan 0.80 yang berarti mempunyai korelasi kuat antara pemahaman *green building* dan latar belakangnya dengan penerapan pada desain arsitektur. Kesimpulan hasil dari analisis dengan program SPSS ada korelasi kuat antara pemahaman *green building* dengan latar belakangnya dengan penerapan (pengalaman) desain arsitektur. Proses pemahaman *green building* di dalam proses desain (*design thinking*) berada dalam tahap paling awal (*first insight*), sehingga memegang peranan penting dalam proses produk akhir desain arsitektur. Oleh karena itu pemahaman *green building* dan latar belakangnya sangat penting bagi arsitek yang dimulai pada waktu mengikuti pendidikan di jurusan arsitektur. Desain arsitektur yang memperhatikan aspek *green building* mempunyai pendekatan yang berbeda pada proses perancangannya. Adanya simulasi program komputer untuk menganalisa tapak dan bangunan dari segi iklim sangat diperlukan untuk meminimalkan kebutuhan energi bangunan. Pemakaian program simulasi energi sangat diperlukan dalam perancangan pasif [21].



Gambar 4. Simulasi pencahayaan alami [21]

Green building memberikan faedah lingkungan, sosial dan ekonomi. Dari sisi lingkungan *green building* memangkas polusi, menghemat sumber daya alam serta menghindari kerusakan lingkungan. Secara ekonomi akan memberi manfaat dalam pengurangan biaya utilitas listrik dan air dan menambah produktifitas pengguna gedung. Manfaat sosial adalah diharapkan *green building* juga indah dan sangat sedikit membebani infrastruktur local [22].



Gambar 5. Desain green building [22]

5. Kesimpulan

Perubahan iklim menunjukkan perkembangan yang memburuk akhir akhir ini sehingga perlu inisiatif dan upaya untuk mengurangi emisi CO₂ dengan cara mengurangi pemakaian bahan bakar dari fosil. Bangunan mempunyai peran yang sangat signifikan sehingga peran arsitek dalam mendesain bangunan sangat penting. Dari hasil penelitian, ada hubungan kuat antara pemahaman green building serta latar belakangnya terhadap penerapan dalam desain arsitektur. Hal ini dimulai dari pendidikan di jurusan arsitektur sehingga dapat diterapkan profesi dan pekerjaan setelah lulus dari perguruan tinggi. Pemahaman *green building* berada pada tahap paling awal dari proses desain (*design thinking*) sehingga dengan pemahaman yang baik, maka akan dihasilkan desain arsitektur yang dapat menjawab permasalahan lingkungan yang ada.

Di Indonesia sudah ada dua belas perguruan tinggi negeri maupun swasta yang sudah dan akan menyelenggarakan mata kuliah yang mengajarkan mata kuliah *green building* secara khusus, dan ini dapat menjadi masukan untuk perguruan tinggi yang belum ada mata kuliah *green building* di Indonesia.

Pemakaian simulasi untuk analisis radiasi panas matahari, aliran udara, pencahayaan alami dan lain-lain dapat melengkapi pembelajaran di jurusan arsitektur. Pengenalan mengenai sertifikasi dan peraturan daerah mengenai green building juga diperlukan untuk membekali mahasiswa dalam menempuh pekerjaan sebagai profesi arsitek setelah mereka lulus dari perguruan tinggi.

Pustaka

- [1] A. C. Nugroho, "Sertifikasi Arsitektur/Bangunan Hijau: Menuju Bangunan yang Ramah Lingkungan," *J. Arsit.*, vol. 2, no. 1, pp. 12–22, 2011.
- [2] A. Dananjaya, A. F. Priyatmono, and S. Raidi, "Identifikasi Fasad Arsitektur Tropis Pada

Gedung-Gedung Perkantoran Jakarta (Studi Kasus Pada Koridor Dukuh Atas-Semanggi)," *Sinektika J. Arsit.*, vol. 13, no. 2, pp. 125–135, 2015.

- [3] B. Lawson, *How Designers Think*, Fourth Edi. Oxford: Architectural Press, 2005.
- [4] N. L. N. Ibrahim and N. Utaberta, "Learning in Architecture Design Studio," *Procedia-Social Behav. Sci.*, vol. 60, pp. 30–35, 2012.
- [5] M. Ghoni, "Design Thinking in Architecture Education: Issues, Limitations, and Suggestions," in *International Architectural Design Conference on Design and Nature ARCHDESIGN*, 2016.
- [6] A. Taylor, *Linking Architecture and Education, Sustainable design for Learning Environments*. The University of New Mexico Press, 2009.
- [7] WGB, "What is Green Building." [Online]. Available: <https://www.worldgbc.org/what-green-building>. [Accessed: 27-Nov-2021].
- [8] S. Durgalakshmi and R. Janani, "Energy Efficient / Green Buildings and Their Related Issues – A Literature Review," *J. Archit. Technol.*, vol. 11, no. 2, pp. 13–19, 2019.
- [9] J. Priatman, "Energy-Efficient Architecture' Paradigma Dan Manifestasi Arsitektur Hijau," *Dimens. (Jurnal Tek. Arsitektur)*, vol. 30, no. 2, pp. 167–175, 2002.
- [10] GBCI, *Panduan Teknis Perangkat Penilaian Bangunan Hijau untuk Bangunan Baru versi 1.2*. Jakarta: Green Building Council Indonesia, 2013.
- [11] I. Laloma, R. F. Manganguwi, M. R. N. Pantow, and P. Egam, "Optimalisasi Energi Surya pada Arsitektur di Daerah Tropis Lembab Studi Kasus Bangunan Sekolah Menengah," *Pros. Temu Ilm. IPLBI*, no. 70, pp. 17–22, 2015.
- [12] T. H. Karyono, "Tenaga Surya Dan Arsitektur :," vol. 31, no. 1, 2003.
- [13] P. Salura, *Sebuah Kritik: Arsitektur yang Membodohkan*. Jakarta: Gakushudo Publisher, 2015.
- [14] A. Effendy and M. Silviana, "Kajian Literatur Konsep Green Building pada Bangunan Tropis," *Arsitekno*, vol. 8, no. 1, pp. 11–16, 2021.
- [15] N. Lechner, *HEATING, COOLING, LIGHTING*, 4 th. Hoboken, New Jersey: Wiley, 2015.
- [16] L. M. F. Purwanto and K. Tichelmann, "Solar heat transfer in architectural glass facade in Semarang Indonesia," *A/Z ITU J. Fac. Archit.*, vol. 15, no. 2, pp. 147–152, 2018.

- [17] D. Poedjowibowo and L. Tondobala, "Landasan Pemahaman 'Green Architecture' Untuk Pendidikan Arsitektur," *Media Matrasain*, vol. 8, no. 1, pp. 10–22, 2011.
- [18] A. R. Adi and Ernawati, "Kajian Penilaian Greenship GBCI dalam Menunjang Pembelajaran Arsitektur Hijau," *J. Ilm. Teknol. dan Desain Univ. Pradita*, vol. 2, no. 1, pp. 22–31, 2020.
- [19] R. A. Putra, "Peran Teknologi Digital Dalam Perkembangan Dunia Perancangan Arsitektur," *J. Islam. Sci. Technol.*, vol. 4, no. 1, pp. 67–78, 2018.
- [20] M. Nisfiannoor, *Pendekatan Statistika Modern*. Jakarta: Penerbit Universitas Trisakti, 2013.
- [21] Y. H. Prasetyo, "Kinerja Bangunan Desain Pasif Berdasarkan Simulai ECOTECT dan Pengukuran Lapangan. Studi Kasus: Bangunan Konvensi 'Grha Wiksa Praniti' Bandung," *J. Permukiman.*, vol. 9, no. 1, pp. 41–53, 2014.
- [22] A. Ragheb, H. El-Shimy, and G. Ragheb, "Green Architecture: A Concept of Sustainability," *Procedia-Social Behav. Sci.*, vol. 216, pp. 778–787, 2016.