
HIGH PERFORMANCE ARCHITECTURE SEBAGAI INDIKATOR PROSES PENGUKURAN KERANGKA KONSEPTUAL ARSITEKTUR HIJAU PADA BANGUNAN NON-RESIDENSIAL

Freike Eugene Kawatu
Universitas Negeri Manado
e-mail:
eugenekawatu@unima.ac.id

ABSTRAK

Perancangan bangunan yang hemat energi sekarang ini sudah bukanlah sekedar fitur bangunan saja, melainkan menjadi sebuah sasaran desain untuk mengantisipasi krisis energi yang terjadi di abad ke-21 ini. Desain bangunan *High-performance Architecture* (Arsitektur Performa Tinggi) merupakan alternatif perwujudan bangunan yang hemat energi. Di lain pihak, bangunan yang membutuhkan performa tinggi seperti bangunan non-residensial merupakan jenis bangunan yang berkontribusi tinggi terhadap perusakan dan pencemaran lingkungan. Dunia Arsitektur sendiri telah lama menumbuhkan tren bangunan yang ramah lingkungan melalui konsep Arsitektur Hijau. Sangat menarik untuk mengukur konsep Arsitektur Hijau itu sendiri pada bangunan non-residensial yang menggunakan desain *high-performance architecture* dimana terdapat korelasi antara bangunan yang hemat energi sekaligus ramah lingkungan. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif untuk mengidentifikasi secara statistik korelasi indikator – indikator *high-performance architecture* dengan hasil kinerja bangunan yang berhubungan dengan Arsitektur Hijau, seperti tingkat *green building*, biaya, dan jadwal, pada bangunan – bangunan yang telah memiliki sertifikat *Green*. Hasil dari penelitian ini berkontribusi pada pengetahuan perancangan arsitektur dengan memberikan bukti statistik yang menggaris bawahi pentingnya indikator – indikator *high-performance* pada hasil kinerja bangunan melalui proses implementasi Arsitektur Hijau.

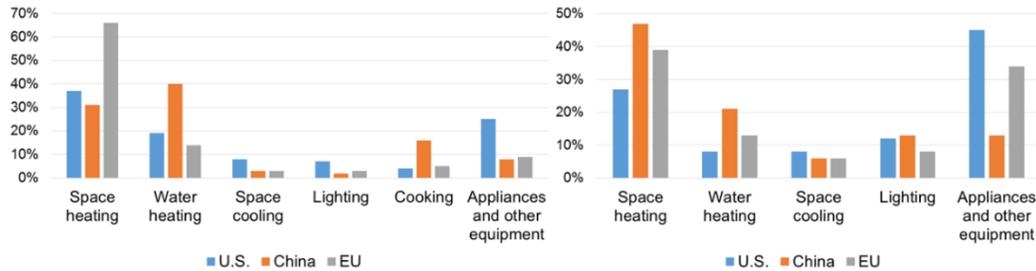
Kata kunci: *High-Performance, Green Architecture, Bangunan Non-Residensial*

PENDAHULUAN

Konsumsi sumber daya yang berlebihan (*overconsumption*) dan pertambahan populasi yang berlebihan (*overpopulation*) mengakibatkan meningkatnya kebutuhan dan konsumsi energi dari tahun ke tahun. Terbatasnya sumber daya alami untuk memenuhi kebutuhan energi tersebut akhirnya menyebabkan terjadinya krisis energi pada abad ke-21. Hal ini tentu juga berdampak terhadap penggunaan energi dari bangunan.

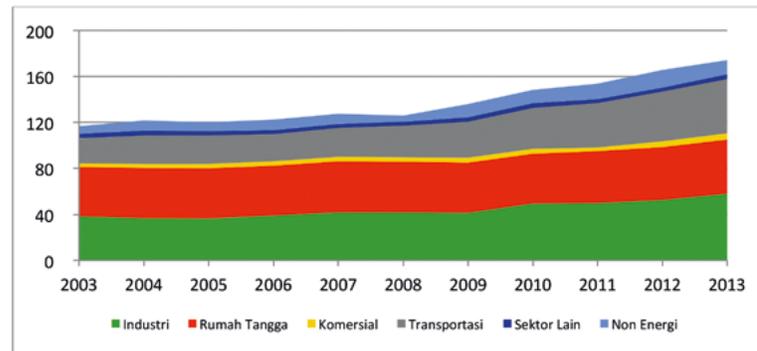
Bangunan non-residensial adalah bangunan yang difungsikan bukan sebagai tempat tinggal, yaitu seperti bangunan industri, bangunan komersil, sekolah, rumah sakit, gudang, dan lain sebagainya. Bangunan non-residensial adalah bangunan yang konsumsi energinya lebih besar daripada bangunan residensial dikarenakan kinerja atau operasional bangunan yang membutuhkan energi yang besar (Gambar 1.1).

(High-Performance Architecture Sebagai Indikator Proses Pengukuran Kerangka Konseptual
Arsitektur Hijau Pada Bangunan Non-Residensial)



Gambar 1.1 Grafik Perbandingan Konsumsi Energi Bangunan Residensial dan Non-Residensial Di Dunia (Sumber: Xiangdong, 2016)

Di Indonesia, bangunan – bangunan non-residensial yaitu pada sektor industri dan komersil memiliki total 43% dari keseluruhan konsumsi energi, dibandingkan dengan konsumsi energi bangunan residensial pada sektor rumah tangga yaitu sebesar 27% (Gambar 1.2)



Gambar 1.2. Grafik Total Konsumsi Energi di Indonesia (Sumber: Kementerian ESDM, 2014)

Dengan tujuan penghematan energi, fitur – fitur dari *High-Performance Architecture* atau Arsitektur Performa-Tinggi mulai diintegrasikan pada bangunan – bangunan non-residensial. *High-Performance Architecture* itu sendiri adalah desain bangunan yang dinilai baik dalam operasional/kinerja bangunannya dimana melaksanakan fungsi bangunannya dengan sempurna, serta menggunakan sumber daya secara efisien (El-Wassimy, 2011). Selain itu, peforma dari pengguna bangunan juga dinilai baik karena dibantu dengan kinerja dari bangunan. Menurut El-Wassimy, bangunan yang membantu meningkatkan produktivitas dari penggunaanya dapat disebut sebagai *high-performance buildings*.

Arsitektur Hijau adalah konsep yang dikembangkan dalam dunia arsitektur dikarenakan dampak negative yang ditimbulkan oleh bangunan, baik oleh bangunan

(High-Performance Architecture Sebagai Indikator Proses Pengukuran Kerangka Konseptual Arsitektur Hijau Pada Bangunan Non-Residensial)

residensial dan non-residensial. Intisari dari Arsitektur Hijau yaitu bangunan yang di desain dan dikonstruksikan berdasarkan prinsip arsitektur yang ramah lingkungan (Ragheb, 2016). Konsep Arsitektur Hijau tersebut dapat diukur melalui beberapa kategori pengukuran seperti *Sustainable*, *Ecological*, dan *Performance*. Oleh karena itu, menjadi sangat menarik untuk mengukur kerangka konsep Arsitektur Hijau pada bangunan non-residensial yang mengintegrasikan fitur - fitur *high-performance architecture*. Melalui pengukuran tersebut dapat ditemukan suatu standar desain bangunan yang hemat energi dan juga ramah lingkungan.

METODE

A. Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif, dengan indikator pengujian seperti penggunaan simulasi energi yang berkorelasi dengan konsep *green*, biaya, dan hasil kinerja bangunan.

B. Sampel Penelitian

Sampel penelitian ini adalah bangunan – bangunan di Indonesia yang memiliki sertifikat Green Building, termasuk 5 bangunan studi kasus di Kota Manado yang telah masuk dalam kategori bangunan hijau yang memiliki *high-performance*. Seluruh tipe bangunan pada sampel adalah bangunan non-residensial dengan mayoritas tipe bangunan kantor. Data dikumpulkan melalui survey, wawancara terstruktur dengan owner, arsitek, dan kontraktor dari masing – masing proyek bangunan tersebut.

Setelah pengumpulan data, penelitian ini kemudian memilih metrik yang menjadi prioritas dalam analisis data, kemudian mengecek variable – variable luaran sebagai normalitas, dan akhirnya melakukan analisis kuantitatif untuk mengidentifikasi korelasi statistical dari indikator – indikator penelitian.

Untuk menentukan cara mengukur tingkat dari metrik arsitektur hijau pada penelitian ini, pertama – tama indeks penilaian bangunan hijau dihitung sebagai berikut:

$$X_1 = A/B \times 100$$

Dimana A = poin bangunan hijau yang dicapai pada sampel bangunan dan B = poin bangunan hijau yang tersedia.

Selanjutnya, index yang terpisah dikonstruksikan dengan memasukkan definisi *high-performance green buildings* kedalam perhitungan, dimana *high-performance green building* memiliki focus yang lebih terhadap peningkatan efisiensi energi dan kualitas lingkungan indoor (Horman. 2006). Oleh karena itu, efek dari kualitas lingkungan indoor dan perhitungan energi dilipat gandakan menjadi dua kali untuk mengkonstruksikan index *high-performance – green building* (x_h) sebagai berikut:

$$x_h = \frac{A + I + E}{B + IA + EA} \times 100$$

Dimana A= poin bangunan hijau yang dicapai oleh sampel bangunan, B= poin bangunan hijau yang tersedia. I= kualitas lingkungan indoor yang dicapai. IA= poin kualitas lingkungan indoor yang tersedia, E= poin energi yang dicapai, dan EA= poin energi yang tersedia.

Statistik pengujian menunjukkan bahwa *mean* dari semua proyek yang dinilai dengan system bangunan hijau memiliki index ($\mu_l = 56,3$) yang jauh lebih rendah dari index semua proyek *green building* dengan *high-performance* ($\mu_l = 173,4$). Oleh karena itu, index *high-performance green building* dipilih untuk mengukur tingkat *green* dari hasil performa (*building performance*) bangunan – bangunan yang dijadikan sampel.

C. Kualitas Data

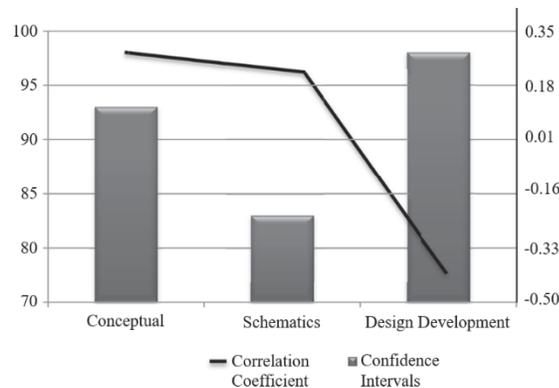
Pengukuran untuk memastikan kualitas data kedalam set data final meliputi hal – hal sebagai berikut:

1. Indikator – indicator proses yang terpilih distandarisasikan menggunakan rasional koding umum (Tabel 3.1)
2. Metrik untuk mengukur hasil dari performa bangunan (misalnya tingkat *green*, pertumbuhan biaya, dsb) dikalkulasikan melalui nilai persentase untuk mengeliminasi perubahan tahunan dan variasi posisi geografi yang berkenaan dengan letak bangunan
3. Semua koding, termasuk nominal, ordinal, interval, dan skala rasio, distandarisasikan kedalam sebuah skala konsisten
4. Normalitas diperiksa untuk memastikan reabilitas dari data.

D. Analisis Data

Pada tahap analisis data, pertama – tama dihasilkan statistic deskriptif dari semua metrik performa bangunan. Selanjutnya, tingkat *green*, biaya, dan jadwal yang

dihasilkan oleh bangunan dianalisis berdasarkan variasi metode – metode implementasi (sebagai contoh: desain bangunan, manajemen konstruksi, dsb) dengan menggunakan analisis bivarians. Kemudian korelasi dilakukan untuk menentukan hubungan antara indikator – indikator proses yang ditunjukkan dalam Tabel 3.1 dengan tingkat *green*, biaya, dan jadwal yang dihasilkan bangunan. Analisis korelasi Pearson digunakan sebagai metode primer karena keberadaan dari data nominal dalam set data dan ukuran dari sampel (Ott dan Longnecker, 2010). *Minitab 16* digunakan sebagai media analisis statistic. Reabilitas dari koefisien – koefisien korelasi diperiksa melalui nilai *p*. Tabel 3.2 menyimpulkan langkah – langkah analisis data dalam penelitian ini.



Gambar 3.1 Analisis Korelasi Untuk Penggunaan Simulasi Energi

Gambar 3.1 adalah hasil analisis korelasi Pearson yang menunjukkan efek dari penggunaan simulasi energi pada berbagai tahapan desain dengan index *high-performance green building*.

Memulai simulasi energi pada tahapan desain yaitu pada tahap konseptual memiliki dampak yang lebih besar pada tingkatan performa *green building* daripada tahap skematik, dan jika simulasi energi dimulai pada tahapan desain yang lebih akhir seperti pada tahap pengembangan desain, dampaknya mengalami penurunan yang sangat besar terhadap hasil dari performa *green building*.

Tabel 3.1 Deskripsi, Indikator, dan Skala Pengukuran dari Indikator Proses Yang Terpilih

Indikator Proses	Definisi	Tipe Data	Skala Pengukuran
All-party participation in design charrette	Siapa (owner, arsitek, kontraktor, coordinator desain-arsitektur hijau) yang dibutuhkan dalam proses desain	Interval	Angka
Architect's HPG experience	Tingkat pengalaman dari arsitek terhadap implementasi arsitektur hijau dengan <i>high-performance</i>	Ordinal	Skala (1-5)
Architect's QB selection	Apakah arsitek dipilih berdasarkan kualifikasi	Nominal	Yes/no
Construction document completion	Kelengkapan gambar dan spesifikasi performa bangunan Pada saat konstruksi system MEP	Interval	Persentase Desain
Contractor's early involvement	Apakah ada feedback yang diberikan oleh kontraktor sebelum dokumen – dokumen konstruksi selesai	Nominal	Yes/no
Contractor's experience with high-performance green	Tingkat pengalaman dari kontraktor terhadap implementasi arsitektur hijau dengan <i>high-performance</i>	Ordinal	Skala (1-5)
Contractor's restrained selection	Kemampuan memberi Batasan terhadap pemilihan kontraktor	Nominal	Low/high
Design-build	Apakah metode implementasi desain ditentukan atau tidak	Nominal	Yes/no
Energy simulation	Apakah simulasi energi dilakukan dan selesai selama tahapan proses implementasi desain	Ordinal	Persentase Desain
Green lead coordinator	Apakah ada coordinator green building delivery coordinator dalam proses konstruksi	Nominal	Yes/no
Introducing green idea	Inisiasi dari sasaran – sasaran green building kedalam desain	Ordinal	Persentase Desain
LEED contract held by owner	Sertifikat bangunan hijau dimiliki oleh owner	Nominal	Yes/no
Lighting simulation	Apakah simulasi pencahayaan dilakukan dalam tahapan tertentu selama proses implementasi desain	Ordinal	Persentase Desain
M/E contract held by owner	Apakah kontak mekanikal elektrikal dimiliki oleh owner	Nominal	Yes/no
Minimum three collaboration sessions	Apakah tim perancangan melaksanakan pertemuan pembahasan desain berulang kali sebelum dokumentasi konstruksi dibuat	Nominal	Yes/no
Number of communication methods	Jumlah dari metode yang digunakan untuk meningkatkan komunikasi melalui proses desain untuk mencapai sasaran <i>green</i>	Interval	Angka
Owner's decision-making capability	Kompetensi dari owner untuk mengambil keputusan – keputusan edukatif selama proses desain dan implementasi desain	Ordinal	Skala (1-5)
Owner's experience with similar facility, delivery, and high-performance green	Pengalaman dari owner terhadap tipe bangunan, metode implementasi, dan proses implementasi arsitektur hijau (<i>green architecture</i>) dengan <i>high-performance</i>	Ordinal	Skala (1-5)
Owner's vision statement	Apakah sasaran <i>green</i> telah ditentukan dan diwajibkan oleh owner	Nominal	Yes/no
Schedule control	Persentasi control dari jadwal (<i>schedule</i>)	Interval	Persentase
Subcontractor education	Apakah kontraktor memberikan edukasi pada sub-kontraktor sebelum proses konstruksi dilaksanakan	Nominal	Yes/no
Team communication	Tingkat komunikasi dari anggota tim perancangan dan pelaksana	Ordinal	Skala (1-5)
Using quantitative tools	Angka pengukuran (contoh: hasil simulasi) digunakan dalam Pengukuran proses implementasi untuk mencapai sasaran <i>green</i>	Interval	Angka

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Rata – rata pertumbuhan biaya dari sampel adalah 4,8% (N=40), sedangkan rata – rata perkembangan jadwal yaitu 3,28% (N=41). Analisis data unvariat menunjukkan bahwa walaupun memungkinkan untuk menghasilkan *green building* dengan *high-performance* dengan menggunakan metode implementasi apapun, rancang-bangun menghasilkan tingkat *green* yang lebih tinggi. Contohnya manajemen konstruksi (N=20, $\mu_h = 162$), rancang-bangun (N=15, $\mu_h = 181$).

Hasil dari tingkatan *green building* pada perancangan bangunan non-komersial yang dijadikan sampel, dikalkulasikan melalui index *green building high-performance*, dimana menunjukkan bahwa diantara semua indikator yang ada, pengalaman arsitek terhadap *green building high-performance* dan jumlah metode

(High-Performance Architecture Sebagai Indikator Proses Pengukuran Kerangka Konseptual Arsitektur Hijau Pada Bangunan Non-Residensial)

komunikasi yang digunakan anggota tim konstruksi bangunan selama berjalannya implementasi proyek adalah yang paling efektif (lihat Gambar/Grafik 4.1)

Melacak performa desain dengan metode kuantitatif memberikan cara pengukuran untuk mengevaluasi kemajuan proyek dan tim yang terlibat didalamnya. Diantara semua alat kuantitatif yang digunakan, setting dari sasaran konsumsi energi untuk bangunan yang diukur dalam BTU/ft², kemudian penggunaan checklist penilaian kriteria *green building*, dan penggunaan dari modeling bangunan menunjukkan hubungan yang signifikan dengan tingkatan tinggi dari *green building* terhadap bangunan.

Melakukan simulasi pencahayaan dan konsumsi energi pada awal proses desain juga menjadi faktor yang berkorelasi dengan tingkat *green building* yang lebih tinggi. Grafik 4.1 memberikan informasi mendetail terhadap dampak dari indicator – indicator proses terhadap tingkatan *green building* pada *confidence intervals* (CI) yang berbeda – beda.

Hasil dari pertumbuhan biaya, dikalkulasikan melalui metrik – metrik korelasi, dimana mengindikasikan bahwa keterlibatan kontraktor sebelum tahap pengembangan desain yang memiliki dampak terbesar, dengan 100% *confidence interval*. Sebagai tambahan, data yang menunjuk pada pengalaman owner akan *high-performance green building* juga merupakan indicator proses yang tidak kalah penting peranannya. Peran owner dalam menjelaskan lingkup/ *scope*, kemampuan pengambilan keputusan dari owner, serta control dan partisipasi owner dalam proses perancangan, semuanya sejajar dengan performa biaya. Mengeluarkan ide *green building* sebelum tahap desain konseptual menunjukkan dampak positif yang lebih kuat terhadap metrik pertumbuhan biaya dibandingkan dengan memunculkan ide *green building* pada tahap akhir dari desain bangunan. Dan tidak mengejutkan Ketika perkembangan jadwal menunjukkan korelasi dengan pertumbuhan biaya. Grafik 4.2 menunjukkan korelasi koefisien – koefisien dari indicator – indicator proses yang memiliki dampak signifikan terhadap pertumbuhan biaya.

Pengaruh kontraktor mendemonstrasikan perkembangan jadwal yang signifikan dalam proyek arsitektur hijau. Kemampuan owner untuk mereduksi pemilihan kontraktor dan mendefinisikan *scope* dari proyek sejak tahapan awal dari proses desain menjadi indicator proses yang signifikan dengan tingkat korelasi 95% terhadap perkembangan jadwal. Sebagai tambahan, edukasi sub-kontraktor dan pengalaman kontraktor terhadap proses implementasi *high-performance green building*, diamati sebagai indicator – indicator yang potensial. Grafik 4.3 menunjukkan hasil analisis dari indicator – indicator proses yang berkorelasi dengan perkembangan jadwal.

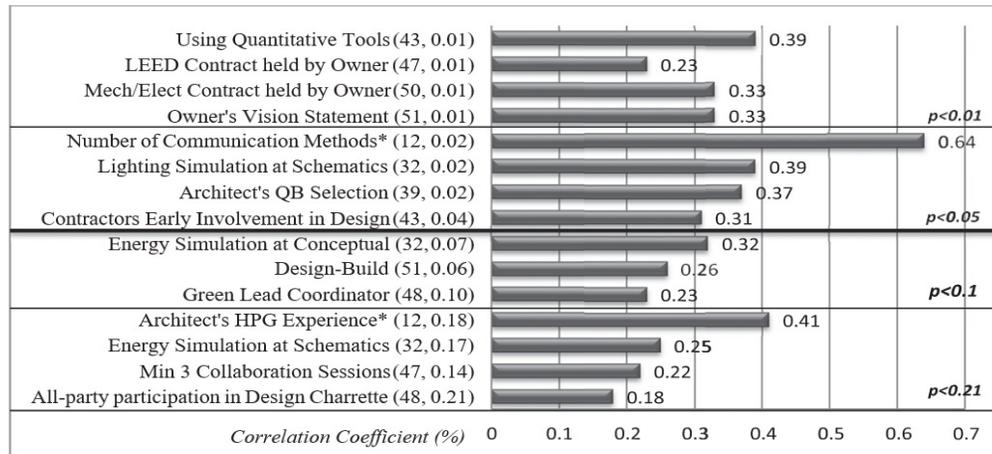
Komparasi silang membantu mengidentifikasi indicator – indicator proses yang dapat memberi dampak terhadap lebih dari satu hasil performa *green building*. Komparasi ini ditunjukkan dalam Tabel 4.1, dapat memberikan pedoman untuk melihat pada indicator – indicator umum dikarenakan saling ketergantungan terhadap keputusan – keputusan menyangkut implementasi *high-performance green building*.

B. Pembahasan

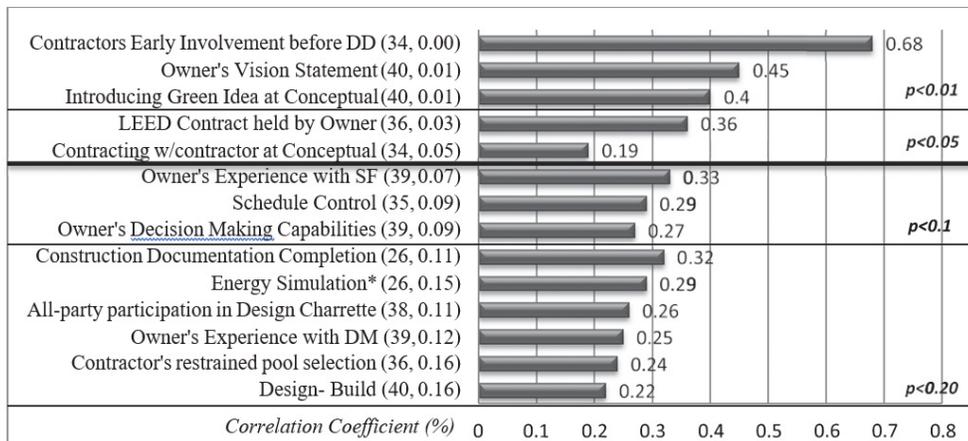
Indikator – indicator proses yang signifikan dapat berguna untuk melacak progress untuk mencapai sasaran proyek selama implementasi konstruksi *high-performance green building*. Selain itu indicator – indicator proses tersebut dapat memberikan wawasan praktis dan Teknik manajemen untuk tim pelaksana proyek. Walaupun demikian, sangatlah penting untuk sadar bahwa hasil penelitian ini sifatnya indikatif, bukan sebab-akibat. Sebagai contoh, dalam penelitian ini mengamati tingkatan *green building* yang lebih tinggi ketika simulasi energi dilakukan pada tahapan awal proses desain. Secara logis, hasil ini dapat menyarankan bahwa simulasi energi secara dini dapat dijadikan informasi untuk pengambilan keputusan dari proses desain yang berhubungan dengan performa energi dari bangunan. Di sisi lain, jika modeling energi tidak dilakukan dan disejajarkan dalam pengambilan keputusan, dampaknya terhadap performa bangunan ikut menurun secara signifikan. Jadi indicator – indicator ini berperan sebagai tonggak/ titik tolak ataupun pembuka jalan dalam suatu jalur yang mengarah pada sasaran dari proyek. Indicator – indicator tersebut dapat digunakan untuk melacak dan memprediksi performa dalam wujud informasi selama implementasi *high-performance green building*, dan bahkan berperan dalam seleksi anggota tim konstruksi.

Beberapa cara kuantifikasi indicator proses telah dilaksanakan dalam proyek – proyek konstruksi pada umumnya. Namun penelitian dalam konteks implementasi arsitektur hijau memiliki cara exploratory, studi kasus, atau melalui pendapat ahli. Sedangkan hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa, sangatlah mungkin untuk mengkuantifikasikan atribut – atribut implementasi yang memberi dampak pada hasil implementasi proyek *high-performance green building*, dan mengidentifikasi indicator – indicator proses untuk suksesnya konsep *green*, biaya, dan jadwal didalam proyek konstruksi bangunan.

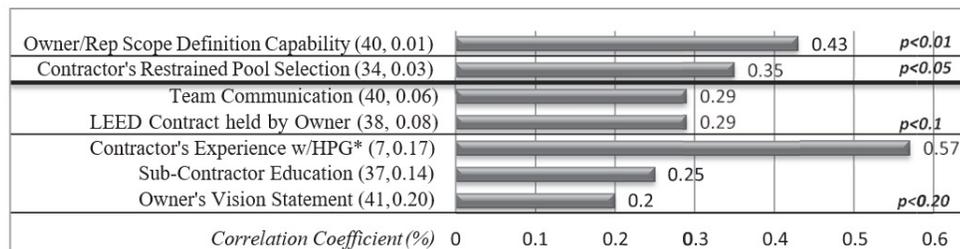
Hasil penelitian juga mendukung pentingnya integrasi tim dalam tahap awal proses desain. Peningkatan jumlah metode komunikasi, melakukan model simulasi energi yang dilaksanakan sebelum tahap desain skematik, dan keterlibatan kontraktor dalam desain dalam penelitian ini ditemukan sebagai faktor – faktor yang kritis, dimana selaras dengan rekomendasi dunia industry untuk memfasilitasi desain integrative untuk hasil *high-performance green building* (Reed, 2009)



Grafik 4.1 Indikator Proses [ukuran sampel (N), nilai-p] berkorelasi dengan tingkatan green building (index high-performance green building)



Grafik 4.2 Indikator Proses [ukuran sampel (N), nilai-p] berkorelasi dengan pertumbuhan biaya



Grafik 4.3 Indikator Proses [ukuran sampel (N), nilai-p] berkorelasi dengan perkembangan jadwal

(High-Performance Architecture Sebagai Indikator Proses Pengukuran Kerangka Konseptual Arsitektur Hijau Pada Bangunan Non-Residensial)

PENUTUP

Simpulan

Penelitian ini mengkuantifikasi atribut – atribut implementasi yang memberi dampak pada hasil proyek *high-performance green building* dan memberi kontribusi dengan memberikan 23 indikator – indikoator proses secara statistic untuk memperkirakan suksesnya hasil konsep *green*, biaya, dan jadwal dari proyek tersebut. Berdasarkan hasil evaluasi, implementasi indicator – indicator yang paling penting yaitu penggunaan metode rancang-bangun, owner yang memiliki visi *green* dan *sustainable*, melaksanakan simulasi pencahayaan dan energi sedini mungkin dan tidak melebihi tahap desain skematik, kemampuan owner dalam membentuk *scope* dan dalam pengambilan keputusan, pemilihan kontraktor, dan melibatkan kontraktor dalam tahap pengembangan desain. Sampel yang digunakan pada penelitian ini terbatas pada bangunan non-residensial yang telah memiliki sertifikat *green building* dimaksudkan untuk meminimalkan keragaman dalam hasil yang diberikan oleh performa bangunan. Hasil penelitian dapat diaplikasikan dan bermanfaat dalam merancang bangunan dengan konsep arsitektur hijau yang memiliki performa tinggi.

Saran

Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan mengembangkan focus terhadap tipe bangunan residensial untuk dievaluasi. Ruang lingkup untuk penelitian lebih lanjut juga sebaiknya meneliti bangunan diluar geografi Indonesia untuk mendeteksi kondisi geografi yang berbeda, budaya, kearifan local, ketersediaan teknologi, inovasi, yang mungkin mempengaruhi hasil dari performa bangunan. Tidak menutup kemungkinan bahwa ada indicator proses yang dapat berkorelasi dengan hasil performa bangunan yang tidak dipertimbangkan dalam penelitian ini, seperti variable – variable yang berhubungan dengan karakteristik, *timing*, frekuensi pembahasan desain, ataupun keputusan kritis yang harus diambil yang bisa memiliki pengaruh terhadap hasil performa bangunan yang dapat diteliti lebih lanjut. Analisis secara mendetail dari saling ketergantungan antara pengambilan keputusan dan indicator proses butuh untuk dikembangkan agar lebih baik lagi dalam merepresentasikan hubungan antara metode implementasi, proses, dan strategi pengambilan keputusan. Penelitian selanjutnya juga dapat berfokus pada analisis mendalam terhadap studi kasus tertentu dengan tujuan untuk mengidentifikasi indicator proses yang mendukung suksesnya implementasi proyek *high-performance green building*.

DAFTAR PUSTAKA

- Attmann, O., 2012, *Green Architecture: Advanced Technologies and Materials*, The McGraw-Hill Companies.
- Chappel, T.W., 2009, *High Performance Green Building: What's it worth? Investigating the Market Value of High Performance Green Buildings*, Washington State Department of Ecology
- El-Wassimy, M. M., 2011, *High Performance Building*, Alexandria University
- Enache-Pommer, E., and Horman, M. 2008. "Greening of healthcare facilities: Case studies of children's hospitals." Proc., AEI 2008 Conf.—AEI 2008: Building Integration Solutions, Vol. 328, ASCE, Reston, VA
- Horman, M. J., et al. 2006. "Delivering green buildings: Process improvements for sustainable construction." *J. Green Build.*, 1(1), 123–140.
- Juarti, E., 2015, Penentuan Indikator Kinerja Bangunan Gedung Pendidikan, Jurnal Fondasi Vol.4 No.2 Tahun 2015
- Kementrian ESDM, 2014, Laporan Dewan Energi Nasional Tahun 2014, Jakarta
- Larasati, D., 2018, *Arsitektur Hijau*, ITB Press, Bandung
- Ragheb, A., 2016, *Green Architecture: A Concept Of Sustainability*, Procedia Journal: Social and Behavioral Science 216 (2016)
- Reed, B., 2009, *The integrative design guide to green building: Redefining the practice of sustainability*, Wiley, Hoboken, NJ.
- Ott, R. L., and Longnecker, M. T. 2010. *An introduction to statistical methods and data analysis*, Brooks/Cole Cengage Learning, Belmont, CA.
- Tormenta, L. M., 2011, *High Performance Building Guidelines*, The New York City Department of Design and Construction (DDC), New York
- Xiangdong, C., 2016, Building Energy Consumption Status Worldwide And The State-Of-The-Art Technologies For Zero-Energy Building During The Past Decade, Journal Energy and Buildings Vol.128, p.198-213.