

Hubungan antara Penggunaan *Software* Pemodelan Arsitektur dengan Kompleksitas Bangunan

Arman Arisman

Program Studi Magister Arsitektur, SAPPK, Institut Teknologi Bandung.
Korespondensi: arman.wu@gmail.com

Abstrak

Dewasa ini kecenderungan penggunaan *software* pemodelan dalam proses desain arsitektur semakin tinggi. Hal ini menyebabkan berkembangnya ragam jenis *software* pemodelan arsitektur yang dapat digunakan. Pada studi ini, mahasiswa arsitektur serta para arsitek profesional dipilih menjadi responden penelitian. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan antara pemilihan *software* pemodelan arsitektur yang digunakan dengan kompleksitas bangunan yang akan dirancang. Kriteria bangunan dijadikan indikator untuk kompleksitas bangunan. Kriteria yang dimaksud dalam hal ini adalah jenis bangunan, luas bangunan, dan tinggi bangunan. Survei *online* melalui kuesioner dipilih sebagai metode pengumpulan data. Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa untuk merancang sebuah bangunan dengan kompleksitas yang rendah cukup menggunakan *software* pemodelan 3D yang sederhana, yakni SketchUp. Untuk tahapan kompleksitas yang lebih diperlukan *software* pemodelan lain, seperti CAD, BIM, *software* grafis, dan *software* pemodelan 3D yang lebih kompleks. Sedangkan untuk bangunan skala besar cenderung menggunakan kembali *software* SketchUp dan AutoCAD saja.

Kata-kunci : bangunan, desain, kompleksitas, pemodelan, *software*

The Correlation between the Use of Architecture Modelling Software with Building Complexity

Abstract

Nowadays the tendency of the use of modeling software in architectural design process is increasing. This leads to the development of various types of architectural modeling software that can be used. In this study, architecture students and professional architects were selected to be the research respondents. The purpose of this study is to determine the relationship between the choice of architectural modeling software used and the complexity of the buildings to be designed. Building criteria are used as indicators for the building complexity. Criteria in this case is the type of building, building area, and height of building. Online surveys through questionnaires were chosen as the data collection methods. From the results of the research it can be seen that to design a building with a low complexity one can simply use a simple 3D modeling software, such as SketchUp. For more complex process required other modeling software, such as CAD, BIM, graphics software, and more complex 3D modeling software. As for large-scale building tend to utilize SketchUp and AutoCAD software only.

Keywords : building, complexity, design, modelling, software

Kontak Penulis

Arman Arisman
Program Studi Magister Arsitektur, SAPPK, Institut Teknologi Bandung. Jl. Ganesa No. 10, Lab. Siliwangi, Coblong, Kota Bandung, Jawa Barat Kode pos 40132. Tel : +62-22-2504625 Fax : +62-22-2500935.
E-mail : arman.wu@gmail.com

Informasi Artikel.

Diterima editor 20 September 2017. Revisi 10 Januari 2018. Disetujui untuk diterbitkan 27 Maret 2018
ISSN 2301-9247 | E-ISSN 2622-0954 | https://jlbi.iplbi.or.id/ | © Ikatan Peneliti Lingkungan Binaan Indonesia (IPLBI)

Pendahuluan

Media visual merupakan hal yang penting dalam proses desain (Agostinho, 2005). Penggunaan *software* pemodelan seakan-akan sudah menjadi hal yang wajib dalam proses desain arsitektur karena dapat menghasilkan media visual secara efektif (Ismail, 2012). Apalagi saat ini sudah mulai gencar tuntutan akan penggunaan teknologi digital sebagai respon atas semakin besarnya tantangan bagi para praktisi di bidang AEC di Indonesia akibat kebijakan ASEAN Economic Community (Indraprastha, 2015). Dengan segala kemudahan yang disediakan maka proses desain dapat menjadi lebih mudah dan cepat, baik dalam hal pencarian ide dan konsep, studi ruang dan bentuk, analisis energi, penggambaran secara detil, hingga penyajian presentasi (Hanna & Barber, 2001).

Sayangnya perkembangan teknologi digital di Indonesia masih belum kuat (Gegana & Widjanarso, 2015). Dalam prakteknya tidak semua ragam *software* digunakan dalam proses desain. Berbagai faktor menentukan kapan sebuah *software* pemodelan digunakan. Kesalahan pemilihan ragam *software* terkadang malah menghambat proses desain. Seringkali seorang arsitek atau sebuah perusahaan hanya mengandalkan satu atau dua buah *software* pemodelan saja untuk keseluruhan proyek dengan lingkup, kriteria, dan tingkat kesulitan yang berbeda-beda. Namun ada kalanya penggunaan *software* tertentu tidak cocok untuk digunakan dalam kriteria proyek tertentu. Salah satu kemungkinannya adalah karena mempelajari *software* itu mungkin cukup sulit. Dibutuhkan investasi modal, tenaga, dan waktu agar seseorang dapat menguasai sebuah *software* pemodelan arsitektur. Selain itu harga sebuah *software* asli di Indonesia tergolong cukup mahal sehingga tidak semua orang memiliki kesempatan untuk memiliki *software* pemodelan yang asli apalagi sampai mempelajarinya secara mendalam. Dengan segala hambatan dan keterbatasan tersebut maka perlu dipelajari cara yang efektif untuk mempelajari *software* pemodelan dan juga harus disesuaikan dengan kebutuhan pekerjaan masing-masing.

Penelitian ini bertujuan untuk hubungan antara penggunaan *software* pemodelan dengan kompleksitas bangunan yang dirancang. Kriteria yang digunakan sebagai parameter kompleksitas bangunan adalah jenis bangunan, luas bangunan, dan tinggi bangunan. Dengan mengetahui hubungan antara *software* pemodelan yang digunakan dengan kompleksitas bangunan yang dirancang maka diharapkan pemilihan *software* yang hendak dibeli dan dipelajari oleh para praktisi sesuai dengan kebutuhan bidang proyeknya masing-masing. Misalkan ketika sebuah konsultan arsitektur didirikan dan ingin berfokus pada bangunan rumah tinggi maka konsultan tersebut dapat menginvestasikan uangnya untuk membeli *software* dan melakukan *training* secara tepat guna sesuai dengan kebutuhannya.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *mixed-method*, yaitu gabungan metode kualitatif dan kuantitatif (Creswell, 2008). Penelitian ini juga bersifat eksploratif untuk membuka kemungkinan jawaban yang luas dari keseluruhan responden (Groat & Wang, 2002).

Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan instrumen penelitian berupa kuesioner yang disebarluaskan secara *online* melalui jejaring sosial. Kuesioner disebarluaskan menggunakan metode *snowball sampling*, yaitu proses pemilihan sampel dengan menggunakan jaringan individu, komunitas, dan organisasi (Kumar, 2005).

Penyebaran kuesioner dilakukan dalam kurun waktu sekitar 1 minggu. Dilakukan pembatasan sampel pada akademisi dan praktisi di bidang arsitektur. Selain itu dilakukan pembatasan bahwa responden harus terbiasa menggunakan *software* pemodelan arsitektur dalam proses desainnya. Responden yang tidak terbiasa menggunakan atau masih baru dan awam dalam penggunaan *software* pemodelan arsitektur dianggap tidak dapat mewakili jawaban atas pertanyaan yang diajukan untuk dianalisis.

Dari metode pengumpulan yang dilakukan terkumpul 115 responden yang kemudian dianalisis secara kuantitatif dan kualitatif. Keseluruhan responden sudah disaring terlebih dahulu sehingga jawaban yang didapat cukup layak untuk dianalisis dalam penelitian ini.

Metode Analisis Data

Analisis dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif menggunakan metode analisis distribusi dan analisis korespondensi.

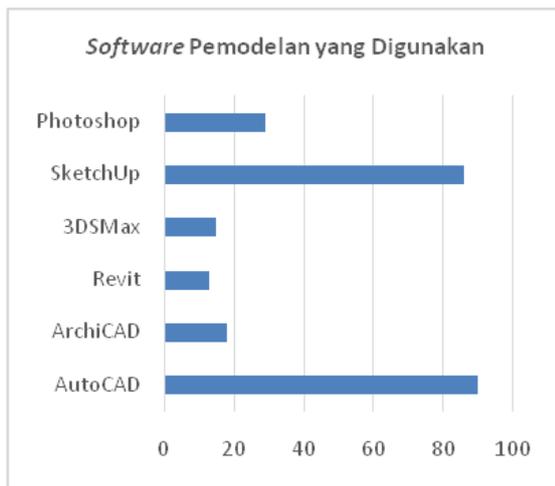
Tahap awal dalam analisis data dalam penelitian ini menggunakan analisis distribusi untuk mengetahui kriteria bangunan yang didesain serta nama *software* pemodelan yang digunakan. Kriteria bangunan yang dimaksud dibagi dalam tiga kategori, yaitu jenis bangunan, luas bangunan, dan tinggi bangunan. Ketiga kriteria bangunan tersebut dianggap dapat mewakili kompleksitas sebuah bangunan.

Pada tahap akhir dilakukan analisis korespondensi guna mengetahui korelasi antara penggunaan *software* pemodelan dengan kompleksitas bangunan yang dirancang. Kategori kompleksitas bangunan didapat dari ketiga kriteria yang sudah disinggung di atas, yaitu berdasarkan jenis bangunan, luas bangunan, dan tinggi bangunan.

Hasil dan Pembahasan

Analisis yang pertama dilakukan adalah pendataan *software* yang biasa digunakan oleh para responden. Dari 115 responden didapatkan 295 frekuensi penyebutan nama *software* yang digunakan. Dari 295 diseleksi kembali karena beberapa *software* tidak berkaitan dengan proses desain arsitektur dan beberapa *software* hanya memiliki frekuensi yang sangat kecil.

Total *software* setelah diseleksi adalah sebanyak 251. *Software-software* tersebut adalah Autodesk AutoCAD dengan 90 pengguna (35,9%), Google SketchUp dengan 86 pengguna (34,3%), Adobe Photoshop dengan 29 pengguna (11,6%), Graphisoft ArchiCAD dengan 18 pengguna (7,2%), Autodesk 3DSMax dengan 15 pengguna (6%), dan Autodesk Revit dengan 13 pengguna (5,2%). Hasil ini tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian oleh Furry A. Willis pada tahun 2016 yang mengungkapkan bahwa *software* AutoCAD dan SketchUp merupakan *software* populer yang paling banyak digunakan saat ini (Willis, 2016).

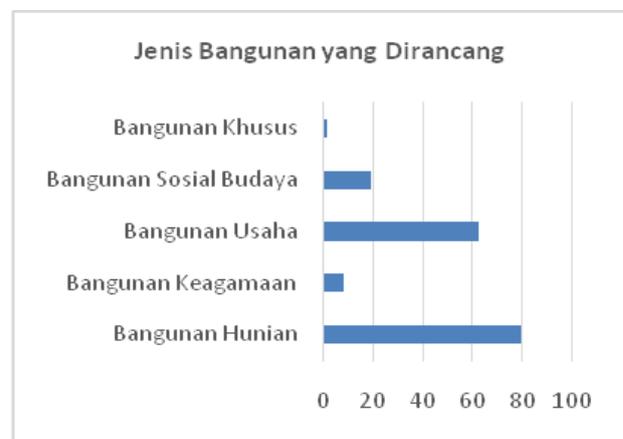


Gambar 1. Histogram Frekuensi *Software* Pemodelan yang Digunakan oleh Responden

Analisis kedua adalah pendataan kompleksitas bangunan yang sering dikerjakan oleh para responden. Parameter dari kompleksitas bangunan didasarkan pada kriteria bangunan yang terbagi menjadi 3 kriteria, yakni jenis bangunan, tinggi bangunan, dan luas bangunan. Ada 5 jenis bangunan berdasarkan UU no. 28 tahun 2002 tentang Bangunan Gedung bab III pasal 5, yaitu Bangunan Hunian, Bangunan Usaha/ Komersil, Bangunan Sosial dan Budaya, Bangunan Keagamaan, dan Bangunan Khusus. Ada 3 kategori bangunan berdasarkan ketinggiannya menurut Permen PU no. 29 tahun 2006 tentang Bangunan Gedung, yaitu bertingkat rendah (1-4 lantai), bertingkat tinggi (5-8 lantai), dan bertingkat tinggi (di atas 8 lantai). Untuk luas bangunan diambil kriteria di bawah 100 m², 100-500 m², 500-1.000 m², 1.000-5.000 m², 5.000-10.000 m², dan di atas 10.000 m².

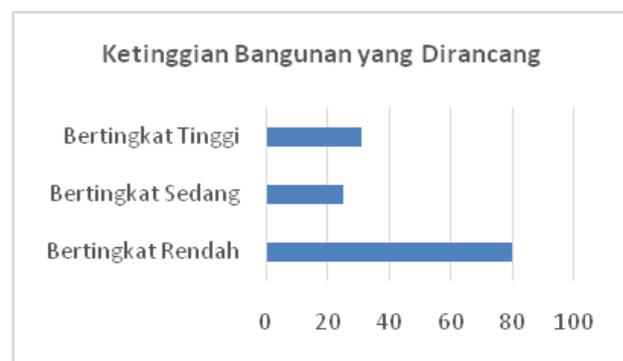
Jenis bangunan hunian dan usaha dianggap sebagai bangunan dengan kompleksitas yang paling sederhana. Bangunan sosial budaya, keagamaan, dan bangunan khusus dianggap sebagai bangunan dengan kompleksitas yang lebih rumit. Bangunan dengan ketinggian yang lebih rendah dianggap memiliki kompleksitas yang lebih sederhana sementara semakin tinggi dianggap semakin kompleks. Demikian juga dengan luas bangunan, semakin luas bangunan maka kompleksitasnya semakin tinggi.

Hasil dari analisis distribusi untuk kriteria jenis bangunan gedung yang sering didesain adalah bangunan hunian dengan frekuensi 79 (46,7%), bangunan usaha/komersil dengan frekuensi 62 (36,7%), bangunan sosial budaya dengan frekuensi 19 (11,2%), bangunan keagamaan dengan frekuensi 8 (4,7%), dan bangunan khusus dengan frekuensi 1 (0,6%).



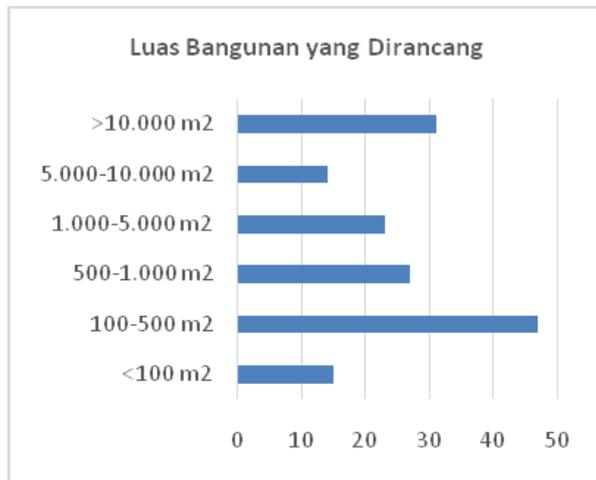
Gambar 2. Histogram Frekuensi Jenis Bangunan yang Dirancang oleh Responden

Hasil dari analisis distribusi untuk kriteria tinggi bangunan adalah bangunan bertingkat rendah dengan frekuensi 80 (58,8%), bangunan bertingkat tinggi dengan frekuensi 31 (22,7%), dan bangunan bertingkat sedang dengan frekuensi 25 (18,4%). Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa bangunan yang paling banyak dirancang adalah bangunan bertingkat rendah.



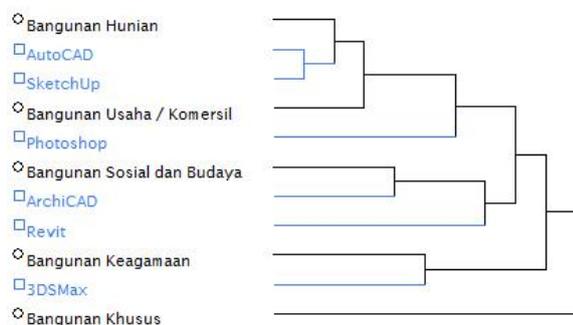
Gambar 3. Histogram Frekuensi Ketinggian Bangunan yang Dirancang oleh Responden

Hasil dari analisis distribusi untuk kriteria luas bangunan adalah bangunan dengan luas 100-500 m² dengan frekuensi 47 (29,9%), luas di atas 10.000 m² dengan 31 (19,7%), luas 500-1.000 m² dengan frekuensi 27 (17,2%), luas 1.000-5.000 dengan frekuensi 23 (14,6%), luas di bawah 100 m² dengan frekuensi 15 (9,6%), dan luas 5.000-10.000 m² dengan frekuensi 14 (8,9%).



Gambar 4. Histogram Frekuensi Luas Bangunan yang Dirancang oleh Responden

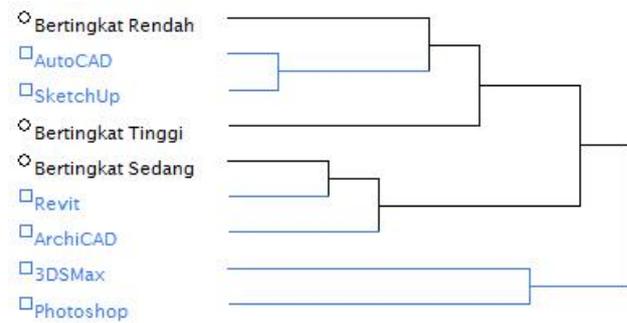
Analisis korespondensi yang pertama adalah antara *software* yang digunakan dengan jenis bangunan yang dirancang. *Significant value* yang didapat dari analisis ini adalah 0,0543.



Gambar 5. Dendrogram Analisis Korespondensi antara *software* yang digunakan dan jenis bangunan yang dirancang

Dari hasil analisis dapat terlihat bahwa kecenderungan *software* yang digunakan untuk proses desain untuk bangunan tipe hunian dan usaha adalah AutoCAD dan SketchUp. Sementara untuk bangunan sosial budaya yang paling banyak digunakan adalah *software* BIM, yakni ArchiCAD dan Revit. Sementara dari hasil analisis terlihat *software* Photoshop lebih banyak digunakan untuk bangunan hunian dan usaha. Penggunaan *Software* 3DSMax banyak digunakan untuk bangunan keagamaan berdasarkan hasil analisis. Hal ini mungkin disebabkan oleh kecenderungan bentuk bangunan-bangunan keagamaan yang cukup rumit sehingga memerlukan *software* pemodelan yang memudahkan membuat bentuk-bentuk yang rumit dan ornamenal seperti 3DSMax.

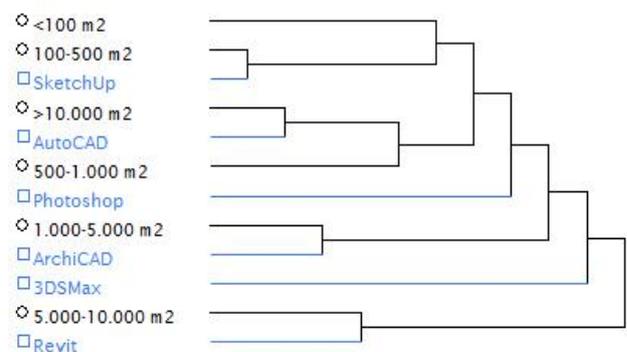
Analisis korespondensi yang kedua adalah antara *software* dengan tinggi bangunan yang dirancang. *Significant value* yang didapat dari hasil analisis ini adalah 0,0007.



Gambar 6. Dendrogram Analisis Korespondensi antara *software* yang digunakan dan tinggi bangunan yang dirancang

Dari hasil analisis dapat terlihat bahwa kecenderungan *software* yang digunakan adalah AutoCAD dan SketchUp untuk bangunan bertingkat rendah. Kecenderungan tersebut juga berulang untuk bangunan bertingkat tinggi walaupun kecenderungannya lebih besar untuk bangunan bertingkat rendah. Sedangkan untuk bangunan bertingkat sedang lebih banyak menggunakan *software* BIM, yakni ArchiCAD dan Revit. Sedangkan 3DSMax dan Photoshop sepertinya tidak terlalu banyak berpengaruh terhadap hal ini.

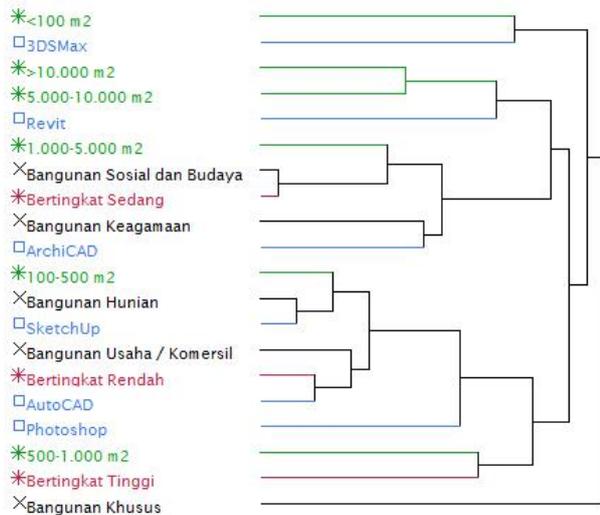
Analisis korespondensi yang ketiga adalah antara *software* dengan luas bangunan yang dirancang. *Significant value* yang didapat dari hasil analisis ini adalah 0,0224.



Gambar 7. Dendrogram Analisis Korespondensi antara *software* yang digunakan dan luas bangunan yang dirancang

Dari hasil analisis dapat terlihat bahwa kecenderungan *software* yang digunakan untuk bangunan dengan luasan di bawah 500 m² adalah SketchUp disusul oleh AutoCAD. Kecenderungan penggunaan kedua *software* ini juga kembali berulang untuk bangunan yang luasnya di atas 10.000 m². Sedangkan untuk bangunan dengan luasan yang sedang (di antara 500 dan 10.000 m²) yang digunakan adalah *software* BIM, yakni Revit dan ArchiCAD. Sedangkan 3DSMax dan Photoshop sepertinya tidak terlalu banyak berpengaruh terhadap hal ini.

Analisis korespondensi yang terakhir dilakukan adalah antara software dengan ketiga kriteria bangunan yang pada prosesnya sudah dilakukan satu per satu. *Significant value* yang didapat dari analisis ini adalah 0,0021.



Gambar 8. Dendrogram Analisis Korespondensi antara *software* yang digunakan dan ragam kriteria bangunan yang dirancang (jenis bangunan, tinggi bangunan, dan luas bangunan)

Dari hasil analisis dapat terlihat bahwa AutoCAD dan SketchUp lebih banyak digunakan pada bangunan dengan tingkat kompleksitas yang rendah. Ada kemungkinan kecenderungan ini adalah karena responden pengguna AutoCAD dan SketchUp relatif lebih tinggi dibandingkan dengan yang lain. Selain itu bangunan-bangunan kompleksitas rendah juga yang banyak dirancang oleh sebagian besar responden. Untuk kompleksitas bangunan yang lebih rumit kecenderungan beralih ke *software* BIM, yakni Revit dan ArchiCAD. Kemudian kecenderungan menggunakan AutoCAD dan SketchUp kembali tinggi saat kompleksitas bangunan sudah sangat rumit, terutama bila dilihat dari faktor luas dan tinggi bangunan. Sementara Photoshop cenderung lebih digunakan bersamaan dengan SketchUp dan AutoCAD. Dari analisis tersebut juga didapat hasil bahwa 3DSMax cenderung digunakan pada bangunan dengan luasan yang kecil. Hal ini agak berbeda dengan kecenderungan dari hasil analisis sebelumnya. Ada kemungkinan hal ini juga disebabkan karena penggunaan 3DSMax cukup rendah (Gambar 1) sehingga hasilnya menjadi tidak konsisten bila dibandingkan antar analisis.

Dari keempat hasil analisis korespondensi yang dilakukan dapat terlihat beberapa pola yang konsisten dari hubungan penggunaan *software* dalam proses desain dengan kompleksitas bangunan yang dirancang. Kecenderungan penggunaan *software* AutoCAD dan SketchUp lebih tinggi pada bangunan dengan kompleksitas yang sederhana, misalnya jenis bangunan hunian bertingkat rendah dengan luas di bawah 500 m². Kemungkinan kecenderungan ini disebabkan oleh kemudahan dan kesederhanaan penggunaan dari *software* SketchUp dan

AutoCAD dibandingkan dengan *software* lainnya. AutoCAD memiliki performa dan produktivitas yang cukup tinggi sementara SketchUp merupakan *software* pemodelan yang tergolong *user-friendly* (Willis, 2016). Untuk sebuah proyek yang sederhana tidak diperlukan *effort* yang tinggi sehingga *software* yang sederhana lebih efisien dan efektif untuk digunakan. Tetapi kecenderungan kembali berulang pada tahap kompleksitas yang sangat tinggi, misalnya bangunan dengan tinggi bangunan di atas 10 lantai dengan luas di atas 10.000 m². Kemungkinan hal ini disebabkan bila bangunan terlalu tinggi dan sangat luas maka rancangannya cenderung lebih sederhana dan tingginya repetisi supaya tidak terlalu sulit dalam pelaksanaannya dan keterbatasan waktu.

Pola lain yang cukup terlihat konsisten adalah penggunaan *software* BIM (Revit dan ArchiCAD) pada bangunan yang cenderung memiliki kompleksitas yang cukup tinggi, misalnya bangunan sosial dan budaya yang memiliki banyak persyaratan, ketentuan, dan ragam perilaku pengguna yang tinggi. Contoh lainnya adalah bangunan dengan jumlah lantai yang cukup banyak dengan luas ribuan meter persegi. Hal ini kemungkinan dikarenakan bangunan dengan kompleksitas tinggi memerlukan fokus yang tinggi dalam hal koordinasi dengan disiplin lain di luar arsitektur. Sementara *software* BIM sekalipun agak lebih rumit dioperasikan daripada AutoCAD dan SketchUp tetapi memiliki keunggulan dalam hal informasi dan integrasi (Irwanuddin, 2016).

Namun ada juga beberapa *software* yang tidak konsisten penggunaannya berdasarkan kompleksitas bangunan, yakni 3DSMax dan Adobe Photoshop. Berdasarkan hasil beberapa analisis, kedua *software* tersebut terkadang penggunaannya dominan di bangunan dengan kompleksitas tinggi dan kadang berada di bangunan dengan kompleksitas rendah. Kemungkinan kedua *software* tersebut memang tidak terlalu terpengaruh oleh kompleksitas bangunan karena penggunaannya lebih kepada visualisasi hasil akhir dan estetika presentasi saja. Selain itu faktor jumlah responden pengguna *software* 3DSMax yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan *software* SketchUp yang memiliki karakteristik serupa sebagai *software* pemodelan 3 dimensi. Hal ini bisa disebabkan oleh berbagai faktor.

Salah satu faktor utama yang mungkin menjadi penyebab rendahnya penggunaan 3DSMax adalah penggunaan dan *user interface* dari *software* 3DSMax yang cukup rumit bila dibandingkan dengan *software* pemodelan 3 dimensi lainnya yang memang khusus untuk arsitektur, seperti SketchUp. Hal yang perlu diingat adalah bahwa 3DSMax merupakan *software* pemodelan 3 dimensi yang umum dan tidak dikhususkan untuk arsitektur saja, namun sering juga dipakai untuk pemodelan animasi film dll. Berbeda dengan SketchUp yang memang dikhususkan untuk pemodelan arsitektur.

Kesimpulan

Penggunaan AutoCAD dan SketchUp cenderung banyak digunakan dalam proses desain bangunan dengan tingkat kompleksitas yang rendah. Secara teknis penggunaan memang AutoCAD dan SketchUp cukup ringan secara kebutuhan spesifikasi *hardware* dan cukup mudah penggunaannya untuk dipelajari. Sementara *software* BIM (Revit dan ArchiCAD) lebih banyak digunakan dalam proses desain bangunan yang lebih kompleks dan memerlukan tingkat koordinasi yang tinggi antar disiplin.

Kecenderungan menggunakan kembali *software* AutoCAD dan SketchUp kembali berulang saat bangunan yang dirancang memiliki kompleksitas yang terlampaui tinggi, terutama bila dilihat dari kriteria volume bangunan (tinggi dan luas). Sementara itu *software* yang fungsinya lebih ke arah presentasi tidak terlalu terpengaruh oleh kompleksitas bangunan yang dirancang. Dalam penelitian ini *software* yang dimaksud adalah 3DSMax dan Adobe Photoshop.

Berdasarkan hasil penelitian ini maka seorang arsitek atau sebuah konsultan arsitektur dapat memprioritaskan pembelajaran *software* yang akan digunakan dengan melihat kriteria bangunan yang lebih diminati atau sering dikerjakan. Bila sering mengerjakan proyek rumah tinggal 1-3 lantai maka cukup memfokuskan diri dengan mempelajari AutoCAD dan SketchUp, tetapi bila sering mengerjakan bangunan-bangunan yang sistemnya cukup kompleks maka sebaiknya memfokuskan diri pada *software* BIM, seperti ArchiCAD dan SketchUp.

Kekurangan Penelitian

Frekuensi dari masing-masing kriteria bangunan kurang merata. Dalam setiap kriteria terdapat beberapa kategori yang terlalu dominan sehingga mungkin sedikit banyak mempengaruhi hasil dari analisis korespondensi. Hal ini kemungkinan disebabkan karena kurangnya jumlah responden dan teknik pemilihan responden menggunakan *teknik snowball sampling* sehingga ada beberapa kategori yang kurang terwakili.

Rekomendasi

Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan teknik sampling yang lebih tepat sehingga masing-masing kriteria dapat terwakili secara merata dan hasilnya pun akan lebih akurat. Selain itu diperlukan persentase responden pengguna profesional yang lebih tinggi dibandingkan dengan mahasiswa karena kemungkinan hanya sebagian kecil mahasiswa saja yang benar-benar sudah menguasai *software*. Sebagian besar mahasiswa mungkin baru saja mengenal *software* dan menggunakannya sebagai ketentuan dari perkuliahan.

Daftar Pustaka

- Agostinho, F. S. (2005). *Architecture as Drawing, Perception and Cognition: Background for an exercise of computer modeling applied to the Church of Sta. Maria de Belém – Lisboa*. eCAADe (Education and research in Computer Aided Architectural Design in Europe), Digital Design: The Quest for New Paradigms, 23rd, 09-2005.
- Creswell, J. W. (2007). *Qualitative Inquiry & Research Design*. California: Sage Publications, Inc
- Creswell, J. W. (2008). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. California: Sage Publications, Inc.
- Gegana, Gregorius & Widjanarso, Tony H. (2015). *BIM Course Development And Its Future Integration At University Of Indonesia And Institute Of Technology Bandung, Indonesia*. 9th BIM Academic Symposium & Job Task Analysis Review, Washington, DC, 7-8 April 2015
- Groat, L., & Wang, D. (2002). *Architectural Research Methods*. New York: John Wiley & Sons. Inc.
- Hanifah, Y. (2016). *Awareness dan Pemanfaatan BIM: Studi Eksplorasi*. Malang: IPLBI.
- Hanna, R., & Barber, T. (2001). *An inquiry into computers in design: Attitudes before-attitudes after*. Design Studies, 22(3), 255–281.
- Indraprastha, A. (2015). *Integration of Building Information Modeling (BIM) Course into Design Curriculum Case Study: Study Program of Architecture, Institut Teknologi Bandung*. 9th BIM Academic Symposium, (p. 8). Washington, D.C.
- Irwanuddin, I. (2016). *Persepsi Praktisi dan Akademisi terhadap Penerapan Teknologi BIM di Arsitektur*. Malang: IPLBI
- Ismail, M. A., Mahmud, R., & Hassan, I. S. (2012). *Digital Studio vs. Conventional in Teaching Architectural Design Process. Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 64, 18–25.
- Kumar, R. (2005). *Research Methodology: A Step-by-Step Guide for Beginners*. California: Sage Publications. Inc.
- Republik Indonesia. (2002). *Undang-undang Republik Indonesia nomor 28 tahun 2002 tentang Bangunan Gedung*. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Republik Indonesia. (2006). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum nomor 29 tahun 2006 tentang Perdoman Persyaratan Teknis Bangunan Gedung*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Willis, F. A. (2016). *Kecenderungan Penggunaan Software Pemodelan dalam Proses Desain Terkait Alasan dan Usia Pengguna*. Malang: IPLBI.