

TEKNOLOGI DIGITAL PADA PENDIDIKAN ARSITEKTUR DI ERA INDUSTRI 4.0

Widriyakara Setiadi^{1,2*}, L.M.F. Purwanto²

1. Universitas Katolik Darma Cendika, Fakultas Teknik, Program Studi Arsitektur, Surabaya
2. Universitas Katolik Soegijapranata, Program Studi Doktor Arsitektur Konsentrasi Arsitektur Digital, Indonesia, Semarang

* *corresponden author*: 20a30004@student.unika.ac.id

Tgl masuk naskah: 26-07-2021 • Tgl review I: 30 & 31-07-2021 • Tgl revisi: 04-08-2021 • Tgl review II: 07 & 08-08-2021
Tgl terbit 06-09-2021

DOI: 10.24167/joda.v1i1.3681



Abstrak:

Fenomena kurikulum pendidikan Indonesia terus berubah dan selalu diperbaharui dalam setiap periode. Begitu pula dengan perubahan-perubahan kurikulum pendidikan tinggi arsitektur. Kompleksitas dan jumlah proyek pembangunan yang meningkat dari tahun ke tahun memunculkan isu arsitek harus menggunakan aplikasi BIM. Kewajiban persyaratan BIM ini masih diberlakukan untuk biro-biro konsultan maupun kontraktor yang ingin mengerjakan proyek pemerintah. Revolusi Industri 4.0 telah menciptakan tren-tren baru di bidang teknologi digital.

Tujuan dari penelitian ini ingin mengetahui seberapa banyak pengenalan dan penggunaan teknologi digital dalam proses pembelajaran di pendidikan arsitektur dan aplikasi-aplikasi apa yang sudah dimanfaatkan dan diajarkan dalam pendidikan arsitektur saat ini.

Metode penelitian menggunakan metode deskriptif analisis, data diambil dari hasil survei yang disebarakan lewat *online*. Data-data yang terkumpul kemudian dianalisa sesuai dengan masing-masing katagori.

Simpulan teknologi digital adalah sebuah kebutuhan untuk arsitek di masa datang. Kemajuan ilmu pengetahuan teknologi digital harus diintegrasikan ke dalam kurikulum pendidikan arsitektur.

Kata Kunci: teknologi digital, arsitektur digital, kurikulum, merancang arsitektur

Abstract:

The phenomenon of the education curriculum in Indonesia continues to change and is always updated in every period. Likewise with changes to the curriculum in higher education architecture. The complexity and number of development projects that increase from year to year raises the issue of architects having to use BIM applications. This BIM requirement is still applied to consulting and contractor bureaus who want to work on government projects. The Industrial Revolution 4.0 has created new trends in the field of digital technology.

The purpose of this study is to find out how much of the introduction and use of digital technology in the learning process in architecture education and what applications have been used and taught in architectural education today

The research method uses descriptive analysis method, data is taken from survey results distributed online. The collected data is then analyzed according to each category

In conclusion, digital technology is a necessity for future architects. Advances in digital technology science must be integrated into the architectural education curriculum.

Keywords: digital technology, digital architecture, curriculum, designing architecture



1. Pendahuluan

Fenomena teknologi digital pada era Revolusi Industri 4.0 adalah sebuah keniscayaan. Era industri 4.0 banyak bermunculan tren-tren baru dalam dunia kerja. “Tren Pekerjaan di Era Digital” banyak memanfaatkan *Internet of Things (IoT)*, *Big Data*, dan *Artificial Intelligence (AI)* sebagai sumber informasi data dan media komunikasi [1]. Konsekuensi teknologi digital menuntut adanya otomatisasi di berbagai lini dunia kerja. Sistem otomasi pada teknologi digital menjadi sebuah keharusan yang tidak dapat dielakan lagi [2]. Otomatisasi membuat segala sesuatunya menjadi cepat, tepat, praktis, efektif, efisien, aman, dan nyaman, sehingga beban pekerjaan manusia menjadi ringan serta mudah.

Isu kemajuan teknologi telah memicu banyak perusahaan raksasa berlomba-lomba untuk menguasai teknologi digital [3]. Oleh sebab itu, perguruan tinggi hendaknya membuat *super link and match* antara lulusannya dengan dunia kerja [4], karena kemajuan dunia kerja selalu terkait dengan dunia pendidikan. Dengan demikian, program pendidikan dan tuntutan kebutuhan dunia kerja akan tercipta secara berkesinambungan.

Kementrian PUPR menetapkan teknologi digital BIM sebagai prasyarat dalam mendesain untuk luas bangunan lebih dari 2.000 m² dan di atas 2 (dua) lantai. Aplikasi *Building Information Modelling (BIM)* menjadi alat wajib (*mandatory tools*) yang harus digunakan di proyek-proyek kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) [5]. Ketetapan tersebut tertuang dalam Permen PUPR No. 22 Tahun 2018 tentang Pembangunan Gedung Negara.

Teknologi digital sudah masuk ke bidang arsitektur, semenjak digunakannya komputer pada pendidikan arsitektur [6]. Peralatan manual dan konvensional pada arsitektur yang semula memakai kertas, pensil, rapido, mesin gambar, dan sebagainya mulai digantikan dengan peralatan canggih serba digital. Komputer menjadi media baru dalam pendidikan arsitektur. Komputerisasi dan digitalisasi telah mengubah cara kerja seorang arsitek dan calon arsitek. Teknologi digital mampu menghasilkan beragam alternatif karya-karya arsitektur yang kreatif dan lebih inovatif dibandingkan dengan karya-karya arsitektur sebelum era digitalisasi [7].

Tren penggunaan teknologi digital di bidang arsitektur dimulai sejak tahun 1980-an. Mulai dari penggunaan CAD (*Computer Aided Design*) untuk mendesain serta mempresentasikan gambar 2D maupun 3D [8]. Perkembangan teknologi digital selanjutnya adalah DVD (*Digital Virtual Design*) yang merupakan bagian dari *Architectural CAD System*. Tren perkembangan berikutnya muncul AAD (*Algorithm Aided Design*) dan AAB (*Algorithm Aided Building Information Modelling*) yang mengkreasikan desain dengan algoritma berbasis pada parametrik.

Saat ini, proses merancang dalam dunia pendidikan sebagian besar masih menggunakan cara-cara manual dan konvensional, sedangkan teknologi digital sudah memungkinkan proses merancang dilakukan dengan menggunakan teknologi komputerisasi. Oleh karena itu, digitalisasi dalam pendidikan arsitektur menjadi tuntutan yang harus sesegera mungkin diimplementasikan dalam pendidikan arsitektur [9].

Berdasarkan hasil rapat kerja Asosiasi Pendidikan Tinggi Arsitektur Indonesia (APTARI) tahun 2018, terungkap bahwa baru 2 % Perguruan Tinggi Arsitektur Indonesia yang sudah mengadopsi Arsitektur Digital, dalam hal ini *Building Information Modelling (BIM)*, itu pun baru sebagai Mata Kuliah Pilihan [10]. Banyak Perguruan Tinggi Arsitektur di Indonesia yang belum memasukkan teknologi digital ke dalam kurikulum pendidikannya.

Pada umumnya teknologi digital digunakan dalam pendidikan arsitektur baru sebatas alat gambar saja (*extended hand*) [11]. Mata Kuliah Komputer hanya diberikan satu atau dua semester dalam keseluruhan kurikulum arsitektur, atau Arsitektur Digital hanya menjadi salah satu dari Mata Kuliah Pilihan, bahkan ada Perguruan Tinggi Arsitektur yang memberi kebebasan mahasiswanya untuk belajar di luar kurikulum yang tersedia. Penggunaan teknologi digital dalam kurikulum pendidikan arsitektur belum diterapkan secara optimal. Sedangkan, tuntutan kerja arsitektur di masa yang akan datang membutuhkan arsitek-arsitek yang handal dan kompeten dalam teknologi digital.

Teknologi digital tidak hanya digunakan untuk mendesain dan mengkonsep, teknologi digital sudah digunakan sampai tahap perluasan otak (*extended brain*) [12]. Kemunculan perangkat keras (*hardware*)

dan lunak (*software*) untuk arsitektur semakin banyak, *software-software* baru keluar dalam hitungan bulan. Ada berbagai pilihan-pilihan program dan aplikasi untuk menggambar dan mendesain, ada juga untuk perhitungan-perhitungan fisika bangunan, *software-software* untuk metode penelitian kualitatif maupun kuantitatif juga sudah banyak dikembangkan, bahkan *software* untuk perkotaan juga tersedia. Ada juga *software* yang sudah terintegrasi; seperti: BIM yang dapat menghubungkan berbagai macam aplikasi dan pengguna; antara arsitek dengan pihak-pihak *owner*, kontraktor, dan sub-kontraktor secara *on line and real time*. Mulai dari informasi tentang desain, RAB, kebutuhan material, struktur, utilitas, pemilihan bahan, analisa prediksi, perhitungan terhadap angin, cahaya, termal, beban, dan perawatan.

Teknologi digital akan terus berkembang, masih minimnya aplikasi-aplikasi *software* yang digunakan dalam pendidikan arsitektur, akan berdampak pada kompetisi alumni di dunia kerja. Revolusi Industri 4.0 menuntut perubahan dan pembaharuan pada bidang arsitektur. Teknologi digital sudah saatnya menjadi bagian yang tak terpisahkan dari pendidikan arsitektur. Oleh karena itu, pendidikan arsitektur sangat membutuhkan pengetahuan akan teknologi digital selama masa pendidikan dan setelah selesai menempuh pendidikan.

2. Tinjauan Pustaka

Menurut Riza Aulia Putra [13], teknologi digital sudah memasuki dunia praktis maupun akademis. Metoda tradisional dalam perancangan arsitektur mulai tergantikan dengan adanya teknologi digital. Awal mula teknologi digital masuk ke dalam perancangan arsitektur sebatas tampilan visualisasi desain. Perkembangan berikutnya teknologi digital dilibatkan dalam proses desain. Dengan demikian, proses perancangan menjadi semakin praktis, mampu menghasilkan berbagai alternatif dan inovasi. Bahkan, teknologi digital sudah dapat menganalisa serta mengevaluasi sebuah perancangan.

Computer Aided Design (CAD) adalah aplikasi *software* yang umum digunakan oleh mahasiswa arsitektur maupun praktisi. *Software-software* lain yang sering dipakai adalah *3ds Max*, *Sketchup*, *CorelDraw*, dan *Photoshop*. Sebagian besar *software-software* tersebut masih difungsikan sebatas alat saja.

Sifat komputasi komputer yang fleksibel, saling terhubung, kompleksitas dalam manajemen informatif, tampilan visualisasi yang realis, cerdas buatan, dan konektivitas [14], membuat komputer menjadi alat bantu pikir dalam memecahkan masalah-masalah dalam perancangan arsitektur. Arsitek mendapat kesempatan untuk bereksperimen, bereksplorasi dalam berbagai macam aspek; seperti: bentuk-bentuk geometri, struktur, material. *Software* seperti *Ecotec*, *Rhino*, *Grashopper*, *Revit*, *Dynamo*, dsb, mampu mensimulasi dan mengevaluasi kompleksitas sebuah perancangan. Dengan demikian, teknologi digital sudah menjadi tuntutan dan kebutuhan dalam dunia arsitektur.

Berdasarkan kajian penelitian Riva Tomasowa [15], pendidikan tinggi arsitektur perlu menyesuaikan diri terhadap perkembangan teknologi komputasi dan dapat berkembang bersama teori-teori maupun ilmu pengetahuan yang terkait dengan media digital. Kurikulum pendidikan arsitektur sudah saatnya memasukkan pendidikan *Digital Design Media* pada tingkat dasar; seperti: pengenalan, pemodelan, pengolahan citra, pemindaian, penggabungan dengan beberapa media, dan hasil luaran media.

Pemahaman dan ketrampilan dasar komputer menjadi awal dari pembelajaran IT [16]. Kemunculan media digital menambah rentang antara dunia akademisi dan praktisi semakin berjarak. Oleh karena itu, perlu ada pemikiran ulang tentang dasar-dasar teori maupun metodologi dalam perancangan arsitektur. Proses perancangan setahap demi setahap harus berpindah ke teknologi digital. Konsep arsitektur dan pedagogi perancangan haruslah responsif dan beradaptasi dengan sistem digitalisasi. Pengintegrasian teknologi digital dalam pembelajaran studio arsitektur dimulai dari standarisasi literasi terhadap ketrampilan dasar komputer. Tantangan dan perubahan tradisi dalam menerapkan kurikulum pendidikan arsitektur haruslah tepat guna. Komputerisasi telah membuka peluang kreativitas menjadi semakin luas yang mampu mengatasi persoalan keterbatasan pemodelan fisik.

Tantangan berikutnya adalah membuat metoda pengajaran yang memanfaatkan alat bantu digital. Harapan *learning outcomes* akan menghasilkan arsitek yang memiliki kompetensi dan kepercayaan diri terhadap bidang teknologi informasi, kemampuan

dalam olah rasa dan pemahaman ruang 3D, memiliki ketrampilan teknis pekerjaan, mampu dalam memahami bentuk dan fungsi, serta trampil menggunakan pemodelan komputer.

Menurut Muhammad Sani Roychansyah dalam penelitian "*Telaah Kritis Konsep dan Metoda Pembelajaran Arsitektur Digital*" [17]. Saat ini keterikatan antara manusia dengan komputerisasi dalam proses desain sudah tidak bisa dihindarkan lagi. Pengaruh komputerisasi pada proses desain; pertama: mengakomodasi kebiasaan dalam mendesain, kedua, beradaptasi dengan keterbatasan komputer, dan yang ketiga, berevolusi dengan menintegrasikan komputer ke dalam proses desain. *The Association for Computer Aided Design in Architecture* (ACADIA) menegaskan pentingnya teknologi digital dan proses desain.

Keunggulan dalam penggunaan teknologi digital adalah kebebasan dalam bentuk bangunan atau pun lingkungan binaan disertai dengan kalkulasi perhitungan yang cepat, tepat, dan akurat. Keluasan dan kedalaman silabi arsitektur digital bergantung pada komposisi teori, praktik, dan *software* yang digunakan. Konsekuensi dari pengembangan arsitektur digital yang perlu diperhatikan adalah: di semester berapa materi tersebut harus diberikan sebagai mata kuliah, apakah mata kuliah tersebut berdiri sendiri atau terintegrasi dalam studio. Pertimbangan terhadap kompetensi lulusan yang dihasilkan, apakah arsitektur digital sebagai suplemen seperti pada mata kuliah yang lainnya atau seperti apa? Substansi komposisi prosentase kompetensi yang ingin diberikan dalam teori dan praktik. Pemakaian *software* yang akan dipilih dan diajarkan, memperhitungkan jumlah aplikasi *software* yang perlu dikuasai dengan mempertimbangkan *software-software* yang ada di pasaran. Fasilitas laboratorium untuk praktik dan pelaksanaan perkuliahan.

Di dunia arsitektur setiap proses selalu terkait dan terkoneksi dengan teknologi komputer mulai dari tahap ide sampai dengan realisasi pelaksanaannya. Konsekuensi logis di era industri 4.0 adalah memasukkan konten arsitektur digital ke dalam kurikulum pendidikan arsitektur. Semua lembaga pendidikan tinggi arsitektur di dunia sudah mengadopsi arsitektur digital masuk ke dalam kurikulum pembelajarannya. Di JUTAP FT UGM mengakomodasi kebutuhan arsitektur digital pada

level pembelajaran, tingkat keharusan, susunan, serta semangat pendidikan sudahlah benar dan tepat. Sedangkan, pada level metoda pembelajaran perlu direvisi kembali.

3. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan lebih pada penelitian kasus (*case study research*) [18]. Sifat penelitian ini adalah eksplorasi karena ingin mengetahui jawaban dari masing-masing responden berhubungan dengan teknologi digital pada pendidikan arsitektur di era Industri 4.0 [19]. Metoda pengumpulan data dengan membuat kuisioner secara daring (*open-ended*). Selanjutnya, tautan formulir kuisioner tersebut disebarikan lewat laman media sosial secara terbuka dan bebas [20]. Ada pun tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui penggunaan teknologi digital dalam dunia pendidikan arsitektur. Umpan balik dari responden diharapkan mewakili situasi kondisi umum pengguna teknologi digital. Masing-masing responden mengisi formulir kuisioner digital yang sudah disiapkan.

Metoda analisa data dengan cara kuantitatif dan kualitatif. Tahapan analisa mulai dari *open coding*, *axial coding*, serta *selective coding* [21]. Tujuan tahap *open coding* untuk mengetahui poin-poin pengetahuan dan pengenalan teknologi digital yang dimiliki atau digunakan oleh responden. Tahap *axial coding* dengan cara mengelompokkan pengguna teknologi digital, perangkat keras maupun perangkat lunak yang umum dipakai dalam pendidikan arsitektur. Terakhir masuk ke tahap *selective coding* dengan cara menafsirkan dan menginterpretasikan perangkat-perangkat lunak yang dipergunakan dalam pendidikan arsitektur.

4. Pembahasan Hasil

Hasil Survei:

A. Karakteristik dari responden:

Berdasarkan survei dengan menggunakan *google form* yang disebarikan secara terbuka, jumlah total responden pengguna teknologi digital yang menanggapi kuisioner sebanyak 22 orang, dengan rincian: 17 responden berasal dari kalangan mahasiswa dengan prosentase sebanyak 77 %, 3 responden berasal dari kalangan praktisi arsitektur dengan prosentase sebanyak 14 %, 1 responden berstatus sebagai pegawai swasta sebesar 4 %, 1 responden adalah pekerja sebesar 5 %, dan pemilik biro konsultan arsitektur belum

ada yang merespon dari angket survei tersebut, sehingga prosentase yang tampil sebesar 0 % (lihat tabel 1).

Tabel 1. Tipe Responden

RESPONDEN	JUMLAH	%
Mahasiswa	17	77
Praktisi	3	14
Pekerja	1	5
Pegawai Swasta	1	4
Pemilik Biro	0	0

Sumber: Hasil survei kuisisioner peneliti 2021

Hasil survei banyak direspon oleh mahasiswa dibandingkan praktisi/pekerja/ pegawai swasta. Pengenalan akan teknologi digital sebaiknya dimulai sejak awal masa pendidikan arsitektur. Selama masa pendidikan membuka kesempatan kepada mahasiswa untuk belajar lebih dini berkenalan dan mendalami pengetahuan teknologi digital.

B. Perangkat Keras (*hardware*) yang digunakan:

Pada poin penggunaan perangkat keras (*hardware*) perihal yang ingin diteliti adalah jenis perangkat keras apa yang banyak atau umum dimiliki oleh para pengguna teknologi digital (lihat tabel 2).

Tabel 2. Alat yang digunakan

HARDWARE	JUMLAH	%
Laptop	20	91
Personal Computer	2	9

Sumber: Hasil survei kuisisioner peneliti 2021

Mayoritas perangkat keras (*hardware*) yang digunakan adalah laptop, sisa jawaban dari kuisisioner memakai *Personal Computer* (PC), dengan perbandingan antara 91 % dan 9 %. Mengingat jumlah respondennya adalah mahasiswa, maka dapat disimpulkan bahwa sebagian besar mahasiswa akrab menggunakan laptop sebagai sarana untuk mengenal serta menguasai teknologi digital. Laptop menjadi faktor pilihan bagi mahasiswa arsitektur dalam menyelesaikan pendidikan arsitekturnya. Spesifikasi dari laptop sangat bervariasi,

kemampuan dan kapasitas tiap-tiap merk juga berbeda-beda. Pilihan perangkat keras seperti laptop tentunya akan berdampak serta mempengaruhi kemampuan mahasiswa dalam menguasai teknologi digital. Semakin tinggi semester yang ditempuh oleh si mahasiswa, maka semakin banyak pula kebutuhan kapasitas memori untuk menyimpan data yang ada. Begitu pula dengan semakin banyak aplikasi yang harus ditambahkan untuk meningkatkan kualitas desainnya. Sedangkan, untuk para pekerja lebih memilih menggunakan *Personal Computer*, karena kapasitas dan kemampuan PC lebih unggul dibandingkan dengan laptop serta dapat di upgrade dengan mudah berbeda dengan laptop yang sudah paten.

C. Perangkat Lunak (*software*)/program aplikasi yang digunakan untuk Mendesain:

Pada poin perangkat lunak (*software*) peneliti ingin menggali sampai seberapa jauh aplikasi-aplikasi *software* apa saja yang sering digunakan dalam mendesain arsitektur secara digital (lihat tabel 3).

Tabel 3. Aplikasi untuk Desain

Nama App	JUMLAH	%
AutoCAD	9	41
Sketchup	11	50
Revit	1	4
Rhinoceros/Grasshopper	1	5
Lain-lain	0	0

Sumber: Hasil survei kuisisioner peneliti 2021

Hasil survei mengindikasikan bahwa program aplikasi *Sketchup* lebih banyak digunakan dengan jumlah pengguna sebesar 11 orang dengan prosentase 50 %. *Software* lain yang populer di kalangan responden masih menggunakan *AutoCAD*, terdapat 9 orang memakai program *AutoCAD* dengan prosentase sebanyak 41 %. Sisanya ada responden yang menggunakan *Revit* dan *Rhinoceros/Grasshopper* masing-masing 1 orang dengan prosentase sebanyak 4 % dan 5 %. Berdasarkan hasil survei kuisisioner mayoritas mahasiswa menggunakan aplikasi gratis dan aplikasi untuk edukasi. Penggunaan *software Revit* masih jarang digunakan oleh mahasiswa untuk

mendesain. Mengingat kapasitas dan spesifikasi yang digunakan oleh program *Revit* membutuhkan RAM yang besar dan hasil desain lebih unggul, meskipun sudah ada yang diperuntukkan untuk dunia pendidikan serta dapat diakses secara gratis. Program-program *software Revit*, *Rhinoceros*, dan *Grasshopper* belum akrab di kalangan mahasiswa. Mahasiswa cenderung lebih senang menggunakan teknologi digital yang sederhana dan praktis. Wawasan tentang berbagai macam *software* yang dapat digunakan dalam mendesain masih sangat terbatas. Oleh karena itu, mahasiswa perlu diperkenalkan dengan berbagai macam perangkat lunak untuk mendesain, mengingat desain adalah inti dari pendidikan arsitektur.

D. Perangkat Lunak (*software*)/program aplikasi yang digunakan untuk Rendering:

Software rendering menjadi poin pengamatan dari penelitian ini. Rendering sangat erat berhubungan dengan tampilan sebuah desain. Presentasi menjadi salah satu faktor penentu dalam keberhasilan sebuah desain. Rendering yang semakin mendekati material aslinya, akan semakin menonjolkan desain yang dirancang (lihat tabel 4).

Tabel 4. Aplikasi untuk Rendering

Nama App	JUMLAH	%
3DMax	1	4
Autodesk Revit	1	5
Lumion 3D	10	45
Vray	7	32
Lain-lain (Enscape)	3	14

Sumber: Hasil survei kuisisioner peneliti 2021

Hasil survei yang direspon menyatakan bahwa aplikasi rendering yang digunakan oleh mayoritas responding memakai *software* Lumion 3D dengan jumlah pemilih sebanyak 10 orang persentasenya sebesar 45 %. Lumion 3D banyak diminati karena kualitas rendering yang dihasilkan sangat bagus dan kompatibel dengan program-program lain seperti *google SketchUp*, *AutoCAD*, *Revit*, *Rhinoceros*, *3DMax*, dan lain-lain [22]. Aplikasi rendering Lumion 3D berdiri sendiri, tidak seperti *Sketchup*, *3DMax*, maupun *AutoCAD*. Efek

asesoris pada Lumion 3D seperti tanaman, hewan, manusia, *plug in outdoor* maupun *indoor* tersedia lengkap. Lumion 3D banyak dipilih karena bisa menghemat waktu, kualitas tampilan untuk presentasi dapat diandalkan, tugas-tugas yang kepepet waktu pengumpulan menjadi alternatif pilihan mahasiswa memakai Lumion 3D. Selain itu Lumion 3D dapat diunduh secara gratis untuk dunia pendidikan arsitektur. Selanjutnya *software* rendering yang umum digunakan adalah *Vray* sebanyak 7 orang dengan prosentase sebesar 32 %. *Vray* banyak digunakan di biro-biro arsitek profesional, karena hasil dari rendering *Vray* lebih detail dan membutuhkan kapasitas memori yang besar. Aplikasi *Enscape* menjadi pilihan berikutnya 3 orang responden memilih menggunakan aplikasi tersebut dengan prosentase 14 %. Sedangkan yang menggunakan *3DMax* dan *Autodesk Revit* masing-masing 1 orang responden.

E. Perangkat Lunak (*software*)/program aplikasi yang digunakan untuk Kalkulasi (Fisika Bangunan):

Pemanfaatan teknologi digital pada pendidikan arsitektur tidak hanya diperuntukkan dalam mendesain. Kemampuan teknologi digital dalam komputasi sudah tidak diragukan lagi. Berbagai macam *software* yang saat ini sangat membantu dalam membuat perhitungan-perhitungan rumit. Pengenalan dan penguasaan teknologi digital dalam menyelesaikan problem-problem fisika bangunan menjadi sangat mudah praktis (lihat tabel 5).

Tabel 5. Aplikasi untuk Kalkulasi

Nama App	JUMLAH	%
Therm & Window	9	41
WUFI	5	23
HT Flux	1	5
WINSLT	1	4
Lain-lain (belum pernah)	5	23
Lain-lain (Dialux Evo)	1	4

Sumber: Hasil survei kuisisioner peneliti 2021

Jajak pendapat pengguna perangkat lunak yang dipakai untuk kebutuhan kalkulasi menunjukkan

ada 9 orang menggunakan aplikasi *software Term & Window* sebanyak 41 %. Aplikasi *WUFI* sebanyak 5 orang dengan prosentase 23 %, kemudian aplikasi *WINSLT*, *Dialux evo*, dan *HT Flux* masing-masing 1 orang pengguna dengan prosentase 4-5 %, sisanya 5 orang responden tidak pernah, belum tahu, tidak menggunakan aplikasi-aplikasi tersebut. Aplikasi-aplikasi *Term & Window* serta *WUFI* tersebut lebih banyak dikenal dan pakai di kalangan praktisi dibandingkan mahasiswa. Pengenalan *software* untuk mengkalkulasi faktor-faktor pada fisika bangunan dengan tepat akan sangat dibutuhkan dalam dunia pendidikan arsitektur di era Industri 4.0 ini. Penguasaan *software* sains sejak dini dalam pendidikan arsitektur akan sangat membantu mahasiswa untuk memahami dan mengatasi persoalan klimatologi dengan baik. Perhitungan-perhitungan menjadi semakin mudah, akurat, dan cepat.

F. Perangkat Lunak (software)/program aplikasi yang digunakan untuk Urban (perkotaan dan permukiman):

Komputasi *software* teknologi digital sudah berkembang sampai lingkup sebuah kawasan. Tentunya memudahkan seorang mahasiswa yang mendalami masalah-masalah urban. Aneka perangkat lunak dapat digunakan untuk menguraikan masalah kota dan permukiman (lihat tabel 6).

Tabel 6. Aplikasi untuk URBAN

Nama App	JUMLAH	%
CityEngine	6	27
ArcGIS Urban	1	4
CityCAD	9	41
UrbanFootprint	2	9
Lain-lain (belum pernah)	3	14
Lain-lain (AutoCAD)	1	5

Sumber: Hasil survei kuisisioner peneliti 2021

Hasil survei penggunaan *software* Urban didapatkan hasil 9 orang memakai *CityCAD* dengan prosentase 41 %. 6 orang memakai *software CityEngine* dengan prosentase 27 %, terdapat 2 orang yang memanfaatkan aplikasi *UrbanFoot print* dengan prosentase 9 %, sedangkan *ArGIS Urban* dan *Autocad* masing-

masing 1 orang, selebihnya 4 % belum pernah memakai aplikasi-aplikasi tersebut. Analisa untuk program *software* skala kota banyak digunakan oleh biro konsultan, mengingat program-program tersebut belum banyak diajarkan di pendidikan tinggi arsitektur, khususnya pada jenjang strata sarjana S1. Pengenalan serta penguasaan teknologi digital untuk mengatasi masalah urban juga perlu diberikan kepada mahasiswa sejak masa pendidikannya. Kekomplekan persoalan kota di masa yang akan datang semakin membutuhkan kalkulasi komputasi yang tepat. Imajinasi kota masa datang yang *smart*, *sustainable*, dan ramah perlu dibina sejak masa pendidikan, melalui aplikasi-aplikasi proses penataan dan perhitungan menjadi lebih mudah serta sederhana.

G. Perangkat Lunak (software)/program aplikasi yang digunakan untuk Riset/Penelitian:

Optimalisasi teknologi digital sudah masuk ke semua lini dalam arsitektur, baik di dunia kerja sampai dengan dunia pendidikan. Para mahasiswa dan dosen peneliti dituntut mampu menggunakan kemajuan teknologi digital dalam riset-riset penelitiannya (lihat tabel 7).

Tabel 7. Aplikasi untuk Riset

Nama App	JUMLAH	%
SPSS	8	36
MATLAB	5	23
Nvivo	1	5
Dovetail	4	18
Lain-lain (belum pernah)	4	18

Sumber: Hasil survei kuisisioner peneliti 2021

Dalam riset responden yang memakai program aplikasi untuk penelitian terdiri dari 8 orang familiar menggunakan aplikasi SPSS dengan prosentase 36 %. 5 orang responden memakai program MATLAB prosentase mencapai 23 %, sedangkan untuk Nvivo baru 1 orang responden yang menggunakan aplikasi tersebut yaitu 5 %. Pengguna Dovetail sebesar 4 orang dengan prosentase 18 % dan yang belum pernah atau tidak menggunakan *software-software* untuk riset sebanyak 4 orang dengan prosentase 18 %. Data

tersebut menunjukkan bahwa biro-biro sudah memanfaatkan program komputerisasi.

H. Usul dan saran penggunaan komputasi dan digitalisasi pada arsitektur:

Hasil kesimpulan yang dapat dirangkum dalam penelitian teknologi digital pada pendidikan arsitektur di era Industri 4.0. Antisipasi apa saja yang harus disiapkan untuk mahasiswa menghadapi perubahan zaman dan digitalisasi yang sudah menyusup ke segala bidang kehidupan manusia (dapat dilihat di tabel 8).

Tabel 8. Usul dan Saran

Pertanyaan	Jawaban	Kata Kunci
Identitas Responden	• Mahasiswa • Praktisi • Biro Konsultan	• Akademisi • Praktisi
Perangkat Keras	• Banyak gunakan komputer • Kapasitas laptop • Harus RAM besar	• Manfaatkan komputer • RAM
Perangkat Lunak	• Menggunakan BIM • Aplikasi sesuai kebutuhan • Melengkapi aplikasi untuk desain • <i>Soft skill software</i> perlu ditingkatkan	• BIM • Proposional • Kelengkapan • <i>Upgrade</i> • <i>Update</i>
Usul/Saran	• Sudah cukup baik • Sudah Baik • Mengajarkan materi • Lebih ditingkatkan • Diperbanyak pembelajaran <i>software</i> • Baru diajarkan <i>software</i> tertentu ada bimbingan <i>software</i> lainnya • Perlu diajarkan sejak awal • Melek teknologi • Ikuti perkembangan • Banyak praktik	• Cukup baik • Baik • Diajarkan • Ditingkatkan • Dibimbing • <i>Update</i> • Latihan/praktik • Pemahaman

- Belum paham/kurang paham

Sumber: Hasil survei kuisioner peneliti 2021

Berdasarkan pertanyaan-pertanyaan yang diajukan dapat disimpulkan bahwa dunia pendidikan arsitektur tidak lepas dari dunia praktiknya, kebutuhan akan teknologi digital adalah keniscayaan yang harus segera ditindak-lanjuti. Kebutuhan akan komputer baik sebelum maupun sesudah praktik di lapangan menjadi bagian dari proses pendidikan arsitektur dan tuntutan perubahan zaman yang serba digital. Konsekuensi dari kebutuhan digitalisasi sangat bergantung pada kemampuan kapasitas RAM yang tersedia dari alat/komputer, oleh karena itu kebutuhan akan laboratorium komputer menjadi mutlak dibutuhkan dalam pendidikan arsitektur.

Pengenalan dan kelengkapan akan *software-software* baru harus selalu di-*update* dan di-*upgrade* secara berkala. Dengan demikian, baik dosen maupun mahasiswa harus siap belajar terus menerus agar dapat menghadapi dan menanggapi perubahan-perubahan zaman. Begitu pula dengan melengkapi aplikasi-aplikasi program *software* yang terbaru. Usul dan saran yang disampaikan kata kunci yang banyak muncul adalah bimbingan, pelatihan, pembelajaran, pengajaran, dan lain sebagainya berkaitan dengan pengadaan, praktik, perkuliahan program-program komputerisasi, sehingga mereka siap memasuki era Industri 4.0.

5. Kesimpulan

Berdasarkan karakteristik responden pengenalan dan penguasaan teknologi digital seharusnya dimulai sedini mungkin, dimulai dari masa pendidikan arsitektur. Pilihan ini lebih dikarenakan mahasiswa memiliki modal potensial dalam mempelajari teknologi digital, khususnya mahasiswa-mahasiswa era milenial. Kemampuan, rasa ingin tahu, dan daya ingat mahasiswa masih segar dan lebih mudah menyerap pengetahuan-pengetahuan baru, dalam hal ini teknologi digital. Oleh karena itu, perkuliahan merupakan momentum yang tepat untuk menerapkan penguasaan teknologi digital, khususnya dalam pendidikan arsitektur.

Berdasarkan poin perangkat keras yang umum digunakan mahasiswa adalah laptop. Di beberapa waktu lagi spesifikasi, kemampuan, kapasitas, dan

kecepatan laptop akan semakin hebat. Kemajuan teknologi yang terus berkembang membuat laptop semakin sederhana, praktis, cepat, dan canggih. Daya tampung dan ruang penyimpanan laptop bertambah besar. Kendala-kendala teknis akan terselesaikan dengan sendirinya. Transfer teknologi digital ke dalam pendidikan arsitektur menjadi murah, mudah, dan praktis.

Demikian pula dengan program-program *software* di masa akan datang akan semakin mudah, murah, praktis (*user friendly*), gratis serta semakin baik kualitasnya. Berbagai program-program aplikasi *software* akan semakin terintegrasi dan kompatibel dengan beraneka macam perangkat digital. Penguasaan macam-macam program perangkat lunak menjadi keharusan yang mesti diterapkan sejak dini, khususnya dalam masa pendidikan arsitektur di era Industri 4.0.

Era Revolusi Industri 4.0 membawa dampak perubahan-perubahan di semua bidang kehidupan. Revolusi Industri 4.0 telah mempengaruhi dunia pendidikan dan profesi arsitektur. Perubahan dan pembaharuan harus segera dilakukan serta diupayakan dalam pendidikan tinggi. Teknologi digital telah merubah tatanan peradaban manusia, di mana *big data* menjadi sumber informasi yang tersedia dengan melimpah, *Internet Of Things* (IoT) akan menjadi infrastruktur jaringan global yang menghubungkan seluruh jaringan internet di dunia, dan *Artificial Intelligence* (AI) akan menjadi alat bantu yang akan menggantikan pekerjaan kasar manusia secara mandiri. Pemanfaatan teknologi digital selama masa pendidikan membuat proses kreatifitas dapat diselesaikan dengan cepat, mudah, praktis, dan produktif.

Teknologi digital adalah suatu kebutuhan dan kompetensi yang harus dimiliki oleh arsitek-arsitek di masa yang akan datang. Perubahan pendidikan arsitektur harus memperhatikan kemajuan teknologi digital yang sedang berkembang, pendidikan arsitektur Indonesia harus membekali mahasiswanya memasuki era digitalisasi. Oleh karena itu, kurikulum pendidikan arsitektur harus diintegrasikan ke dalam teknologi digital.

Pustaka

- [1] "Perkembangan Teknologi Era Industri 4.0 Picu Tren Baru dalam Dunia Kerja," 2021.

- <https://biz.kompas.com/read/2021/07/22/101623728/perkembangan-teknologi-era-industri-40-picu-tren-baru-dalam-dunia-kerja> (accessed Jul. 25, 2021).
- [2] M. G. Gunagama and N. F. Lathifa, "Automatictecture : Otomatisasi Penuh Dalam Arsitektur Masa Depan," *NALARs*, vol. 16, no. 1, p. 43, 2017, doi: 10.24853/nalars.16.1.43-60.
- [3] D. S. Mintorogo, "ARSITEKTUR DVD (Digital Virtual Design)," *Arsit. DVD (Digital Virtual Des.*, vol. 28, no. 1, 2000, doi: 10.9744/dimensi.28.1.
- [4] D. Andriani, "Ingat! Pendidikan Vokasi Harus Ikuti Perkembangan Era Industri 4.0," *Bisnis.com*, 2021. <https://teknologi.bisnis.com/read/20210628/84/1410724/ingat-pendidikan-vokasi-harus-ikuti-perkembangan-era-industri-40> (accessed Jul. 25, 2021).
- [5] S. Bahfein, "BIM Bakal Jadi Alat Wajib Pembangunan Infrastruktur," *Kompas .com*, 2021. <https://www.kompas.com/properti/read/2021/03/29/180000221/bim-bakal-jadi-alat-wajib-pembangunan-infrastruktur-> (accessed Jul. 25, 2021).
- [6] I. E. Sutherland, "Sketchpad a man-machine graphical communication system," 1963, doi: 10.1145/1461551.1461591.
- [7] P. Satwiko, "PERCIKAN PEITIKIRAN PARA 'BEGAWAN' ARSITEK INDONESIA MENGHADAPI TANTANGAN GLOBALISASL MANGAYUBAGYAPURNATUGAS Prof. Ir. EKO BUDI HARDJO, M.Sc.," in *ARSITEK DIGIT AL, ARSITEKTUR DIGITAL DAN MASA DEPAN ARSITEKTUR GLOBAL*, 2009, p. 15.
- [8] H. Humpi, "ALGORITHM-AIDED BUILDING INFORMATION MODELING Connecting algorithm-aided design and object-oriented design," *MSc Thesis*, 2015.
- [9] M. S. Roychansyah, "Seminar Nasional Pendidikan Arsitektur Kurikuium Pendidikan Arsitektur Menuju Masa Depan," in *TELAAH KRITIS KONSEP DAN METODE PEMBELAJARAN ARSITEKTUR DIGIT AL*, 2009, doi: 978 - 602 -95156 - 0 --2.
- [10] J. Adiyanto, "Kajian Etis Normatif dalam Pendidikan Arsitektur di Era Normative Ethical Study in Architectural Education in the Industrial 4 . 0 ERA," *J. Arsit. dan Perenc.*,

- vol. 17, no. 2, pp. 261–270, 2019.
- [11] P. Satwiko, *Arsitektur Digital*, Kelima. Yogyakarta: Universitas Atma Jaya Yogyakarta, 2014.
- [12] P. Satwiko, *Arsitek Digital, Arsitektur Digital, dan Masa Depan Arsitektur Global*, Pertama. Bandung: P.T Alumni, 2009.
- [13] R. A. Putra, “Peran Teknologi Digital dalam Perkembangan Dunia Perancangan Arsitektur,” *Elkawanie*, vol. 4, no. 1, pp. 67–78, 2018, doi: 10.22373/ekw.v4i1.2959.
- [14] Y. E. Kalay, *Architecture’s New Media: Principles, Theories, and Methods of Computer Aided Design*, Kedua. Amerika Serikat: The MIT Press, 2004.
- [15] R. Tomasowa, “Pembelajaran Komputasi dalam Arsitektur Tingkat Awal,” *ComTech Comput. Math. Eng. Appl.*, 2011, doi: 10.21512/comtech.v2i2.2928.
- [16] E. Mark, B. Marten, and R. Oxman, “Preliminary Stages of CAAD Education,” *Autom. Constr.*, vol. 12, no. 6, pp. 661–670, 2003, doi: [https://doi.org/10.1016/S0926-5805\(03\)00045-1](https://doi.org/10.1016/S0926-5805(03)00045-1).
- [17] M. S. Roychansyah, “TELAH KRITIS KONSEP DAN METODE PEMBELAJARAN ARSITEKTUR DIGITAL,” 2009.
- [18] L. M. F. Purwanto, *Metodologi riset Arsitektur*, Keenam. Semarang, 2010.
- [19] L. N. GROAT and D. WANG, *ARCHITECTURAL RESEARCH METHODS*, Second edi. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2013.
- [20] A. M. Smith, “Research Methodology: A Step-by-step Guide for Beginners,” *Nurse Educ. Pract.*, 2012, doi: 10.1016/j.nepr.2011.11.008.
- [21] J. W. Creswell and C. N. Poth, *Qualitative Inquiry & Research Design: Choosing Among Five Approaches 4th edition*. 2017.
- [22] “Lumion,” 2021. <https://lumion.com/>, diakses tanggal 12 Agustus 2021, pukul 11.50 WIB.