

PERKEMBANGAN ARSITEKTUR DIGITAL DAN *DYNAMIC LIVING*

Basuki*¹, L.M.F. Purwanto²

¹ Mahasiswa Program Studi Doktor Arsitektur Konsentrasi Arsitektur Digital Unika Soegijapranata, email: bas1arst@gmail.com

² Program Studi Doktor Arsitektur Konsentrasi Arsitektur Digital Unika Soegijapranata, email: lmf_purwanto@unika.ac.id

***Corresponding author**

To cite this article: Basuki. (2022). PERKEMBANGAN ARSITEKTUR DIGITAL DAN DYNAMIC LIVING, Jurnal Ilmiah Arsitektur, 12(1), 12-20

Author information

Basuki, adalah Staff Pengajar Program Studi Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Wijaya Kusuma Purwokerto . Saat ini sedang belajar di Program Studi Doktor Arsitektur Konsentrasi Arsitektur Digital Unika Soegijapranata .Fokus riset bidang arsitektur digital. SINTA ID : 6163289

Purwanto, LMF, fokus riset bidang arsitektur heat transfer, ORCID : 0000-0002-7081-489X, Scopus ID : 57204532925, Sinta ID : 6005052

Homepage Information

Journal homepage : <https://ojs.unsiq.ac.id/index.php/jiars>
Volume homepage : <https://ojs.unsiq.ac.id/index.php/jiars/issue/view/221>
Article homepage : <https://ojs.unsiq.ac.id/index.php/jiars/article/view/2214>

PERKEMBANGAN ARSITEKTUR DIGITAL DAN DYNAMIC LIVING

Basuki*¹, L.M.F. Purwanto²

¹ Mahasiswa Program Studi Doktor Arsitektur Konsentrasi Arsitektur Digital Unika Soegijapranata, email: bas1arst@gmail.com

² Program Studi Doktor Arsitektur Konsentrasi Arsitektur Digital Unika Soegijapranata, email: lmf_purwanto@unika.ac.id

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel :

Diterima : 25 November 2021

Direvisi : 13 Januari 2022

Disetujui : 27 Januari 2022

Diterbitkan : 30 Juni 2022

Kata Kunci :

eradigital, arsitektur, kehidupan yang dinamis.

ABSTRAK

Artikel ini bertujuan untuk membahas perkembangan teknologi digital dan hubungannya dengan cara-cara bersitektur di tengah kehidupan yang dinamis. Studi dilakukan melalui pendekatan kualitatif melalui studi literatur berdasarkan sumber data sekunder dari buku, laporan, artikel yang diakses secara online melalui media internet. Bagian pertama artikel ini membahas perkembangan digital arsitektur. Bagian berikutnya membahas perkembangan digital arsitektur dan hubungannya dengan kehidupan yang dinamis. Artikel ini mengungkapkan bahwa perkembangan teknologi digital merubah cara kerja, cara hidup yang tidak terbatas ruang dan waktu. Teknologi digital memfasilitasi kehidupan yang dinamis, yaitu cara-cara kerja, belajar, hidup dimana saja dan kapan saja. Hasil tersebut memerlukan definisi ulang konsep arsitektur seperti: tempat hunian, kantor, ruang belanja, tempat berlibur, ruang publik.

ARTICLE INFO

Article History :

Received : November 25, 2021

Revised : January 13, 2021

Accepted : January 27, 2021

Publsihed: June 30, 2022

Keywords:

digital age, architecture, dynamic living

ABSTRACT

Abstract

This article aims to discuss the development of digital technology and its relationship to architectural ways under dynamic living. The study was conducted through a qualitative approach through literature study based on secondary data sources from books, reports, articles accessed online through the internet. The first part of this article discusses the development of digital architecture. The next section discusses the development of digital architecture and its relationship to dynamic living. This article reveals that the development of digital technology has changed the way of working, a way of life that is not limited by space and time. Digital technology facilitates a dynamic life, namely ways of working, learning, living anywhere and anytime. These results require a redefinition of architectural concepts such as: residences, offices, shopping spaces, vacation spots, public spaces.

Keywords: architecture digital, dynamic living

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dalam skala besar sering merubah cara-cara kerja dan cara-cara hidup manusia di berbagai sektor kehidupan. Revolusi awal industrialisasi melalui penemuan mesin uap di Inggris pada abad ke-18 mendorong transisi dari masyarakat pertanian menuju masyarakat industri. Revolusi tahap kedua dan ketiga dimulai pada abad ke-19 menyebabkan era industrialisasi yang cepat menggunakan bahan bakar fosil dan listrik untuk produksi massal (Indrawan dan Satwiko, 2021). Pergerakan orang semakin cepat dibelahan dunia melalui teknologi berbahan bakar fosil. Pada revolusi industri keempat pada awal abad ke-20 mempengaruhi mobilitas manusia yang di gerakkan oleh teknologi informasi. Revolusi Industri 4.0 ditandai revolusi digital yang telah terjadi sejak pertengahan abad lalu merevolusi cara kerja, cara hidup manusia di berbagai sektor kehidupan.

Pada bidang arsitektur, perkembangan teknologi digital mempengaruhi bagaimana arsitektur direncanakan dan dirancang atau dikenal dengan arsitektur digital (Purwanto, 2021). Arsitektur digital tidak hanya terkait dengan alat menggambar dan presentasi, alat perencanaan produksi (Indrawan & Satwiko, 2021), komunikasi dengan klien (Wastunimpuna & Purwanto, 2021), namun keterlibatan teknologi informasi dan komunikasi dalam proses perencanaan dan perancangan arsitektur secara luas (Liu, 2001). Secara filosofis, arsitektur digital tidak hanya terkait perubahan alat baru, namun juga dapat mempengaruhi memunculkan teori baru, zaman baru bahkan revolusi baru (Liu, 2001; Purwanto, 2021).

Revolusi digital mempengaruhi proses perencanaan dan perancangan arsitektur dari mulai pengembangan konsep, pengembangan desain, realisasi perencanaan dan pengawasan. Ditinjau dari pengembangan konsep, perkembangan *internet of thing* (IoT) mempengaruhi perubahan konsep: ruang kerja, kantor, tempat tinggal, belanja, hotel, sekolah dan ruang publik lainnya (Ray, 2018). Perkembangan teknologi digital membuat bekerja, belajar, berbelanja dapat dilakukan kapan saja dimana saja bahkan sambil berlibur atau sebaliknya. Berbagai konsep bermunculan seperti: *smart building*, *smart city* (Young & Lieberknecht, 2019), *smart tourism* (Akdu, 2020), *smart environment*, *working from home*, *coworking space* (Ray, 2018). *Coworking space* misalnya memfasilitasi karyawan untuk dapat bekerja dengan karyawan lain pada organisasi yang berbeda di satu tempat.

Teknologi digital memfasilitasi sumberdaya untuk dapat dikodifikasi, diklasifikasi, dikonfigurasi, dan dikomunikasikan (Ray, 2018). Ruang-ruang dapat dengan mudah dimodifikasi dengan fasilitas *insert*, *combine*, *upgrade* dan *install* (Ray, 2018). Ruang-ruang tempat tinggal dapat dirubah dengan cepat menjadi ruang kerja dengan menekan satu tombol atau melalui fasilitas *plug and play* (Pisarcic et al., 2017; Newton et al., 2018). Pengalaman ruang maya dan konektivitas tempat,

ruang, waktu pada akhirnya dapat memengaruhi konsep spasial di dunia fisik (Liu, 2001). Perkembangan teknologi digital seperti kecerdasan buatan akan banyak banyak merevolusi cara kerja dan cara hidup di masa-masa akan datang. Hasil tersebut memerlukan definisi ulang konsep arsitektur seperti: tempat hunian, tempat kerja, tempat belanja tempat berlibur, dan banyak ruang publik.

Artikel ini membahas arsitektur digital terutama terkait pengembangan konsep perancangan ruang di tengah kehidupan yang semakin dinamis (*dynamic living*). Artikel ini terdiri dari empat pokok bahasan. Pokok bahasan pertama merupakan pendahuluan. Pokok bahasan kedua merupakan metode studi. Pokok bahasan ketiga membahas perkembangan digital arsitektur dan hubungannya dengan kehidupan yang dinamis. Bagian keempat merupakan kesimpulan.

METODE

Penelitian dilakukan melalui pendekatan kualitatif. Pendekatan kualitatif digunakan untuk mengeksplorasi konsep dan sejarah perkembangan digital arsitektur serta hubungannya dengan konsep kehidupan yang dinamis (*dynamic living*). Kehidupan yang dinamis yaitu kehidupan yang tidak terbatas ruang dan waktu. Penelitian ini menggunakan sumberdata sekunder dari: buku, laporan, artikel baik yang diperoleh secara *offline* maupun *online* melalui media internet. Dokumen-dokumen terkait yaitu terkait dengan pernyataan, pemberitaan, hasil dari penelitian yang tertuang dalam jurnal serta dianalisa berdasarkan beberapa teori dan literatur yang relevan. *Redefining* yaitu strategi untuk mendefinisikan ulang konsep digital arsitektur terutama dalam hubungannya dengan konsep kehidupan yang dinamis (*dynamic living*). Analisis dan pembahasan dilakukan melalui pendekatan teoritis konsep digital arsitektur dan *dynamic living*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Perkembangan Arsitektur Digital

Dalam kamus KBBI kata digital dimaknai sebagai sesuatu yang berhubungan dengan angka-angka untuk perhitungan tertentu: berhubungan dengan penomoran. Sedang menurut *Cambridge Dictionary* diartikan sebagai; *recording or storing information as a series of the numbers 1 and 0, to show that a signal is present or absent: (digital data)*

Digital adalah perekaman atau penyimpanan informasi sebagai urutan bilangan 1 dan 0, untuk menunjukkan sinyal itu hidup atau mati. Jadi sederhananya digital sebagai proses pengubah data menjadi symbol angka 1 dan 0 untuk sebuah set data yang diekspresikan melalui saklar algoritma antara ada arus dan tidak ada arus.

Arsitektur dalam kamus KBBI mengandung makna seni dan ilmu merancang serta membuat konstruksi bangunan, jembatan, dan sebagainya; metoda dan gaya rancangan suatu konstruksi

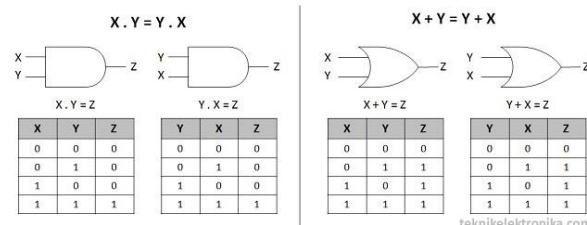
bangunan. Dalam *Cambridge Dictionary; Architecture* diartikan *the art and practice of designing and making building*.

Jadi secara harafiah sebutan Asitektur Digital diartikan sebagai seni dan ilmu merancang bangunan yang memanfaatkan teknologi informasi dimana seluruh perekaman, penyimpanan dan proses data, dilakukan dengan merubah set data menjadi bilangan biner, angka 0 dan 1 dalam komputer.

Arsitektur digital tidak hanya terkait perubahan alat baru, namun juga dapat mempengaruhi memunculkan teori baru, zaman baru bahkan revolusi baru. Arsitektur digital merubah metode desain, pola pikir, dan teori spasial, sehingga arsitektur digital akan lebih dari sekedar teori. Arsitektur digital dapat membentuk zaman baru jika dianggap memiliki dampak tidak hanya pada arsitektur, tetapi juga pada sistem nilai dan estetika baru. Arsitektur digital dapat didefinisikan sebagai sebuah revolusi jika mengubah sejarah dan gaya hidup manusia. Apabila arsitektur digital dapat bertahan beberapa tahun, dianggap sebagai alat baru; jika lebih dari 10 tahun, dianggap sebagai teori baru; jika lebih dari 30 tahun, dianggap sebagai zaman baru; jika lebih dari seratus tahun, dapat didefinisikan sebagai revolusi (Liu, 2001).

Pada awalnya Teknik digital mengadopsi metoda komunikasi morse dan telegram, dimana data ditulis sebagai simbol/kode titik dan garis atau hidup dan matinya saklar morse pada pengirim. Adalah Charles Babbage orang yang dianggap paling berjasa melahirkan cikal bakal teknologi computer meskipun alat yang ia ciptakan masih jauh dari bayangan computer dewasa ini. Pada tahun 1822 ia menciptakan mesin mekanik yang mampu menjalankan operasional aritmatik yang akan menjadi dasar computer dewasa ini.

Peralatan pertama yang dianggap sebagai cikal bakal computer yang mampu melakukan operasi boolean diciptakan oleh Adler di meja dapurnya. Mesin pertama kalkulator kompleks yang bekerja menggunakan prinsip operasi boolean, dibuat dari relay mesin telephone oleh Addler tahun 1939.



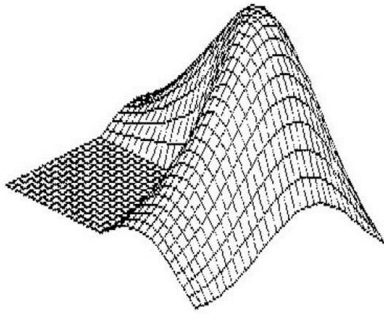
Gambar 1: Kalkulator pertama Adler dan algoritma boolean

Sumber: <https://www.computerhistory.org>

Seiring perkembangan kemajuan perangkat keras, perangkat computer menjadi makin kecil dan makin terjangkau. Perangkat menjadi semakin ringan hingga mudah dibawa kemanapun bekerja serta makin hemat daya. Dalam sekali pengisian baterai pengguna bisa mengoperasikan computer sehari tanpa perlu mengisi daya ulang. Kemajuan perancangan perangkat keras telah membuat teknologi ini tersebar dengan luas diseluruh dunia, terlebih dengan perkembangan jaringan internet yang massif.

Perangkat lunak computer berkaitan dengan disiplin ilmu Arsitektur baru merebak Ketika prosesor intel mengeluarkan generasi phentium yang mempunyai kinerja dan kapasitas pengolahan besar, pada generasi sebelumnya computer lebih banyak sebagai pengolah data angka dan teks. Pengolah grafis muncul seiring meningkatnya kapasitas prosesor dalam pnegolahan data dan perangkat memori yang makin besar serta perkembangan pengolah grafis yang makin sempurna.

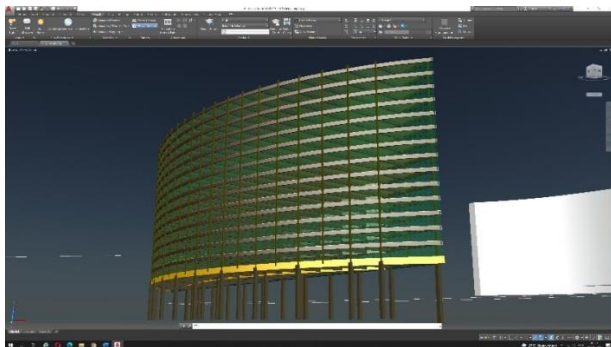
Pernggambaran bentuk dalam program arsitektur tidak bisa dilakukan jika parameter matematik dari bentuk belum terprogram di computer. *Matrix laboratory* (Matlab) sebuah program yang digunakan sebagai jembatan untuk menggambarkan secara mudah tanpa pemrograman yang rumit pola pola algorima geometris matematis yang biasanya dibuat menggunakan Bahasa FORTRAN yang sangat rumit.



Gambar 2: Pola geometris hasil pengolahan matlab
Sumber:

<https://www.computerhistory.org/timeline/1984>

CAD merupakan program computer pertama berdasar logika boolean yang mendasari arsitektur digital. Pada awalnya program ini hanya berfungsi untuk membantu Arsitek menyiapkan gambar kerja lebih cepat dan efisien. Program dijalankan melalui perintah menggambar berdasar bentuk pola geometris berupa titik, garis dan lengkung 2 dimensi. Pada perkembangan berikutnya program telah bisa menerjemahkan perintah dalam bentuk penggambaran 3 dimensi sehingga Arsitek lebih bisa memiliki ruang untuk mengkreasikan bentuk secara lebih actual. Pada tahapan ini pengolah grafis mulai diperlukan lebih handal. Render atau pengolah citra gambar mulai disematkan program CAD untuk lebih mudah bagi arsitek dalam mengekspresikan keinginannya. Pada beberapa piranti lunak mulai mencoba memasukkan parameter bahan bangunan yang biasa digunakan sebagai komponen desain. Arsitek tidak lagi menggambar garis dan titik akan tetapi langsung menggambar dinding balok dan kolom. Ketika menarik garis pada layar.



Gambar3: Tampilan 3D pada perangkat lunak AutoCad

Ketika parameter garis telah bisa diterjemahkan sebagai dinding atau balok computer sudah bisa menghitung volume bahan yang digunakan setelah parameter ukuran dimasukkan terlebih dahulu saat memulai

penggambaran. Komposisi bahan dan volume yang sudah menjadi data gambar dapat langsung untuk dihitung volume dan harganya melalui satu program yang terintegrasi penuh. Program Archicad memulai kemampuan ini yang kemudian disusul Revit dan program lain. Kemampuan mengolah gambar sampai dengan mendeskripsikan kebutuhan material dan volume serta bahan disempurnakan dengan kemampuan untuk menganalisis dan membuat jadwal pelaksanaan. Mengingat perencanaan bangunan melibatkan kegiatan yang kompleks, kemampuan untuk mengorganisir setiap gambar dengan disiplin profesi berbeda menjadi kemampuan yang harus tersedia pada piranti computer ini.

Perangkat lunak dengan kemampuan *real time network design* yang kompleks menghadirkan apa yang biasa disebut kemampuan BIM. Pada tahapan ini Arsitek harus berkolaborasi dengan banyak bidang ilmu seperti ahli struktur bangunan, elektrik, plumbing, desain interior, akustik, geodesi, planologi, lighting, greenbuilding, dan estimator dalam satu waktu saat bekerja. Perancangan yang kompleks dan melibatkan banyak keahlian dalam satu gambar menjadikan produk gambar benar benar telah menjadi gambar yang lengkap dan terintegrasi. Produk gambar yang demikian lengkap dan terintegrasi dapat mengurangi permasalahan saat pelaksanaan hingga ditekan serendah mungkin.



Gambar4: Tampilan 2D pada perangkat lunak Revit.

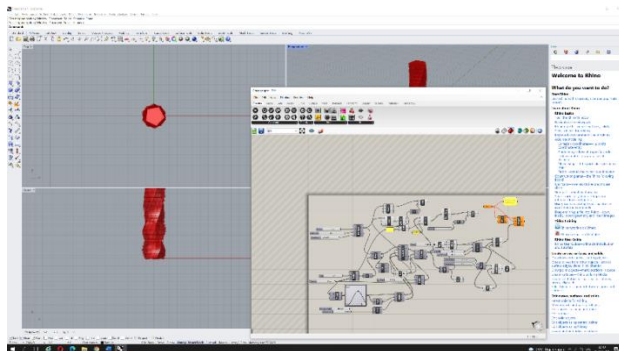
Kemampuan menghadirkan dokumen perencanaan dan pelaksanaan yang lengkap untuk saat ini bahkan telah sampai pada tahap manufaktur bangunan secara terintegrasi. Komputer yang telah diinput sejumlah data perancangan bisa digunakan untuk melakukan pengendalian terhadap alat konstruksi robotika dalam merealisasikan bentuk fisik bangunan. Sebagaimana industri manufaktur otomotif yang hampir seluruh proses telah menggunakan robot, industri bangunan segera menyusul.

Kemampuan perangkat lunak untuk memproses data dan parameter desain terus berkembang seiring peningkatan kemampuan chips prosesor yang makin tinggi dan efisien. *Plug-in* analisis lingkungan sampai dengan tapak dan pemrograman lain terus bisa ditambahkan oleh pengembang perangkat lunak untuk penyempurnaan. Arsitek menjadi dimudahkan

dengan satu perangkat yang berfungsi sangat luas untuk menyempurnakan data gambar.

Secara terpisah beberapa pengembang juga berusaha memperluas kemampuan perangkat dalam mempermudah pengguna dalam mengoperasikan perangkatnya. Koding yang semula ditulis dengan serangkaian set data rumit kini dimudahkan dengan symbol yang mudah dimengerti oleh awam. Rangkaian koding sebagai dasar pemrograman computer semakin mudah digunakan. Kemudahan ini semakin membuka peluang akan dieksporasinya gagasan-gagasan baru yang tadinya tidak bisa dilakukan melalui perangkat lunak CAD dan BIM.

Pemodelan bentuk melalui program computer menjadi mudah dilakukan dan menumbuhkan ide-ide baru yang sangat berbeda dengan gaya desain yang bisa dilakukan melalui perangkat CAD dan BIM sebelumnya. Revit dengan Dynamo-nya telah mencoba membuka peluang agar pengguna mudah memasukkan parameter-parameter desain melalui symbol koding yang sederhana dan mudah dimengerti.



Gambar5: Tampilan pada perangkat lunak *RhinoCheros Grasshopper*.

RhinoCheros telah terlebih dahulu menerapkan simbolisasi koding yang mudah dimengerti pada *plug-in* yang menyertainya. Perangkat lunak ini mampu mempermudah pengguna yang awam untuk melakukan perencanaan melalui parameter-parameter sederhana kedalam bentuk desain yang dibuatnya. Program computer serupa digunakan juga dalam perencanaan dan pemodelan struktur kompleks untuk menghitung dan memodelkan struktur yang menerima beban secara dinamis. Tecla, Etabs, Midas merupakan sebagian perangkat lunak yang telah menerapkan visualisasi dinamis di dalamnya.

Dimasa yang akan datang pemodelan seperti ini mampu untuk merencanakan dan memprediksi perilaku struktur dengan tepat dalam menanggapi beban luar yang akan diterima bangunan dan melakukan antisipasi secara mekanikal terprogram. Perilaku struktur dan bangunan secara keseluruhan direkam dan diinterpretasikan oleh computer untuk mengambil tindakan terprogram menanggapi perubahan gaya yang mengenai bangunan. Program ini penting untuk

bangunan dan bisa diterapkan pada negara yang frekwensi gempa tinggi seperti Indonesia. Tindakan koreksi dinamis pada komponen bangunan dimaksudkan untuk menghindari jatuh korban yang tidak perlu saat terjadi keadaan darurat gempa atau kejadian lain.

Artificial Inetelligence (AI) akan dapat dipakai untuk merespon semua informasi lingkungan terkait tindakan system bangunan dalam meminimalisir dampak (Effendi & Satwiko, 2021). Risiko kematian, malfungsi, pemborosan energi, Kesehatan pemakai, hingga kebutuhan kenyamanan bangunan, semua dapat direspon segera oleh teknologi AI pada bangunan. Bangunan bisa mengerti kebutuhan penghuni berdasar serangkaian sensor yang ada didalamnya dan AI akan merespon sebagaimana manusia melakukan itu. Teknologi ini sudah ada disekitar kita, beberapa teknologi seperti pengenalan wajah, *remote control*, *auto-climate air condition*, CCTV sensor gerak, *Auto-lighting*, semua segera terintegrasi dalam satu teknologi yang cerdas.

Dunia arsitektur akan sangat tergantung pada teknologi AI dimasa depan, atau bahkan akan tergantikan oleh kecerdasan buatan sebagaimana tenaga tukang, buruh, estimator, pengawas akuntan dan profesi lainnya. Mengikuti perkembangan teknologi yang sangat cepat diperlukan untuk mengantisipasi perubahan zaman yang mungkin akan memuliakan manusia atau menyingkirkan banyak manusia dari kehidupan dimasa yang akan datang.

2. Hidup Dinamis (*Dynamic Living*) dalam Pendekatan Teori Sistem Adaptif

Secara etimologi, kata 'hidup' adalah "masih terus ada, bergerak, dan bekerja sebagaimana mestinya" (KBBI, 2021). Individu hidup dan berkembang dalam suatu lingkungan. Individu dan lingkungan selalu mengalami perubahan baik positif (pertumbuhan) dan negatif (penurunan). Hidup yang statis (stabil) bukanlah kehidupan yang tidak berubah, namun kehidupan seperti air mengalir yang mudah diprediksi. Hidup yang statis ditandai pergerakan, pertumbuhan, hubungan yang mudah direncanakan, mudah dikontrol dalam ruang dan waktu tertentu. Pada lingkungan yang stabil, variabel ruang dan waktu tidak banyak berpengaruh terhadap sistem (Christensen, 1985).

Pada lingkungan yang dinamis, intensitas perubahan lebih tinggi, bersifat fluktuatif, turbulen, dan sulit diprediksi. Pada lingkungan yang dinamis, input, proses, output sulit direncanakan dan dikendalikan. Teori *complex adaptive system* (CAS) merupakan salah satu teori adaptasi sistem terhadap perubahan yang dinamis. Berbasis CAS, kehidupan (yang mungkin merupakan sel-sel, spesies, individu, perusahaan, bangsa-bangsa) merupakan jaringan dinamis yang terus-menerus bertindak dan bereaksi terhadap apa yang agen-agen lain lakukan. Kontrol dari CAS cenderung tersebar luas dan desentralisasi. Model Sistem Dinamis merupakan sebuah metode dan teknik pemodelan untuk

membingkai, memahami dan mendiskusikan masalah yang kompleks serta mensimulasikan suatu sistem yang dinamis (dari waktu ke waktu) (Christensen, 1985; Sengupta *et al.*, 2016).

Sebuah sistem yang kompleks merupakan integrasi dari konsep lintas disiplin fisika, ekonomi hingga sosiologi dan ekologi untuk perencanaan dan desain arsitektur. Akibatnya, teori perencanaan telah mengasimilasi berbagai konsep dari teori *complex adaptive system* (CAS) selama beberapa dekade terakhir. Proses seperti dinamika dan transisi waktu, yang sebelumnya diabaikan atau dianggap bermasalah dalam konseptualisasi yang berpusat pada keseimbangan atau teori mekanistik, telah menemukan jalan kembali ke dalam perencanaan melalui teori kompleksitas. Para perencana sering ditantang oleh ketidakstabilan sistem dan jaringan sebagai dampak perubahan yang sulit diperkirakan dan tidak terduga, dan tingginya tingkat saling ketergantungan antar elemen, baik manusia maupun non-manusia (Sengupta *et al.*, 2016).

Ilmu kompleksitas menetapkan dunia yang dinamis, berubah dan penuh ketidakpastian. Namun, gagasan ketidakpastian bukanlah hal baru dalam konteks perencanaan. Christensen (1985) berusaha untuk mengatasi ketidakpastian dan kompleksitas dalam perencanaan dan lingkungan kelembagaannya. Karyanya, yang merupakan titik acuan 'kompleksitas' bagi para perencana, mengacu pada jenis kompleksitas yang memungkinkan variasi dalam jenis masalah perencanaan, variasi yang bergantung pada ketidakpastian. Namun, ada perbedaan antara kompleksitas 'statis' dan kompleksitas 'dinamis'. Kompleksitas statis mengacu pada kompleksitas di dalam dunia yang stabil (seimbang), sedangkan kompleksitas dinamis merupakan kondisi dunia yang sedang atau selalu mengalami perubahan dan ketidakseimbangan menuju keseimbangan baru. Karya Christensen dan dengan mengacu pada ide-ide teori kompleksitas untuk membedakan sistem statis dan dinamis dalam perencanaan tata ruang.

2. Arsitektur Digital dan Dynamic Living

Perkembangan teknologi digital mempengaruhi proses perencanaan dan perancangan arsitektur, dimulai dari tahap identifikasi masalah dan kebutuhan, pengembangan konsep, dan pengembangan desain. Pada tahapan pengembangan konsep, teknologi digital membawa dampak batas-batas ruang dan waktu menjadi semakin kabur. Hal ini membutuhkan definisi ulang (*redefining*) konsep tempat dan ruang. Perkembangan teknologi digital mempengaruhi *dynamic living* yaitu bekerja, belajar, berlibur, belanja dapat dilakukan kapan saja dimana saja tidak terbatas ruang dan waktu. Perkembangan teknologi digital membuat bekerja, belajar, berbelanja dapat dilakukan kapan saja dimana saja bahkan sambil berlibur atau sebaliknya (Lieve & Messenger, 2018; Eurofound and the International Labour Office, 2017; Prithwiraj *et al.*, 2020).

Teknologi digital mengaburkan ruang-ruang dan waktu untuk kerja, keluarga, berlibur, belajar, belanja dan bersosial. Bekerja tidak selalu dikerjakan di kantor dan pusat kota, namun bekerja juga dapat dilakukan di sambil berlibur di pantai, di hutan, di tengah sawah pinggiran kota. Teknologi *Virtual Reality* (VR) menghubungkan orang-orang dengan keluarga, menghubungkan kegiatan di berbagai tempat secara *real time*. Teknologi VR membuat orang dapat bersepeda di pegunungan, bekerja sambil terhubung dengan keluarga di lingkungan perdesaan, menyelam di pantai, terakses dengan pembelajaran kelas secara *real time*. Teknologi *virtual* tidak dapat menggantikan pengalaman faktual, namun kombinasi keduanya berkontribusi terhadap dinamisme dan ketidakpastian lingkungan.

Teknologi digital mempengaruhi proses perencanaan dan perancangan arsitektur perbankan, rumah sakit, organisasi pemerintah dan layanan publik lainnya. Ruang-ruang pelayanan mengalami perubahan di era digital. Teknologi digital memangkas aktivitas administrasi di perbankan, rumah sakit, organisasi pemerintah dan layanan publik lainnya berbasis mesin-mesin otomatisasi (Lieve & Messenger, 2018; Eurofound and the International Labour Office, 2017). Teknologi digital memfasilitasi otomatisasi layanan. Pekerjaan-pekerjaan rutin semakin tergantikan oleh mesin-mesin otomatisasi. Layanan *face-to-face* mulai tergantikan oleh layanan berbasis *online*. Hal ini mempengaruhi kapasitas ruang, infrastruktur teknologi, fleksibilitas dan konektivitas. Data dan informasi untuk dikomunikasikan, ditransfer untuk mendukung proses pelayanan, proses produksi, pengambilan keputusan dan kerjasama. Era digital memfasilitasi kolaborasi pemecahan masalah lintas bidang.

Teknologi digital juga dapat berpengaruh terhadap arsitektur pabrik (manufaktur). Teknologi digital memfasilitasi otomatisasi produksi, mempermudah kontrol kualitas produk. Monitoring dan evaluasi tidak hanya dapat dilakukan di lokasi, namun dapat dilakukan dimana saja dan kapan saja. Arsitektur pabrik juga mengalami adaptasi kebutuhan ruang, proses dan infrastruktur teknologi yang mendukung.

Setiap saat, sistem bangunan untuk mudah dilakukan *up-grade*, *insert*, *delete*, *combine*, *break* atau *intall* kemampuan baru untuk adaptif terhadap lingkungan dan perubahan teknologi (Davis *et al.*, 2013; Pisaric *et al.*, 2017; Di Pasquale *et al.*, 2020; Newton *et al.*, 2018). Komponen arsitektur akan lebih fleksibel, mudah dirubah dan disesuaikan sesuai dengan perubahan lingkungan melalui modul-modul berbasis *plug and play* (Pisaric *et al.*, 2017; Newton *et al.*, 2018). Teknologi internet, proyektor dinding dengan teknologi *infrared*, *advanced robotic*, *internet of things* (IoT), *3D printing*, dan *augmented reality/virtual reality* (AR/VR) membuat pengguna dapat terhubung ditempat kerja, sekolah, tempat wisata, pengawasan proyek, pengawasan

perkebunan, dan tempat lain di seluruh dunia secara online.

Teknologi digital mempengaruhi kebutuhan dan proses perencanaan dan perancangan material dan sistem-sistem dalam bangunan. Teknologi material berkembang seperti: teknologi material yang lebih ringan, mudah dibentuk, pepabrikan, mudah dipindah (*movable*) dan ramah lingkungan (Belyaeva, 2019; Elkhateeb *et al.*, 2018). Produk ramah lingkungan yaitu: *zero waste*, serta isu (*circular economy*) yaitu pemanfaatan sumberdaya; air dan energi dalam suatu siklus yang berkelanjutan. Konstruksi tidak hanya pekerjaan *on site* (di lokasi), namun juga melibatkan gabungan antara pekerjaan *on site* dan *off site* (pre pabrikasi). Perkembangan teknologi internet juga memfasilitasi distribusi komponen pre pabrikasi untuk mudah dimonitoring sehingga mendukung pengiriman tepat waktu (*just in time*) dan menjaga mutu. Material beton akan bergeser pada material yang lebih ringan, mudah dipindah (*movable*) dan ramah lingkungan.

Arsitektur, urban desain, tata kota semakin terintegrasi antar sektor. Perencanaan dan perancangan arsitektur akan melibatkan bidang yang lebih luas (teknik informatika, geofisika, keuangan, sosiologi, pertanian), seperti dalam penerapan guna lahan pertanian di wilayah perkotaan untuk mengatasi krisis air di China (Visser, 2019).

Perusahaan teknologi seperti *Google*, *tech*, *Yahoo*, *Sony*, *Fintech* dapat masuk di industri konstruksi. Era digital memfasilitasi sumberdaya dan aktivitas dalam proyek untuk dikodifikasi, dikonfigurasi dan digitalisasi. Digitalisasi sumberdaya dan aktivitas akan mudah menghubungkan proyek dengan pemodal, lembaga keuangan, pemilik (*owner*), pemerintah atau lembaga donor. Pemilik proyek juga dapat terlibat dalam aktivitas monitoring proyek sesuai rencana.

PENUTUP

Perkembangan teknologi digital membuat sumberdaya mudah dikodifikasi, ditransfer, dikomunikasikan, sehingga banyak mempengaruhi dalam proses perencanaan dan perancangan arsitektur. Arsitektur digital tidak hanya terkait dengan alat untuk visualisasi, komunikasi, perencanaan produksi, tetapi juga termasuk dalam pengembangan konsep desain akibat perubahan teknologi. Perkembangan teknologi digital seperti: *artificial intelligence (AI)*, *advanced robotic*, *internet of things (IoT)*, *3D printing*, dan *augmented reality/virtual reality (AR/VR)* mendorong kehidupan yang lebih dinamis (*dynamic living*) yang tidak terbatas ruang dan waktu. Hal ini memerlukan definisi ulang terhadap konsep desain akibat perubahan teknologi. Pengembangan konsep desain dengan pendekatan *smart architecture* perlu didukung kearifan (*wise architecture*) agar dalam pengembangan arsitektur mencapai tujuan yang lebih bermakna yaitu mencapai keseimbangan-

keseimbangan kebutuhan jasmani-ruhani-sosial-lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akdu, U. (2020). Smart Tourism: Issues, Challenges and Opportunities. *Emerald Handbook of ICT in Tourism and Hospitality*, 291–308. doi:10.1108/978-1-83982-688-720201018
- Belyaeva, T.V. (2019). Dynamic architecture. Interaction with city, nature, man. *International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety. Series: Materials Science and Engineering* 687 055015. doi:10.1088/1757-899X/687/5/055015
- Cambridge Dictionary| English Dictionary, Translations. Diakses secara online 1/12/2021 di: <https://dictionary.cambridge.org>
- Christensen, KS (1985). Coping with uncertainty in planning. *Journal of the American Planning Association* 51: 63–73.
- Davis, Daniel; Peters, Brady (2013). Design Ecosystems: Customising the Architectural Design Environment with Software Plug-ins. *Architectural Design*, 83(2), 124–131. doi:10.1002/ad.1567
- Di Pasquale, Joseph; Innella, Filomena; Bai, Yu (2020). Structural Concept and Solution for Hybrid Modular Buildings with Removable Modules. *Journal of Architectural Engineering*, 26(3), 04020032–. doi:10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000423.
- Effendi, A.C., Satwiko, P. (2021). Peran Artificial Intelligence dalam Tahap Perencanaan dan Perancangan Desain Arsitektur, *Journal of Digital Architecture* 1(1), 19-30, 52-59. doi:10.24167/joda.v1i1.3682
- Elkhateeb, Alaa Mohamed; Fikry, Mohamed Anwar; Mansour, Alaa Adel (2018). Dynamic building and its impact on sustainable development. *Alexandria Engineering Journal*, 57(4), 4145–4155. doi:10.1016/j.aej.2018.10.016
- Eurofound and the International Labour Office (2017). *Working anytime, anywhere: The effects on the world of work*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, and the International Labour Office, Geneva. <http://eurofound.link/ef1658>
- Indrawan, S.E., Satwiko, P. (2021). Pengaruh Industri 4.0 dalam Perkembangan Arsitektur Digital, *Journal of Digital Architecture* 1(1), 3-9. doi:10.24167/joda.v1i1.3492
- KBBI (Kamus Besar Bahasa Indonesia). <https://kbbi.kemdikbud.go.id/entri/digital>
- Liave, O.V., Messenger. (2018). Working anytime, anywhere: the effects on the world of work.

Occupational and Environmental Medicine;75:A219-A220.

- Liu, Yu-Tung. (2001). The Philosophy of Digital Architecture: The FEIDAD Award Architettura. Diakses secara online 1/12/2021 di: <http://architettura.it/extended/20060513/>
- Newton C, Backhouse S, Aibinu AA, Cleveland B, Crawford RH, Holzer D, Soccio P, Kvan T. (2018). Plug n Play: Future Prefab for Smart Green Schools. *Buildings*. 8(7):88. doi:10.3390/buildings8070088
- Pisarcic, Milan & Dimitrieski, Vladimir & Veselinovic, Stefan & Babic, Milan & Dusic, Filip. (2017). Towards a Plug-and-Play Architecture in Industry 4.0.XVII *International Scientific Conference on Industrial Systems (IS'17) Novi Sad, Serbia, October 4. – 6..*
- Prithwiraj, R.C., Cirrus, F., Barbara, L. (2020). The Productivity Effects of Geographic Flexibility. *Strategic Management Journal*, (), smj.3251–. <https://doi.org/10.1002/smj.3251>
- Purwanto, L.M.F. (2021). Arsitektur Digital Sebuah Kepastian, *Journal of Digital Architecture* 1(1), 1-2. doi:10.24167/joda.v1i1.3698
- Ray, P.P. (2018). A survey on Internet of Things architectures. *Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences* 30, 291–319. doi:10.1016/j.jksuci.2016.10.003
- Sengupta, U., Rauws, W. S., & de Roo, G. (2016). Planning and complexity: Engaging with temporal dynamics, uncertainty and complex adaptive systems. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 43(6), 970–974. doi:10.1177/0265813516675872
- Visser, R. (2019). Posthuman policies for creative, smart, eco-cities? Case studies from China. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 51(1), 206–225. doi:10.1177/0308518X18765481
- Wastunimpuna, B.Y.A., Purwanto, L.M.F. (2021). Augmented Reality dalam Proses Desain Arsitek Masa Depan, *Journal of Digital Architecture* 1(1), 19-30. doi: 10.24167/joda.v1i1.3494
- Young, R. F., & Lieberknecht, K. (2019). From smart cities to wise cities: ecological wisdom as a basis for sustainable urban development. *Journal of Environmental Planning and Management*, 62(10), 1675–1692. doi:10.1080/09640568.2018.1484343