

***Artificial intelligence* dalam Desain Arsitektur serta Kaitannya dalam aspek Ekonomi Berkelanjutan di Indonesia**

Astri Puspita^{1*}

^{*1} Universitas Borobudur, astri_puspita@borobudur.ac.id

Abstrak. *Advances in technology and digital systems are increasing rapidly, making work easier and faster. AI technology is able to hypnotize all people. With only voice, written and image commands, we can get the desired information. AI enters the realm of architectural design with its viral AI that is able to design without an architect. does this threaten the existence of architects and what about infrastructure development which is an instrument and a reflection of certain areas in sustainable economic progress in Indonesia. The method used is a systematic literature review with literature/journals/electronic databases according to topics in the last 10 years. The results show that the position of architects cannot be replaced with digital, because through a long and difficult design process and architectural products as economic instruments for certain regions related to the culture and wealth of the archipelago, they are not easily replaced by AI. But in the future, AI technology will be more advanced and developing rapidly, so strengthening human resources must also be strengthened so that humans remain in control of technology.*

Kata kunci: *artificial intelligence, AI, arsitektur, ekonomi berkelanjutan*

Pendahuluan

Inovasi teknologi di awal abad kedua puluh satu mengubah studi tentang masa lalu. Tidak ada waktu yang bisa diperdebatkan sejak penemuan mesin cetak dalam sejarah populer, sangat mudah didokumentasikan, sangat mudah diakses, dan menjangkau serta memengaruhi banyak orang sekarang (Arthur, 2011).

Hingga kini teknologi menjadi kebutuhan masyarakat luas, tidak hanya perusahaan, dunia pendidikan, siswa dan anak-anak sudah mengenal teknologi seperti laptop dan gadget. Penggunaan teknologi dan kemajuan sistem digital di Negara Barat termasuk Negara Asia semakin merebak saat pandemic Covid-19 melanda seluruh dunia.

Berdasarkan *release website* resmi Kominfo, pandemi Covid-19 telah mengubah hubungan interaksi masyarakat dunia untuk adaptif menggunakan teknologi digital. Bahkan, di Indonesia khususnya, tidak punya pilihan selain memanfaatkan potensi sepenuhnya teknologi dan digitalisasi untuk melakukan langkah adaptasi. Laporan Biro Statistik Nasional Indonesia mencatat pertumbuhan dua digit sebesar 10,58% di sektor TIK pada tahun 2020 yang dihasilkan oleh transisi cepat dari solusi tradisional ke digital dan permintaan yang besar dari layanan telekomunikasi dan gadget.

Tidak hanya mempengaruhi dunia ekonomi dunia, teknologi dan sistem digital kini telah merambah dunia pendidikan. Menurut Zein (2022) dunia pendidikan masa kini memiliki tantangan tersendiri khususnya ditengah-tengah gempuran era digital, komputerisasi dan perangkat digital telah masuk kedalam kurikulum pendidikan, sehingga diperlukan sistem yang dapat membantu pembelajaran yang dapat diakses oleh seluruh siswa di Indonesia termasuk siswa di daerah.

Begitupun dengan dunia pendidikan arsitektur, bersama Aptari (Asosiasi Pendidikan Arsitektur Indonesia) saat Pra-Rakernas 24 Juni 2023 memaparkan bahwa kini pendidikan arsitektur sudah sangat termodernisasi dengan adanya Ai kini. Ai atau *Artificial intelligence* masih dianggap sebagai ancaman bagi sebagian profesi, ai dimasa yang akan datang bisa menggantikan profesi manusia di dunia kerja. Namun lainnya berpendapat bahwa Ai hanyalah sebuah tools/metode dalam mempermudah proses desain Arsitektur.

Untuk itu tujuan penelitian ini adalah untuk melihat apakah digitalisasi (kecerdasan buatan) akan menggantikan peran arsitek dalam melakukan proses desain arsitektur khususnya penggunaan AI serta kaitannya dilihat dalam aspek ekonomi berkelanjutan di Indonesia, karena tidak bisa dipungkiri bahwa Indonesia sangat luas dan terdiri dari pulau-pulau yang berjauhan, akses mendapatkan sinyal dan akses

mendapatkan perangkat digitalisasi tentu saja berbeda dengan masyarakat yang berada di kota-kota besar.

Tinjauan Pustaka

Arsitektur

Arsitektur menurut Janetius (2020) kata arsitektur dalam bahasa Inggris bukanlah kata asli bahasa Inggris, melainkan kata pinjaman dari bahasa Prancis. Secara etimologis, *arkhitekton* Yunani, yang merupakan gabungan dari dua kata, *arkhi* dan *tektion* (penguasa dan pembangun) tampaknya menjadi kata dasar dari arsitektur. Arsitektur adalah seni dan ilmu merancang serta membangun ruang, struktur dan lingkungan dengan fitur estetika untuk mencapai beberapa tujuan tertentu yang memberikan rasa kegembiraan bagi pengamatnya. Arsitektur melibatkan proses yang kompleks dimulai dari pemikiran kognitif, penelitian dan perencanaan, arsitektur menunjuk pada rencana, proses, pola, dan produk. Itu karena arsitektur mengungkapkan tidak hanya karakter atau gaya konstruksi tertentu tetapi juga menceritakan kisah arsitek yang mendesain.

Arsitektur menurut pemaparan Mahmoodi (2001) dalam penelitiannya menuliskan kembali pengertian arsitektur dari berbagai arsitek terkenal seperti John Ruskin, Le Corbusier, dan Louis Kahn. Mahmoodi (2001) mendefinisikan kembali bahwa arsitektur adalah meliputi penampilan fisik dan persepsi mental tentang ruang. Namun, pendekatan yang paling populer adalah dengan menghubungkannya dengan seni atau sains. Arsitektur juga didefinisikan sebagai seni, atau ilmu pengetahuan bangunan, atau sebagai salah satu seni rupa; artinya berkaitan dengan seni estetika sebagai bertentangan dengan seni yang berguna atau industri seperti teknik.

Menurut Ching (1995) Arsitektur merupakan *art* karena produk arsitektur kolektifitas dari seni, sains dan konstruksi yang menghasilkan bangunan. Jika diartikan secara satu persatu *art* (produk hasil seni), *science* (dengan gaya atau metode yang mengkarakteristikan manusia, tempat dan waktu), *designing* (profesi merancang bangunan dan lingkungan layak huni lainnya), dan *construction* (tindakan sadar untuk membentuk hal-hal yang menghasilkan struktur pemersatu atau pepaduan satu dan lainnya).

1. Proses Desain Arsitektur

Proses desain arsitektur berlangsung dalam otak manusia lalu dituangkan dalam bentuk gambar/visualisasi 2 dimensi pada kertas ataupun media lainnya. Menurut Ashadi (2019) dalam proses desain arsitektur diperlukan ilmu pengetahuan arsitektur yang sangat sulit untuk dikelompokkan kedalam suatu bidang ilmu pengetahuan. Arsitektur bersifat *science/teknik* (*engineering*), bersifat *sosial/budaya/humaniora* karena berkaitan dengan manusia, tempat dan waktu juga konsepsi yang bersifat abstrak.

Untuk memulai atau membangun objek arsitektur proses desain berpikir arsitektur sangatlah penting pada tahapan pendidikan mahasiswa arsitektur, karena pada tahap ini mahasiswa diajarkan untuk mendapatkan solusi dari masalah yang ada dalam bentuk ruang/bangunan dan tentu saja dengan berbagai metode yang ada.

Proses didasarkan pada beberapa ide dari beberapa fakultas teknik di belahan negara lain dan terbatas pada tahap desain, dan tidak akan berlanjut ke siklus rancang-bangun. Proses yang diusulkan dapat dianggap sebagai variasi dari metode dasar "Analisis, Sintesis, Penilaian, kemudian Keputusan" (Abdelhamid, 2018).

Analisis desain pada dasarnya adalah proses pengambilan keputusan di mana alat analisis yang berasal dari ilmu dasar, matematika, statistik, dan dasar-dasar teknik digunakan untuk tujuan mengembangkan model produk yang dapat dikonversi menjadi produk yang sebenarnya (Elmogahzy, 2020). Dari pustaka diatas dapat disimpulkan bahwa proses desain arsitektur melalui sistematik data, konsep, analisis dan hasil dari konsep berupa gambar 2 dimensi atau 3 dimensi.

1.1 Konsep Arsitektur

Pada arsitektur konsep merupakan ide, pemikiran atau gagasan yang menjadi inti proyek desain, namun konsep arsitektur bukanlah formasi teoritis tetapi merupakan pemahaman komprehensif tentang masalah desain yang lebih spesifik dari proses intelektual yang terlibat dalam memproyeksikan bentuk arsitektur yang sesuai (Ashadi, 2019).

1.2 Desain Arsitektur

Menurut pemaparan Jerobisonif, et al (2019), bahwa desain karya arsitektur dan proses perkembangannya sampai saat ini, sering dilihat dalam dua sudut pandangan yang berbeda. Pandangan pertama, objek arsitektural dianggap sebagai sesuatu yang unik dan orisinal, karena merupakan ekspresi yang dipikirkan oleh si arsitek. Pandangan kedua, mengatakan sebaliknya, bahwa objek-objek arsitektural dapat memiliki nilai yang sama dengan objek lain yang dihasilkan dari sebuah aktivitas yang bersifat repetitif (berulang kali) dan bahkan sengaja dibuat agar untuk seterusnya dapat diulangi lagi. Artinya, sebuah objek arsitektural bukan saja menghasilkan sebuah pengulangan, melainkan juga dihasilkan dari sebuah pengulangan.

2. Sistem digital yang digunakan dalam desain arsitektur

Untuk menafsirkan ide-ide atau gagasan atau konsep yang bersifat teoritis dan abstrak menjadi sebuah objek yang akan direalisasikan maka membutuhkan gambar atau media untuk menuangkan ide/gagasan/konsep tersebut.

Seiring berjalannya waktu kemajuan wawasan dan kemajuan teknologi, maka dapat dilihat perubahan dari waktu ke waktu media yang digunakan para mahasiswa arsitektur maupun para arsitek.

2.1 *Manual drafting/hand drawings*

Penyusunan gambar manual adalah praktik membuat gambar dengan tangan. Teknik penyusunan manual secara tradisional memungkinkan perencanaan dan komunikasi ide desain dan informasi konstruksi. Karena ada berbagai informasi yang sangat beragam yang mungkin perlu dikomunikasikan, ada berbagai jenis gambar dan rupa dalam menafsirkan ide arsitek kedalam sebuah gambar yang dapat dibaca oleh orang lain (Designing Buildings Ltd, 2022). Jika gambar tangan ini dihilangkan maka sebagian pakar menyebut hilangnya proses kreatif desain yang bergantung pada kualitas desain (International Network For Traditional Building, Architecture & Urbanism, 2016).



Gambar 1. Manual drafting/hand drawings illustration

Sumber: https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Manual_drafting_techniques (accessed July 2023)

2.2 *Computer aided desain (CAD)*

Istilah CAD mengacu pada penggunaan komputer untuk membuat representasi grafis dari objek fisik untuk membantu dalam proses desain. Ini juga dapat merujuk pada penggunaan komputer untuk menyiapkan gambar presentasi atau untuk menyiapkan informasi produksi yang memungkinkan objek diproduksi. CAD dapat digunakan untuk membuat representasi 2D atau 3D, dan juga dapat digunakan untuk menghasilkan animasi dan materi presentasi lainnya. Ini memungkinkan penambahan informasi tambahan seperti dimensi, deskripsi komponen, referensi spesifikasi dan sebagainya (Designing Buildings Ltd, 2023). CAD bermula pada tahun 1960 oleh seorang engineer bernama Ivan Sutherland memperkenalkan sebuah program komputer yang dapat digunakan untuk membuat gambar sketsa, lalu pada tahun 1982, sebuah perusahaan bernama Autodesk memperkenalkan sebuah CAD yang diberi nama AutoCAD, yang mana menjadi CAD yang paling terkenal dan paling banyak penggunaannya hingga sampai saat ini (Anonim, accessed July 2023).

Adapun kelebihan dan kekurangan penggunaan CAD dibandingkan dengan gambar manual pada tabel berikut.

Tabel 1. Kelebihan dan kekurangan penggunaan CAD

No	Kelebihan	Kekurangan
1	Menghemat waktu	Pekerjaan bisa hilang karena kerusakan komputer yang tiba-tiba
2	Mudah untuk diedit	Pekerjaan rawan virus
3	Penurunan persentase kesalahan	Pekerjaan dapat dengan mudah "diretas"
4	Mengurangi upaya desain	Proses memakan waktu untuk mengetahui cara mengoperasikan atau menjalankan perangkat lunak
5	Penggunaan kembali kode	Biaya produksi atau pembelian yang tinggi untuk sistem baru
6	Mudah dibagikan	Waktu dan biaya pelatihan staf yang akan mengerjakannya
7	Akurasi yang ditingkatkan	Perlu memperbarui perangkat lunak atau sistem operasi secara teratur
8		Membutuhkan lebih sedikit tenaga kerja karena sistem CAD/CAM

Sumber: (Arcvertex,(n.d) accessed July 2023)

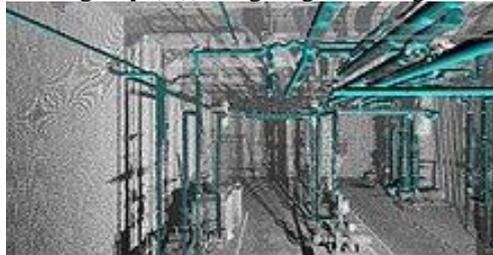


Gambar 2. Computer aided design illustration

Sumber: https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Computer_aided_design_CAD (accessed July 2023)

2.3 BIM (Building Information Modeling)

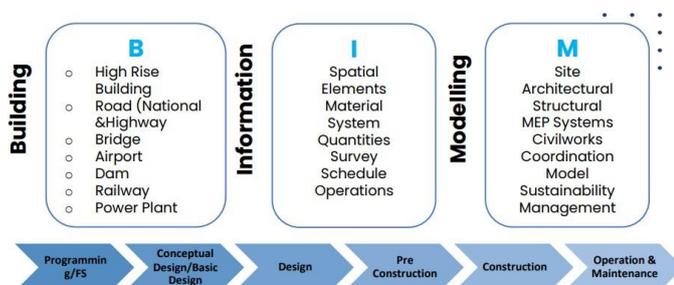
BIM atau model informasi bangunan/gedung, merupakan software/perangkat lunak yang memungkinkan pengurangan kesalahan lebih lanjut dan peningkatan kualitas informasi dan dapat mengaktifkan pembuatan kuantitas, perkiraan biaya, informasi pemesanan dan pelacakan secara otomatis. BIM adalah istilah yang sangat luas yang menggambarkan proses pembuatan dan pengelolaan model digital dari sebuah bangunan atau fasilitas lainnya (seperti jembatan, jalan raya, terowongan, dan sebagainya) ((Designing Buildings Ltd, 2023).



Gambar 3. BIM Ilustration

Sumber: https://id.wikipedia.org/wiki/Pemodelan_informasi_bangunan (accessed July 2023)

BIM merupakan representasi digital dari karakteristik fisik dan karakter fungsional dari suatu bangunan. Di dalamnya terkandung informasi-informasi mengenai elemen-elemen penyusun bangunan tersebut. Digunakan sebagai basis pengambilan keputusan dalam kurun waktu siklus umur bangunan mulai dari pra FS hingga Operasi dan Pemeliharaan (PT.PP pada Pelatihan Trainer of Training BJKW III Jakarta, 2022).



Gambar 4. What is BIM

Sumber: PT.PP pada Pelatihan Trainer of Training BJKW III Jakarta, 2022

Konsep BIM sebenarnya telah dikembangkan sejak 1970-an, tetapi baru menjadi istilah yang umum pada awal tahun 2000-an. Laju perkembangan BIM pada setiap negara di dunia berbeda-beda. Contohnya, standar yang telah dikembangkan di Britania Raya sejak 2007 telah menjadi dasar standar ISO 19650 yang diluncurkan pada Januari 2019 (Wikipedia, 2023).

2.4 AI (Artificial Intelligence)

Artificial intelligence (AI) atau kecerdasan buatan secara sederhana adalah salah satu cabang ilmu komputer. Ini melibatkan pengembangan program komputer untuk menyelesaikan tugas-tugas yang seharusnya membutuhkan kecerdasan manusia. Algoritme AI dapat menangani pembelajaran, persepsi, pemecahan masalah, pemahaman bahasa, dan/atau penalaran logis.

AI digunakan dalam banyak hal di dunia modern, mulai dari asisten pribadi hingga mobil yang dapat mengemudi sendiri. Kecerdasan buatan (AI) berkembang pesat. Sementara fiksi ilmiah seringkali menggambarkan AI sebagai robot yang semirip mungkin dengan manusia (Mohamed, Ziyad. 2019).

Banyak orang yang masih terlalu dini bahwa mereka memahami apa itu AI (kecerdasan buatan), untuk itu kita harus memahami apa yang dimaksud dengan Intelligence (kecerdasan) secara umum. Kecerdasan adalah landasan dari kondisi manusia – kita bahkan menamakan diri kita dengan nama itu. Kata *Intelligence* berasal dari Kata kerja Latin *legere*, awalnya berarti 'memilih ini, memilih itu' dan dari sana berkembang menjadi maknanya 'membaca'. Intelijen dengan demikian berarti mengumpulkan, menghimpun, merakit atau menjadi memilih, dan untuk membentuk kesan, sehingga menyebabkan seseorang akhirnya memahami, dan mengetahui (Spiegeleire, 2017).

Menurut pemaparan Gallo, et al (2020) Ai merupakan metode yang telah menjadi minat besar di setiap bidang ilmiah dan bidang komersial yang kini sedang ramai diperbincangkan. Pemikiran tentang AI sudah ada sejak tahun 1950an pada penelitian John Mc Carthy yang memiliki gambaran untuk “menjelajahi cara untuk membuat sebuah mesin yang bisa bernalar seperti manusia, mampu berpikir abstrak, memecahkan masalah dan perbaikan diri”.

3. Ekonomi Berkelanjutan di Indonesia

Isu keberlanjutan di dunia juga telah merambah kedalam dunia ekonomi khususnya pembangunan. Di Indonesia dalam membangun ekonomi berkelanjutan telah mengembangkan *Blue, Green, dan Circular Economy* (Kemenko Perekonomian.go.id/pers/2022). *Blue, Green, and Circular Economy* memiliki potensi dan keuntungan besar untuk pembangunan ekonomi global berkelanjutan. Implementasinya dapat menciptakan jutaan lapangan pekerjaan baru, mengurangi sampah dari berbagai sektor, dan mendorong pertumbuhan ekonomi.

Model pembangunan ekonomi berkelanjutan adalah model pertumbuhan yang mengintegrasikan pertumbuhan ekonomi dengan kelestarian lingkungan hidup dan keadilan sosial. Salah satu aktivitas dari pembangunan ekonomi berkelanjutan adalah keuangan berkelanjutan. Sulaeman mengatakan, pada intinya prinsip keuangan berkelanjutan adalah “3P”, atau mencakup profit (keuntungan ekonomi), people (orang), dan planet (lingkungan hidup) (Maulana, 2022).

Badan Pengkajian MPR RI (2018) memaparkan bahwa dalam ekonomi berkelanjutan kita harus melihat kondisi umum perekonomian Indonesia yakni bagaimana struktur ekonomi, pertumbuhan ekonomi, pemerataan pendapatan, pengentasan kemiskinan, dan juga pemerataan pembangunan daerah, dari itu barulah kita dapat melihat potensi/peluang juga tantangan yang akan dihadapi dalam membangun ekonomi berkelanjutan.

4. Arsitektur dan AI

Arsitektur memiliki metode dalam mendeskripsikan konsep/ide. Kini AI juga sudah memasuki ranah desain. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Gallo, et al (2020) kecerdasan buatan tingkat lanjut akan sangat berguna untuk praktik profesional di masa mendatang (sepuluh tahun), namun ada catatan bahwa AI dapat digunakan dengan melihat keterampilan khusus, terutama keterampilan komputer, kelengkapan data, pengalaman, dan kemampuan komputasi paralel, mampu mengeksplorasi aplikasi kecerdasan buatan canggih dalam praktik arsitektur.

Menurut Borglund (2022) proses yang cepat/hasil yang instan dan pemberitaan dunia (pers) menjadikan AI sangat terlihat berpengaruh dalam bidang arsitektur. Namun, Kreativitas terbukti menjadi bagian mendasar dari proses desain, dan beberapa faktornya diidentifikasi sebagai kreativitas juga mempengaruhi hasil desain arsitektur. AI dapat digunakan sebagai tools karena dalam proses desain, harus banyak persiapan seperti data, analisa, visualisasi permasalahan yang lebih jauh mempengaruhi langkah selanjutnya dari proses, inkubasi, inspirasi, dan verifikasi.

Alat dan metode yang digunakan oleh arsitek selalu berdampak pada caranya merancang pembangunan (Cudzik dan Radziszewski, 2018) mereka berpendapat bahwa Arsitek saat ini cenderung menggunakan alat khusus yang sesuai dengan keinginan mereka untuk kebutuhan spesifik. Sehingga dalam penelitiannya adalah berfokus pada pendekatan yang digunakan AI dalam menyederhanakan praktek sehari-hari arsitek.

5. Arsitektur dan Ekonomi Berkelanjutan

KemenPUPR dalam pers layanan PUPR (2013) Ekonomi berkelanjutan dalam ranah arsitektur adalah pembangunan, dimana pembangunan ini dapat menunjang ekonomi daerah dan negara. Arsitek memiliki peran penting dalam perwujudan pembangunan berkelanjutan. Arsitek juga harus mampu berperan secara aktif dan berkontribusi dalam mewujudkan lingkungan binaan dan arsitektur yang berkelanjutan. Arsitektur merupakan pengisi ruang kota dan memiliki peran penting dalam menentukan kualitas ruang kota. Untuk itu diperlukan arsitektur yang ramah lingkungan dan berjati diri dengan perencanaan dan perancangan arsitektur yang berbasis penataan ruang tutur Menteri PUPR Basuki Hadimuljono (Pers PUPR 22/5/2013).

Menurut penelitian Piatkowska (2012) Arsitektur dan objek arsitektur merupakan elemen lanskap yang khas dari negara atau wilayah tertentu. Kini arsitektur bukan hanya cerminan dari keadaan saat ini tetapi menjadi instrumen dalam proses menciptakan namun bukan tanpa tujuan – tetapi direncanakan dengan hati-hati dalam strategi pemasaran atau potensi ekonomi suatu wilayah, sehingga dapat disebut arsitektur sebagai perangkat ekonomi.

Kontribusi arsitektur dan arsitek dalam aspek ekonomi pada pembangunan berkelanjutan adalah pada proses perencanaan, pelaksanaan, kemudian termanifestasi dalam hasil pembangunan serta monitoring/evaluasi dan umpan balik. Proses perencanaan, pelaksanaan, evaluasi dan umpan balik terkait dengan pengambilan keputusan dimana dalam perencanaan dilakukan pengambilan keputusan mengenai program dan strategi pembangunan yang akan dijalankan, pada tahap pelaksanaan dilakukan pengambilan keputusan mengenai manajerial proses pengadaan fisik, monitoring/evaluasi dan umpan balik terkait pengambilan keputusan mengenai dampak dan pengembangan program/strategi sebelumnya. Pada akhirnya, seluruh tahapan ini mengarah pada hasil sebagai produk pembangunan. Produk inilah yang kemudian berpengaruh pada lingkungan binaan dan manusia yang kemudian menentukan kualitas pembangunan tersebut (Dinas Tata Ruang dan Tata Bangunan Medan, 2017).

6. AI dan Ekonomi Berkelanjutan

Hubungan antara AI dengan ekonomi berkelanjutan ada pada potensi ekonomi dari AI. Pada penelitian Szczepański (2019) bahwa studi di seluruh dunia telah menekankan bahwa AI akan memiliki dampak ekonomi yang signifikan, AI akan mendorong pertumbuhan ini dalam tiga cara penting yakni pertama, peningkatan yang kuat dalam produktivitas tenaga kerja, kedua AI akan membuat virtual baru tenaga kerja – digambarkan sebagai 'otomatisasi cerdas' dan ketiga ekonomi juga akan mendapat manfaat dari difusi inovasi yang akan berpengaruh sektor yang berbeda dan menciptakan aliran pendapatan baru.

AI memiliki potensi untuk meningkatkan produktivitas dan pertumbuhan ekonomi secara signifikan, pada beberapa sektor tertentu. Namun adapula risiko dari AI pada dampak ekonomi terutama pekerja dan masyarakat secara keseluruhan yakni pergantian pekerja menjadi robot, namun hal tersebut harus dituliskan bahwa yang dapat dikerjakan oleh robot adalah pekerjaan berulang sehingga manusia dapat mengerjakan hal kreatif lainnya yang berdampak pada produktivitas dan peningkatan ekonomi (Melehy, 2023).

Menurut penelitian Goralski dan Tan (2020) kaitan AI dengan ekonomi ada pada bidang bisnis, praktik perusahaan, dan kebijakan pemerintah. AI akan mempercepat kemajuan kita dalam Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) atau membawa kita lebih jauh ke jalan menuju ketidakpastian ekonomi yang lebih besar, keruntuhan lingkungan, ataupun pergolakan sosial. AI menghadirkan beragam aplikasi yang dapat berfungsi sebagai pengubah permainan untuk mengejar pembangunan berkelanjutan, yang akan melibatkan banyak aktor dari berbagai negara, budaya, dan sektor. AI bisa menjadi sangat kuat memungkinkan upaya global untuk mempromosikan pembangunan ekonomi pada kasus krisis air, agrikultur, dan kesehatan sanitasi.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *systematic literature review*. Menurut Andriani (2021) *systematic literature review* ini peneliti dapat mengumpulkan berbagai macam jenis jurnal penelitian maupun tesis atau disertasi serta review jurnal dalam penelitiannya, dan dapat dijadikan suatu bahan dalam penelitian. Dalam metode ini dapat di compare maupun digabungkan antara penelitian satu dan penelitian lainnya sehingga dapat ditarik kesimpulan.

Metode ini disebut juga sebagai SLR (*systematic literature review*) Metode SLR digunakan untuk mengidentifikasi, mengkaji, mengevaluasi, dan menafsirkan semua penelitian yang tersedia dengan bidang topik fenomena yang menarik, dengan pertanyaan penelitian tertentu yang relevan (Triandini, et al. 2019).

Systematic Literature Review (SLR) untuk memahami tentang tren penelitian, metode dan arsitektur yang digunakan dalam analisis. Tujuan melakukan SLR adalah untuk merangkum penelitian sebelumnya, untuk mengidentifikasi kesenjangan yang perlu dipenuhi antara penelitian sebelumnya dan saat ini, untuk menghasilkan laporan/sintesis yang koheren, dan untuk membuat kerangka kerja penelitian (Rozi, 2020).

Tujuan studi literatur pada penelitian ini untuk memahami topik riset yang tren, metode, dan arsitektur pada analisis mengenai penggunaan *Artificial Intelligence* pada desain arsitektur dan apakah penggunaan AI tersebut bisa menjadi pendukung pembangunan ekonomi berkelanjutan di Indonesia yang memiliki banyak kesenjangan ekonomi. Sehingga untuk mendapatkan hasil yang komprehensif, penelitian mencari dan mengambil beberapa literatur yang diterbitkan dari jurnal tentang *Artificial Intelligence* dan arsitektur maupun siaran pers pada website/*electronic database* Kementerian Republik Indonesia mengenai perkembangan ekonomi di Indonesia dalam 10 tahun terakhir.

Metode ini dirasa sesuai dengan pertanyaan penelitian, bagaimana posisi desain arsitektur terhadap kemajuan teknologi AI dan juga terhadap aspek ekonomi berkelanjutan di Indonesia.

Hasil dan Pembahasan

Hasil dan sintesis data mengenai Desain Arsitektur dan Artificial Intelligence.

Tabel 3. *Literature* tentang cabang ilmu Arsitektur dan *Artificial Intelligence*.

Peneliti, Tahun, Negara	Judul Penelitian	Desain Penelitian	Subjek Penelitian	Hasil Penelitian
Cudzik & Radziszewski. 2018. Polandia	<i>Artificial Intelligence Aided Architectural Design</i>	metode penerapan algoritma kecerdasan buatan pada praktik arsitektur juga metode pendekatan input dan output data analog, berbasis pada visi dan robotika	Penulis sebagai arsitek yang menggunakan computer aided design (AI)	Kecerdasan buatan memiliki potensi serta terobosan baru dalam dunia desain dengan hasil yang cepat dan instan dalam pemecahan masalah. Namun, peran arsitek tetaplah krusial karena tanggung jawabnya untuk memilih solusi yang paling cocok dari sekian banyak solusi yang diperhitungkan.
Bao & Cheng. 2021. China	<i>Application of AI in BIM and Architecture: Base on the Example of Media Buildings</i>	<i>Literature komprehensif dan studi kasus</i>	Teori algoritma kecerdasan buatan pada bangunan	Menunjukkan bahwa kecerdasan buatan berguna pada pembentukan fasad bangunan. Butuh banyak waktu promosi dan sosialisasi nilai hingga suatu saat akan mampu membuat perencanaan kota dengan kecerdasan buatan. Minimnya eksperimen dan validasi data membuat hasil penelitian ini kurang komprehensif.
Borglund. 2022. Sweden	<i>Artificial Intelligence in Architecture and its Impact on Design Creativity</i>	Metode kualitatif dengan wawancara perwakilan industry sebagai studi pustaka dan dokumen.	Arsitek. Pegawai AEC Industry	AI disebut sebagai alat yang berfokus pada penghematan biaya, daripada menciptakan nilai bagi client yang dipandang sebagai pemecahan masalah desain. Kreativitas terbukti menjadi bagian mendasar dari proses desain.
Harapan, et al. 2021. Indonesia	<i>Artificial Intelligence in Architectural Design</i>	Metode kualitatif. <i>Literature review</i>	-	AI sebagai perangkat lunak yang mampu membuat pekerjaan mudah dan cepat, namun sisi negatifnya adalah pengambilan alih profesi arsitek menjadi digitalisasi, maka dari itu AI harus digunakan secara bertanggung jawab.
Ji, Long Hua. 2022. China	<i>Application and Optimization of Artificial Intelligence Technology in Architectural Design</i>	metode analisis komparatif	-	Masih banyak yang harus dioptimalisasi dalam tcknologi AI dalam ranah desain arsitektr seperti: pemutusan control biaya, jaringan pusat pada teknologi AI sebagai proses desain arsitektur.
Amer, N.A. 2023. Cairo-Egypt	<i>Architectural Design in The Light of AI Concepts and Applications</i>	Literature review dan studi kasus	Teori dan contoh bangunan	AI dianggap sebagai fasilitas pendukung arsitek. Fasilitas ini hanyalah alat yang ampuh untuk membantu arsitek mendapatkan desain alternative. Tidak hanya dalam perencanaan AI dimasa yang akan datang juga akan membantu pekerjaan konstruksi hingga keselamatan kerja yang diperkirakan dapat menekan biaya hingga 20%.
Gallo, et al. 2020. Italy	<i>The Role Of Artificial Intelligence In Architectural Design: Conversation With Designers And Researches</i>	Metode kualitatif	<i>interviews with as many designers and researchers in the AEC industry</i>	Ai merupakan metode yang telah menjadi minat besar di setiap bidang ilmiah dan bidang komersial yang kini sedang ramai diperbincangkan. Kecerdasan Buatan bahkan dapat memutuskan akhir zaman umat manusia. Bahkan di bidang arsitektur, ada diskusi tentang peran mereka dalam praktik, beberapa peneliti dan arsitek mengatakan bahwa pengenalan berikutnya kecerdasan buatan akan membawa modifikasi pada bidang arsitektur.
Likai, W. 2018. Tiongkok	<i>AI Concepts in Architectural Design</i>	Literature review dan studi kasus	<i>Menganalisis desain arsitektur didalam AI serta contoh pada sekolah komputer</i>	AI merupakan metode, secara perkembangannya di masa yang akan datang, AI mampu menjadikan desain arsitektur yang cerdas dan memberikan referensi untuk pekerjaan desain masa depan.

Peneliti, Tahun, Negara	Judul Penelitian	Desain Penelitian	Subjek Penelitian	Hasil Penelitian
Mahendarto, T. 2023. Italia	<i>From Artificial Intelligence to Artificial Consciousness: An Interior Design Implication</i>	metode deskriptif dan kualitatif	argumen dari ilmiah dan sumber populer	Dimasa yang akan datang, AI dianggap akan merubah tatanan dalam interior desain karena interaksi antara manusia akan berkurang dan akan berganti antara interaksi manusia dan robotic, pembicaraan manusia juga akan banyak melalui sinyal digital/panggilan video, sehingga Aturan tentang ergonomi, tingkat kenyamanan, skala, sirkulasi, kedekatan, danproporsi akan menyesuaikan dengan perkembangan teknologi nantinya.
Enjellina, et al. 2023. Indonesia	<i>A Review of AI Image Generator: Influences, Challenges, and Future Prospects for Architectural Field</i>	<i>systematic literature review method by examining 12 journal articles</i>	-	AI Image Generator bisa memberikan satu langkah maju untuk memperluas imajinasi desain menghadirkan beberapa alternatif desain dengan visual berkualitas tinggi. Tantangan terletak pada kemahiran pengguna dalam memberikan perintah teks yang dapat dilakukan oleh program AI mendeteksi.
Zhang & Bowes. 2019. Amerika Serikat	<i>The Future of Artificial Intelligence (AI) and Machine Learning (ML) in Landscape Design: A Case Study in Coastal Virginia, USA</i>	Metode kualitatif	Teori AI dan Machine Learning, studi kasus daerah Coastal Virginia	Secara teori AI dan ML dikonseptualisasikan bahwa arsitek sebagai koreografer, dan untuk memahami cara kerja AI dan ML dalam desain arsitektur maka kita harus memahami lingkungan sibernetika, kita harus menerapkan etika posthumanis dan mengatasi keistimewaan manusia.

Hasil dari pencarian jurnal mengenai AI dan desain arsitektur secara keseluruhan, masing-masing jurnal mengemukakan kelebihan/potensi dari AI juga kekurangan/ancaman yang dihasilkan oleh AI, semua jurnal berpendapat bahwa AI mampu melakukan pekerjaan lebih cepat/efisiensi waktu serta penghematan uang karena hasil yang cepat dan instan. AI juga dianggap sebagai tools/alat/media yang dapat dipergunakan untuk mempermudah pekerjaan arsitek. Perubahan digitalisasi dengan hadirnya AI diharapkan mampu dipergunakan dengan penuh tanggung jawab, sehingga tidak adanya ancaman pergantian profesi arsitek menjadi desain digital/*robotic*. Profesi arsitek/perencana/pendesain dianggap tidak dapat dirubah/dipergantikan dengan sistem kecerdasan buatan, sebab kreativitas manusia yang berwujud ide/konsep dan pemikiran sesuai dengan permasalahan yang terjadi tidak dapat disamakan dengan sistem kecerdasan buatan yang memang terprogram dengan pekerjaan/perintah yang berulang, desain/proses desain tidaklah semudah itu.

Hasil menunjukkan pada tabel 3 diatas mengemukakan beberapa jurnal mengenai AI serta kaitannya dalam ilmu desain arsitektur lainnya seperti interior dan *landscape*. AI atau kecerdasan buatan sedang menjadi perbincangan karena mampu membuat atau *remodeled* desain arsitektur (interior), cukup dengan memfoto ruang tertentu lalu memilih konsep yang diinginkan, jadilah interior desain. Ataupun cukup dengan coretan tangan lalu diproses menggunakan AI maka jadilah bangunan impian. Tidak hanya foto/gambar bahkan kecerdasan buatan/AI sudah mampu mendesain melalui perintah teks, maka sebagai seorang arsitek kita harus mampu memiliki *skill* dalam mengatur/memasukan perintah saat menggunakan AI serta mengedepankan bahwa pemikiran manusia masih diatas pemikiran kecerdasan buatan/mengistimewakan pemikiran manusia.

Hasil dan sintesis data mengenai Ekonomi Berkelanjutan/pembangunan ekonomi berkelanjutan

Sintesis data berdasarkan pemaparan Badan pengkajian MPR RI (2018) bidang ekonomi berkelanjutan. Dalam kajian tersebut memaparkan Kondisi perkeonomian Nasional pada 2017 Indonesia menduduki peringkat ke-16, negara dengan Produk Domestik Bruto (PDB terbesar di dunia, pendapatan perkapita Indonesia mencapai 47,96 juta atau mencapai USD3.605. Pendapatan perkapita Indonesia saat ini masih dalam kategori "*lower middle income*". Pemerataan pendapatan diperlukan antara masyarakat kawasan perkotaan dengan masyarakat kawasan perdesaan, berdasarkan data tahun 2016 bahwa 20% penduduk terkaya di perkotaan menguasai sekitar 47% pendapatan, sedangkan 40% penduduk termiskin hanya menguasai 16% dari total pendapatan.

Hasil sintesis tabel 5 setiap potensi ekonomi selalu ada tantangannya, khususnya di Indonesia potensi Indonesia sangatlah besar karena memiliki kekayaan alam serta budaya yang beraneka ragam, hal ini tentu saja jika tidak diolah dengan baik maka tidak akan mendapatkan hasil yang baik pula khususnya pada bidang ekonomi berkelanjutan. Lalu tantangan yang dimiliki oleh Indonesia adalah akses, serta pembangunan infrastruktur yang belum merata, ditambah pengetahuan dan kepedulian masyarakat tentang ekonomi berkelanjutan juga tidak merata, percepatan teknologi informasi tentu saja berbeda dengan teknologi informasi yang ada di daerah-daerah, oleh karena itu menjadi tugas kita semua sebagai pelaku ekonomi dalam memahami pentingnya ekonomi berkelanjutan untuk kehidupan kita semua.

Tabel 4. Peluang dan tantangan Bidang Ekonomi

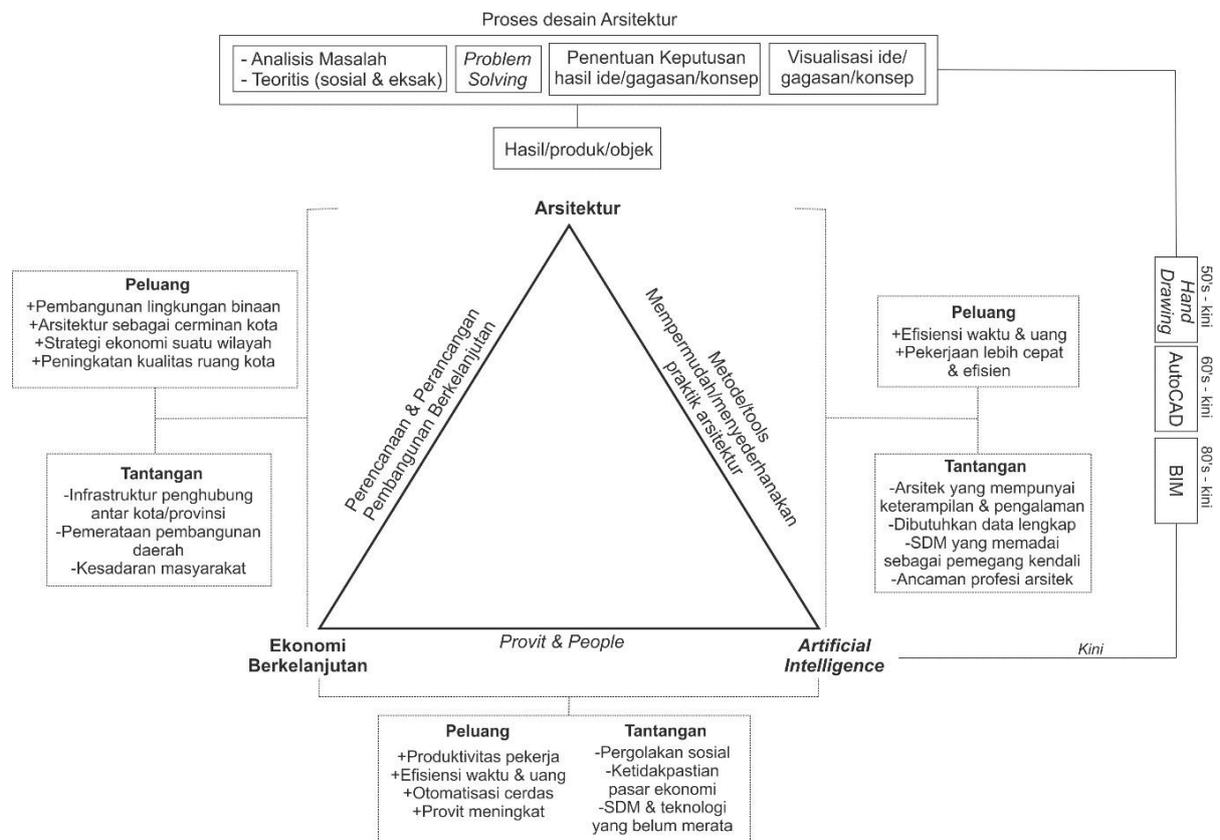
Bidang	Peluang	Tantangan	Arah Kebijakan
Infrastruktur dan Energi	Sumber energi terbarukan maupun tidak terbarukan dengan membangun jalur penghubung antar daerah	Ketersediaan lahan serta skema kerjasama antara pemerintah dengan pengembang swasta	Kebijakan di bidang infrastruktur harus diarahkan fungsi dasarnya yaitu memberikan pelayanan publik yang kian berkualitas
Investasi	Ciri khas kabupaten kota yang memberikan keuntungan investasi	Lemahnya daya saing nasional dan kualitas infrastruktur	Kebijakan investasi harus diarahkan pada kehadiran PMDN dan PMA karena bentuk investasi ini cenderung bersifat jangka panjang
Industri pengolahan	menjadi bagian rantai nilai global pada industri otomotif dan elektronika	Kurangnya kesiapan alih teknologi	Kebijakan untuk mendorong pembangunan kawasan industri penyesuaian sistem dan kurikulum agar selalu terselesaikan tenaga kerja
Ekonomi kreatif	Komponen budaya, keterampilan artistic, dukungan pemerintah, dan memimpin kerjasama internasional bidang ekonomi kreatif	Akses TI yang belum merata, lemahnya perlindungan Hak cipta, tidak adanya data ekonomi kreatif yang akurat, dan rendahnya kesadaran pentingnya ekonomi kreatif	Penyertaan ekonomi kreatif pada kurikulum pendidikan penajaman definisi dan data serta pendataan, dan peningkatan akses keuangan bagi pelaku ekonomi kreatif
Pariwisata	Keindahan nusantara, peraturan bebas visa ke 169 Negara, izin tinggal 30 hari, dan pengembangan infrastruktur	Penjaminan pelestarian destinasi wisata, pengembangan destinasi wisata, serta persaingan ketat	Penambahan destinasi wisata utama, kemudahan investasi penunjang, dan kesadaran masyarakat pentingnya pariwisata
Maritim dan Kelautan	Pengembangan wilayah pesisir dan transportasi laut	Overfishing dan pencurian ikan oleh kapal asing	Kebijakan tentang budidaya perikanan, kebijakan pengembangan kawasan pesisir
Pangan	Pemanfaatan lahan abadi pertanian, pembangunan infrastruktur jalan, waduk, dan irigasi	Daya beli masyarakat rendah, konsumsi per capita turun, teknologi pengembangan pangan belum berkembang, kampanye dan promosi kurang, dll	Arah kebijakan dalam menajala konversi lahan pertanian lahan non pertanian
Perdagangan	Peningkatan ekspor	Biaya logistic tinggi, belum merata fasilitas produksi, hambatan non-tarif untuk negara tujuan, ketergantungan terhadap bahan baku dan barang modal impor	Diversifikasi tujuan ekspor pemanfaatan keduataan bes sebagai market intelligence, memfasilitasi investasi/pengembangan industri pengolahan
Lingkungan	Berkembangnya laboratorium lingkungan di daerah-daerah	Terbatasnya industri pengolahan dan pemurnian, kondisi iklim yang sering berubah,	Pemanfaatan sumberdaya alam terbarukan, peningkatan partisipasi masyarakat,

Tabel 5. *Literature/electronic database* tentang Ekonomi Berkelanjutan

Peneliti, Tahun, Negara	Judul Penelitian	Desain Penelitian	Subjek Penelitian	Hasil Penelitian
Evdokimova, et al. 2021. Russia	<i>Building a Sustainable Economy: Opportunities and Prospects</i>	methods used in the process of conducting this study are analysis and synthesis, generalization, comparison	-	Perkembangan ekonomi ditentukan oleh spesifikasinya perkembangan masyarakat dan kualitas lingkungan masyarakat. Ekonomi berkelanjutan pembangunan tidak mungkin tanpa tanggung jawab kegiatan semua pelaku ekonomi.
Juhro. 2015. Indonesia	<i>Sustainable Economic Growth: Challenges And Policy Strategies</i>	<i>Kajian teknis</i>	-	Capaian kinerja Indonesia dengan rata-rata pertumbuhan ekonomi sekitar 5,5 dalam lima tahun terakhir, disertai dengan tren penurunan inflasi dan rasio utang luar negeri terhadap PDB, serta semakin resiliensinya sektor keuangan sejalan dengan perbaikan iklim usaha dan investasi. Namun tantangannya adalah defisit transaksi berjalan, kualitas pembangunan ekonomi yang perlu ditingkatkan
Global Green Growth Institute. 2016. Indonesia	<i>Mewujudkan Pertumbuhan Ekonomi Hijau untuk Indonesia yang Sejahtera</i>	Sintesis Road map	-	Untuk menghindari yang disebut dengan 'kelompok pendapatan menengah' dan menjadi negara berpenghasilan tinggi pada tahun 2030, Indonesia perlu mempertahankan tingkat pertumbuhan ekonomi yang cepat. Namun, kualitas pertumbuhan ekonomi sama pentingnya dengan laju pertumbuhan. Pertumbuhan ekonomi perlu berpusat pada rakyat agar memberikan kesejahteraan jangka panjang untuk semua warga negara di seluruh negeri. Karakteristik ekonomi sosial, dan lingkungan dari pertumbuhan ekonomi Indonesia akan secara kritis mempengaruhi pembangunan berkelanjutan jangka panjang.

Artificial intelligence dalam Desain Arsitektur serta Kaitannya dalam Aspek Ekonomi Berkelanjutan di Indonesia

Pembahasan AI pada desain Arsitektur serta kaitannya dalam aspek ekonomi berkelanjutan



Gambar 5. Skematik pembahasan
Sumber: Analisa penulis

Mengacu pada semua ulasan di bagian sebelumnya, pemabahasan penggunaan *Artificial intelligence* dalam Desain Arsitektur serta kaitannya dalam aspek Ekonomi Berkelanjutan di Indonesia, maka diperoleh skematik pada gambar diatas. Arsitektur sebagai objek/hasil/produk dari proses berpikir yang ada dalam otak manusia, melalui banyak tahapan bahkan dapat dibilang sebagai ilmu sosial dan ilmu eksak, karena bersinggungan dengan budaya, kehidupan sosial, perhitungan matematika, fisika bangunan hingga teknologi. Semuanya terperses dalam otak manusia dan divisualisasikan melalui bentuk 2 Dimensi atau 3 Dimensi dengan media/tools yang semakain canggih. Kini, tools AI sedang hangat diperbincangkan karena di isukan akan menggantikan umat manusia dengan digital/robotic. AI adalah metode yang menggunakan algoritma seperti kecerdasan manusia, memahami Bahasa, memahami gambar dan menyelesaikan masalah. Namun profesi arsitek secara sistematis disimpulkan tidak bisa digantikan dengan robotik karena ilmu desain tidaklah mudah dan tidak sesederhana seperti menyetir mobil, dan pekerjaan rumah, seorang arsitek harus memegang kendali atas AI karena terdapat analisa masalah, dan pembuat keputusan yang sesuai dengan keadaan tertentu. Di Indonesia, AI tidak hanya diperbincangkan dalam dunia desain, tetapi juga dalam percepatan pembangunan ekonomi di Indonesia, AI dalam aspek ekonomi disebutkan mampu membuat produktivitas dan kreativitas pekerja bertambah karena pekerjaan berulang akan terotomatisasi secara cerdas, sehingga mampu mengefisienkan waktu dan menambah keuntungan.

Kesimpulan

Kemajuan teknologi AI kini yang mencuri banyak perhatian publik, khususnya para arsitek dan desainer, juga bidang ekonomi yang mampu mengerjakan tugas atau perintah hanya dalam bentuk teks dan gambar tangan, sangat cepat dan efisien. Tinjauan literatur menunjukkan bahwa posisi arsitek sebagai perencana dan perancang desain tidak dapat tergantikan dengan sistem digital AI, AI digunakan sebagai alat/metode dalam memudahkan pekerjaan arsitek. Proses yang dilewati arsitek tidaklah sederhana dengan perintah terbatas, karena dalam mendesain sebuah bangunan banyak proses dan masalah yang beragam. Arsitek dan produk arsitektur juga merupakan instrument ekonomi, karena dalam merealisasikan ekonomi berkelanjutan, dibutuhkan infrastruktur yang mendukung di Indonesia. Namun bukanlah tidak mungkin dimasa yang akan datang teknologi AI akan semakin maju dan berkembang pesat, maka penguatan sumber daya manusia juga harus diperkuat agar manusia tetap memegang kendali atas tekonologi yang semakin pesat, dimulai dari pendidikan arsitektur, juga khususnya pemerataan sumber daya manusia di Indonesia, agar kemajuan teknologi ini juga dapat dirasakan di daerah-daerah seluruh Indonesia.

Daftar Pustaka

- Abdelhamid, T.G. (2018). Mateev M., Nightingale J. (eds) *Sustainable Development and Social Responsibility—Volume 1. Advances in Science, Technology & Innovation (IEREK Interdisciplinary Series for Sustainable Development)*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-32922-8_1
- Amer, N.A. (2023). *Architectural Design in The Light of AI Concepts and Applications*. Engineering Journal Vol.2 Issue 2. University Cairo: Egypt. DOI: 10.21608/MSAENG.2023.291906
- Andriani, W. (2021). PENGGUNAAN METODE SISTEMATIK LITERATUR REVIEW DALAM PENELITIAN ILMU SOSIOLOGI. *Jurnal PTK dan Pendidikan*. e-ISSN: 2460-1780 Vol. 7, No. 2, Juli – Desember 2021 (124-133). DOI : 10.18592/ptk.v7i2.5632
- Anonim, (2023). COMPUTER AIDED DESIGN (CAD). https://lms--paralel-esaunggul-ac-id.webpkcache.com/doc/-/s/lms-paralel.esaunggul.ac.id/pluginfile.php?file=/86924/mod_resource/intro/Modul+pembelajaran+6+online,+CAD.pdf (accessed July 2023)
- Arthur, Paul Longley. (2011). “Toward a Global Digital History.” In *Global Media, Culture, and Identity: Theory, Cases, and Approaches*, edited by Rohit Chopra and Radhika Gajjala, 175–87. New York: Routledge.
- Arcvertex, LLC. (n.d.). Advantages And Disadvantages of Using Computer Aided Design (CAD) | ArcVertex. Retrieved July 8, 2023, from <https://www.arcvertex.com/article/advantages-and-disadvantages-of-using-computer-aided-design-cad/>
- Ashadi, A. (2019). *Konsep Desain Arsitektur* (Cetakan pertama November 2019 ed.). Arsitektur UMJ Press. Universitas Muhammadiyah Jakarta: Indonesia
- Badan Pengkajian MPR RI. (2018). *Kajian akademik: Percepatan pembangunan bidang ekonomi berkelanjutan dan sosial budaya dalam naskah haluan negara sebagai rujukan haluan pembangunan nasional* (1st ed., November 2018). Badan Pengkajian MPR RI.
- Bao, Yiyun., & Cheng, Yilin. (2021). *Application of AI in BIM and Architecture: Base on the Example of Media Buildings*. Proceedings of the 2021 International Conference on Public Art and Human Development (ICPAHD 2021). Atlantis Press
- Borglund, Carl. (2022). *Artificial Intelligence in Architecture and its Impact on Design Creativity*. Real Estate and Construction Management, Stockholm: Sweden.
- Ching, Francis D.K. (1995). *A Visual Dictionary Of Architecture*. John Willey & Sons, Inc. Canada. ISBN 0-471-28451-3
- Cudzik, J., & Radziszewski, K. (2018). *Artificial Intelligence Aided Architectural Design. AI FOR DESIGN AND BUILT ENVIRONMENT - Volume 1 - eCAADe 36*. Gdansk University of Technology. Polandia. https://www.researchgate.net/publication/328018944_Artificial_Intelligence_Aided_Architectural_Design
- Designing Buildings Ltd. (2022, August 5). *Manual drafting techniques - Designing Buildings*. Designing Buildings Wiki. Retrieved July 8, 2023, from https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Manual_drafting_techniques

- Designing Buildings Ltd. (2023, February 27). Computer aided design CAD - Designing Buildings. Designing Buildings Wiki. Retrieved July 8, 2023, from https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Computer_aided_design_CAD
- Elmogahzy, Y.E. (2020). 5 - Engineering design in the textile and garment industry, In *The Textile Institute Book Series, Engineering Textiles (Second Edition)*, Woodhead Publishing, Pages 85-117, ISBN 9780081024881, <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102488-1.00005-8>.
- Enjellina, et al. (2023). *A Review of AI Image Generator: Influences, Challenges, and Future Prospects for Architectural Field*. JARINA - Journal of Artificial Intelligence in Architecture E-ISSN: 2829-6257. Vol. 2, No. 1.
- Evdokimova, Y., Egorova, E., Shinkareva, O. (2021). *Building a Sustainable Economy: Opportunities and Prospects*. Advances in Economics, Business and Management Research, volume 195. Atlantis Press.
- Gallo, G., Giovanni F. Tuzzolino, & Fulvio Wirz (2020). THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ARCHITECTURAL DESIGN: CONVERSATION WITH DESIGNERS AND RESEARCHERS. In *The 7th International S.ARCH Conference Architecture Award 2020 (7th ed., p. 198)*. S.ARCH 2020 Sustainable Architecture. ISBN 978-3-9820-758-5-3
- Global Green Growth Institute. 2016. *Mewujudkan Pertumbuhan Ekonomi Hijau untuk Indonesia yang Sejahtera*. Program Pertumbuhan Ekonomi Hijau Pemerintah Indonesia. http://greengrowth.bappenas.go.id/wp-content/uploads/2018/05/20160510161722.GGGI_Roadmap_Synthesis_Ind_lores_spread.pdf
- Goralski, M.A., & Tan, T.K. (2020). Artificial intelligence and sustainable development, *The International Journal of Management Education*, Volume 18, Issue 1, 2020, 100330, NISSN 1472-8117, <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2019.100330>.
- Harapan, A., et al. (2021). *Artificial Intelligence in Architectural Design*. International Journal of Design 1 (2021) 1-6. Universitas Komputer Indonesia. Bandung. Indonesia. <https://ojs.unikom.ac.id/index.php/injudes>
- INTERNATIONAL NETWORK FOR TRADITIONAL BUILDING, ARCHITECTURE & URBANISM. (2016, April 12). *The Art of Architecture: Hand Drawing and Design*. INTBAU. Retrieved July 8, 2023, from <https://www.intbau.org/the-art-of-architecture-hand-drawing-and-design/>
- Janetius, S.T. (2020). *Architectural Psychology: Space, Psyche, Enigma & Symbol*, Mishil & Js Publishers, Thrissur, ISBN: 978-1974307715. PP. 7-12.
- Jerobisonif, A., Manu, dan Amabi. (2019). *Konsep dan Metode Desain Arsitektur Bernard Tschumi*. *Gewang* Vol. 1, No. 1, Oktober 2019, Hal 20-26. Program Studi Arsitektur, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana
- Ji, Long Hua. (2022). *Application and Optimization of Artificial Intelligence Technology in Architectural Design*. Hindawi. *Wireless Communications and Mobile Computing*. Volume 2022, Article ID 5170068, 12 pages. <https://doi.org/10.1155/2022/5170068>
- Juhro, S. M. (2015). *Working paper: Sustainable Economic Growth: Challenges And Policy Strategies*. Bank Indonesia WP/15/2015. <https://publication-bi.org/repec/idn/wpaper/WP152015.pdf>
- Kemenko Perekonomian RI. (2022). *Bangun Ekonomi Berkelanjutan, G20 Terus Kembangkan Blue, Green, dan Circular Economy*. SIARAN PERS HM.4.6/370/SET.M.EKON.3/07/2022 (accessed July 2023)
- Kementerian PUPR- Layanan public pers (2013). *Peran Arsitek Dalam Mewujudkan Pembangunan Berkelanjutan*. <https://pu.go.id/berita/peran-arsitek-dalam-mewujudkan-pembangunan-berkelanjutan> (accessed July 2023)
- Likai, Wei. (2018). *AI Concepts in Architectural Design*. IOP Publishing. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 392 (2018) 062016 doi:10.1088/1757-899X/392/6/062016
- Mahendarto, Trias. (2023). *From Artificial Intelligence to Artificial Consciousness: An Interior Design Implication*. JARINA - Journal of Artificial Intelligence in Architecture E-ISSN: 2829-6257. Vol. 2, No. 1.
- Mahmoodi. (2001). *The Design Process In Architecture A Pedagogic Approach Using Interactive Thinking*. Submitted For The Degree Of Doctor Of Philosophy (PhD). The University Of Leeds School Of Civil Engineering: United Kingdom
- Maulana, A. (2022, September 29). *Pakar Unpad: Ekonomi Berkelanjutan Antisipasi Dampak Pertumbuhan Ekonomi*. Universitas Padjadjaran. Retrieved July 8, 2023, from <https://www.unpad.ac.id/2022/09/pakar-unpad-ekonomi-berkelanjutan-antisipasi-dampak-pertumbuhan-ekonomi/>

- Melehy, A.K. (2023). *The Impact of AI on the Economy: A Comprehensive Analysis*. Cairo University. Mesir. https://www.researchgate.net/publication/370400293_The_Impact_of_AI_on_the_Economy_A_Comprehensive_Analysis/link/644d67f7809a5350213a09a2/download
- Mohamed, Z.S. (2019). Artificial Intelligence Definition, Ethics and Standards. The British Universitas in Egypt. https://www.researchgate.net/publication/332548325_Artificial_Intelligence_Definition_Ethics_and_Standards
- Pemerintah Kota Medan. (2017). KONTEKSTUALITAS ARSITEKTUR SEBAGAI KEBUTUHAN DALAM PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN. Dinas Tata Ruang dan Tata Bangunan. <https://perkimtaru.pemkomedan.go.id/artikel-994-kontekstualitas-arsitektur-sebagai-kebutuhan-dalam-pembangunan-berkelanjutan-.html#> (accessed July 2023)
- Piatkowska, K.K. (2012). *Economy and architecture. The role of architecture in process of building the economic potential of space*. A pre-copyedited version of an article accepted for publication in the Humanities and Social Sciences Review, Vol. 1, No. 2, 2012, pp. 549-555, ISSN: 2165-6258
- Rozi, F. (2020). *Systematic Literature Review pada Analisis Prediktif dengan IoT: Tren Riset, Metode, dan Arsitektur*. Jurnal Sistem Cerdas, 3(1), 43 - 53. <https://doi.org/10.37396/jsc.v3i1.53>
- Szczepański, M. (2019). *Economic impacts of artificial intelligence (AI)*. European Parliamentary Research Service. PE 637.967. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/637967/EPRS_BRI\(2019\)637967_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/637967/EPRS_BRI(2019)637967_EN.pdf)
- Spiegeleire, S.D., Maas, M., and Sweijs, T. (2017). *ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND THE FUTURE OF DEFENSE*. <http://www.jstor.com/stable/resrep12564.7>
- Triandini, E., Jayanatha, S., Indrawan, A., Werla Putra, G., & Iswara, B. (2019). Metode Systematic Literature Review untuk Identifikasi Platform dan Metode Pengembangan Sistem Informasi di Indonesia. Indonesian Journal of Information Systems, 1(2), 63–77. <https://doi.org/10.24002/ijis.v1i2.1916>
- Wikipedia. (2023, Maret 12). Pemodelan informasi bangunan. Wikipedia. Retrieved July 8, 2023, from https://id.wikipedia.org/wiki/Pemodelan_informasi_bangunan
- Zein, Karman. (2022). Tantangan Pendidikan di era digital dalam meningkatkan kualitas generasi. Pandu digital. Kementerian komunikasi dan informatika Republik Indonesia. <https://pandu.kominfo.go.id/blog/416> (accessed 2 Juli 2023).
- Zhang, Z., & Bowes, B. (2019). *The Future of Artificial Intelligence (AI) and Machine Learning (ML) in Landscape Design: A Case Study in Coastal Virginia, USA*. Journal of Digital Landscape Architecture, 4-2019, pp. 2-9. doi:10.14627/537663001. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/637967/EPRS_BRI\(2019\)637967_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/637967/EPRS_BRI(2019)637967_EN.pdf) (accessed Juni 2023)
- https://www.kominfo.go.id/content/detail/32602/pandemi-covid-19-pacu-adaptasi-gunakan-teknologi%20digital/0/berita_satker (accessed Juni 2023)