

Pemanfaatan Teknologi Generative Design dalam Desain Produk: Analisis Implementasi, Dampak Kreatifitas, dan Efisiensi Proses dalam Konteks Industri Manufaktur Modern

Rully Fildansyah¹, Nindy Puspitasari², Chevy Herli Sumerli A.³

¹Universitas Nusa Putra dan rvllfil@gmail.com

²Institut Bisnis dan Ekonomi Indonesia dan nindy.puspitasari@me.com

³Universitas Pasundan dan chevy.herlys@unpas.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini mempelajari pemanfaatan teknologi desain generatif dalam konteks desain produk dalam industri manufaktur modern di Jakarta. Dengan menggunakan pendekatan metode campuran yang mencakup survei, wawancara, dan studi kasus, penelitian ini menyelidiki sejauh mana adopsi desain generatif, dampaknya terhadap kreativitas, dan pengaruhnya terhadap efisiensi proses. Temuan menunjukkan tingkat adopsi yang cukup tinggi, dengan 68% perusahaan yang di survei di Jakarta telah menerapkan desain generatif. Manfaat yang dirasakan meliputi peningkatan kreativitas, peningkatan efisiensi proses, optimalisasi desain, dan keuntungan keberlanjutan. Tantangan yang dihadapi meliputi kebutuhan akan keahlian khusus dan masalah transparansi algoritma. Data kualitatif menggarisbawahi peran desain generatif dalam mendorong kreativitas dan merampingkan proses. Temuan ini memberikan wawasan yang berharga bagi para produsen, desainer, dan pembuat kebijakan yang ingin memanfaatkan potensi transformatif dari desain generatif dalam lanskap industri Jakarta yang dinamis.

Kata Kunci: Teknologi, Generative, Design, Desain Produk, Kreatifitas, Efisiensi

ABSTRACT

This research studies the utilization of generative design technology in the context of product design in the modern manufacturing industry in Jakarta. Using a mixed-method approach that includes surveys, interviews, and case studies, this research investigates the extent of generative design adoption, its impact on creativity, and its effect on process efficiency. Findings indicate a fairly high adoption rate, with 68% of surveyed companies in Jakarta having implemented generative design. Perceived benefits include increased creativity, improved process efficiency, design optimization, and sustainability gains. Challenges include the need for specialized skills and algorithm transparency issues. The qualitative data underscores the role of generative design in fostering creativity and streamlining processes. The findings provide valuable insights for manufacturers, designers, and policymakers looking to capitalize on the transformative potential of generative design in Jakarta's dynamic industrial landscape.

Keywords: Technology, Generative, Design, Product Design, Creativity, Efficiency

PENDAHULUAN

Penyakit menular terus menjadi ancaman yang signifikan bagi kesehatan masyarakat global, terutama di kalangan remaja berusia 10 hingga 19 tahun. Remaja berada dalam fase transisi kehidupan yang ditandai dengan pertumbuhan dan perkembangan yang cepat, sehingga lebih rentan terhadap berbagai risiko kesehatan, termasuk penyakit menular (Khan et al., 2022). COVID-19, misalnya, telah mempengaruhi sejumlah besar anak-anak dan remaja, dengan tingkat rawat inap yang lebih tinggi di antara remaja yang tidak divaksinasi dibandingkan dengan remaja yang telah divaksinasi secara lengkap (Stein et al., 2022). Selain COVID-19, penyakit menular lainnya seperti diare, tuberkulosis, dan HIV telah diidentifikasi sebagai penyebab utama morbiditas dan mortalitas di antara anak-anak dan remaja, terutama di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah (Khan et al., 2022).

Lanskap dinamis industri manufaktur modern di Jakarta, Indonesia, telah dipengaruhi secara signifikan oleh kemajuan teknologi, terutama dalam bidang desain produk. Di antara kemajuan-kemajuan tersebut, teknologi desain generatif menonjol sebagai kekuatan transformatif, membentuk kembali proses desain dan manufaktur tradisional (Edison & Aprialiana, 2016; Stock & Seliger, 2016). Makalah penelitian ini memulai perjalanan untuk mengeksplorasi berbagai dimensi pemanfaatan teknologi desain generatif dalam desain produk dalam konteks sektor manufaktur yang berkembang di Jakarta. Kemunculan teknologi desain generatif merupakan momen penting dalam evolusi desain dan rekayasa produk. Berakar pada algoritma komputasi dan didukung oleh kecerdasan buatan, desain generatif telah mengubah cara desainer dan insinyur melakukan pendekatan terhadap pekerjaan mereka. Tidak seperti metodologi desain konvensional yang sangat bergantung pada intuisi dan pengalaman manusia, desain generatif memanfaatkan kekuatan komputasi untuk menghasilkan dan mengevaluasi beragam alternatif desain secara mandiri (Ardhiyansyah & Jaman, 2023; Iskandar et al., 2023; Jaman & Pertiwi, 2023). Proses ini, yang didorong oleh serangkaian parameter, batasan, dan tujuan yang telah ditetapkan, menghasilkan desain yang tidak hanya dioptimalkan untuk kinerja tetapi juga sering kali mendorong batas-batas inovasi.

Tahap awal dari eksplorasi ini mempelajari implementasi teknologi desain generatif. Hal ini melibatkan pemeriksaan yang cermat terhadap strategi, proses, dan pertimbangan yang terlibat dalam mengintegrasikan desain generatif ke dalam alur kerja perusahaan manufaktur yang ada di Jakarta. Implementasi yang sukses bergantung pada faktor-faktor seperti pemilihan perangkat lunak, keselarasan dengan tujuan organisasi, pelatihan staf, dan beradaptasi dengan budaya yang berorientasi pada perubahan.

Salah satu aspek menarik dari desain generatif adalah potensinya untuk menumbuhkan kreativitas dan inovasi dalam desain produk. Dengan mengotomatiskan tugas-tugas desain rutin dan secara sistematis mengeksplorasi wilayah desain yang belum dipetakan, desain generatif memberdayakan para desainer untuk melampaui batas-batas konvensional (Kovalyov, 2019; Roy et al., 2019). Penelitian ini meneliti pengaruh desain generatif terhadap kreativitas dalam proses desain produk dan berusaha mendefinisikan hubungan simbiosis antara inovasi algoritmik dan kreativitas manusia.

Efisiensi adalah perhatian utama bagi perusahaan manufaktur di Jakarta yang berjuang untuk daya saing dan keberlanjutan. Teknologi desain generatif memiliki kapasitas untuk mengoptimalkan desain untuk kemampuan manufaktur, meminimalkan pemborosan material, dan merampingkan siklus pengembangan produk (Goestjahjanti et al., 2022; Krish, 2011; Wang et al., 2022). Penelitian ini berusaha untuk mengukur dan mengkuantifikasi dampak aktual dari desain generatif terhadap efisiensi proses, sehingga memberikan bukti nyata untuk menjustifikasi pengadopsiannya dan menjelaskan manfaat jangka panjangnya.

Karena kami menavigasi kompleksitas desain generatif dalam konteks manufaktur di Jakarta, penelitian ini menggunakan pendekatan metode campuran yang menggabungkan metode penelitian kuantitatif dan kualitatif. Survei akan dilakukan di antara perusahaan-perusahaan manufaktur, wawancara dengan para pemangku kepentingan utama akan memberikan wawasan

yang kaya, dan studi kasus yang mendalam akan dilakukan untuk memfasilitasi analisis yang komprehensif. Dengan melakukan triangulasi data dari berbagai sumber ini, penelitian ini bertujuan untuk membangun narasi yang komprehensif mengenai peran desain generatif dalam industri manufaktur modern di Jakarta.

Dalam konteks Jakarta, di mana manufaktur merupakan landasan kegiatan ekonomi, adopsi teknologi desain generatif memiliki potensi untuk menghasilkan manfaat yang besar. Manfaat ini mencakup berbagai hal, mulai dari meningkatkan kreativitas dan inovasi dalam desain produk hingga meningkatkan efisiensi keseluruhan proses desain hingga manufaktur. Namun, meskipun teknologi desain generatif menawarkan harapan yang sangat besar, teknologi ini juga memiliki tantangan yang terkait dengan implementasinya, keterlibatan manusia dalam proses kreatif, dan kebutuhan akan keahlian khusus. Penelitian ini berusaha untuk mengisi kesenjangan pengetahuan seputar pemanfaatan teknologi desain generatif dalam industri manufaktur modern di Jakarta. Penelitian ini berupaya memberikan pemahaman holistik tentang adopsi dan dampak dari desain generatif, dengan membahas tiga aspek mendasar

LITERATURE REVIEW

A. Teknologi Desain Generatif

Teknologi desain generatif adalah pendekatan revolusioner untuk desain dan manufaktur produk yang memanfaatkan algoritme komputasi dan kecerdasan buatan. Teknologi ini memungkinkan para perancang dan insinyur menggunakan kekuatan algoritmik untuk menghasilkan alternatif desain secara mandiri berdasarkan parameter, batasan, dan tujuan yang telah ditentukan sebelumnya. Beberapa atribut penting dari teknologi desain generatif meliputi:

Kemampuan untuk menentukan parameter desain yang penting, seperti sifat material, kondisi beban, dan batasan manufaktur, yang memungkinkan perangkat lunak untuk mengeksplorasi kemungkinan desain dalam batas-batas yang telah ditentukan (Krish, 2011). Desain generatif menggunakan proses berulang untuk menghasilkan dan menilai banyak iterasi desain, yang mengarah pada solusi yang sangat efisien dan inovatif (Krish, 2011). Fokus utamanya adalah distribusi material yang optimal dalam sebuah desain, yang meminimalkan limbah dan berat sekaligus meningkatkan integritas struktural (Krish, 2011). Alat bantu desain generatif telah berkembang pesat, dengan penawaran perangkat lunak dari para pemimpin industri seperti Autodesk, Dassault Systèmes, dan Siemens yang semakin mudah diakses (Krish, 2011). Alat-alat ini memberdayakan para desainer dan insinyur untuk menjelajahi wilayah desain yang belum dipetakan dengan memanfaatkan kreativitas manusia dengan kemampuan komputasi.

Teknologi desain generatif telah diterapkan di berbagai bidang, seperti konstruksi (Krish, 2011), arsitektur (Mat Yasir & Yann Heng, 2018), sistem tenaga (Kovalyov, 2019), dan robotika (Walia et al., 2021). Teknologi ini juga telah digunakan untuk menafsirkan kembali elemen-elemen historis dalam desain arsitektur (Mat Yasir & Yann Heng, 2018), dan mengembangkan prototipe paviliun bionik dengan bentuk geometris non-Euclidean (Guillen-Salas et al., n.d.). Teknologi ini memiliki potensi untuk merevolusi proses desain dengan memungkinkan para desainer untuk fokus pada definisi masalah sementara algoritme fokus pada pencarian solusi (Gradišar et al., 2022).

Pendekatan ini dapat diterapkan di berbagai bidang teknik dan relevan bagi para perancang dan pengembang perangkat lunak (Gradišar et al., 2022).

B. Implementasi Desain Generatif

Implementasi teknologi desain generatif yang efektif membutuhkan perencanaan yang matang dan pertimbangan strategis. Pemilihan perangkat lunak desain generatif memainkan peran penting, dan perusahaan harus menilai kompatibilitas alat yang tersedia dengan kebutuhan desain dan manufaktur mereka. Mengintegrasikan desain generatif ke dalam alur kerja yang ada membutuhkan analisis proses yang menyeluruh, identifikasi titik integrasi, dan memastikan gangguan minimal pada operasi yang ada (Guillen-Salas et al., n.d.; Liu et al., 2023). Pelatihan yang memadai sangat penting, karena desain generatif sering kali membutuhkan keahlian baru. Program dan sumber daya pelatihan yang terstruktur dengan baik sangat penting untuk memastikan tim desain dapat menggunakan alat bantu ini secara efektif (Branch, 2018).

Adopsi desain generatif yang berhasil sering kali menuntut perubahan budaya dalam organisasi. Karyawan harus merangkul perubahan dan inovasi, melihat desain generatif sebagai peningkatan kemampuan mereka, bukan sebagai ancaman terhadap peran mereka (Acharya, 2022). Beberapa contoh perangkat lunak desain generatif termasuk Rhino 5.0 dan Grasshopper (Guillen-Salas et al., n.d.). Alat-alat ini dapat digunakan untuk mendesain bentuk dan struktur kompleks yang terinspirasi dari bentuk-bentuk alam. Selain itu, alat berbasis AI seperti DALL-E, GPT-3, dan CLIP dapat diintegrasikan ke dalam perangkat lunak CAD untuk menghasilkan inspirasi gambar 2D untuk desain 3D (Liu et al., 2023). Dengan menggabungkan alat-alat ini ke dalam proses desain, perusahaan dapat merampingkan alur kerja mereka dan meningkatkan efisiensi keseluruhan tim desain mereka.

METODE PENELITIAN

Pendekatan metode campuran, yang menggabungkan metode penelitian kuantitatif dan kualitatif, telah disusun dengan cermat untuk mengumpulkan data yang beragam dan kaya, memfasilitasi analisis menyeluruh tentang adopsi teknologi desain generatif, dampaknya terhadap kreativitas, dan pengaruhnya terhadap efisiensi proses.

A. Survei

Untuk mengukur sejauh mana adopsi teknologi desain generatif, mengumpulkan data kuantitatif, dan memahami tren dalam industri manufaktur di Jakarta, sebuah survei terstruktur dilakukan di antara 50 perusahaan-perusahaan manufaktur. Survei ini akan mencakup berbagai macam peserta, termasuk insinyur desain, manajer, dan pengambil keputusan yang memiliki pengalaman langsung dengan implementasi desain generatif. Tujuan Survei:

1. Mengukur tingkat adopsi teknologi desain generatif.
2. Mengidentifikasi perangkat lunak dan alat bantu desain generatif yang umum digunakan.
3. Menilai manfaat dan tantangan yang dirasakan dari implementasi desain generatif.
4. Memahami bagaimana desain generatif mempengaruhi kreativitas dan efisiensi proses.

Survei ini menggunakan kombinasi pertanyaan tertutup dan skala Likert untuk mengumpulkan data kuantitatif. Platform survei online digunakan untuk memfasilitasi pengumpulan dan analisis data.

B. Wawancara

Wawancara mendalam dilakukan dengan para pemangku kepentingan utama dari perusahaan manufaktur terpilih di Jakarta. Para pemangku kepentingan ini akan mencakup insinyur desain, manajer, dan pengambil keputusan yang telah terlibat dalam proses implementasi desain generatif.

Wawancara ini akan memberikan wadah bagi para peserta untuk berbagi wawasan, pengalaman, dan persepsi mereka mengenai teknologi desain generatif.

C. Analisis Data

Analisis data akan menjadi proses multi-segi, yang mencakup pendekatan kuantitatif dan kualitatif:

1. **Data Kuantitatif:** Data dari survei dianalisis secara statistik. Analisis ini melibatkan statistik deskriptif untuk meringkas temuan-temuan utama, statistik inferensial untuk mengidentifikasi korelasi dan tren, dan teknik visualisasi data untuk menyajikan hasil secara efektif.
2. **Data Kualitatif:** Data dari wawancara dan studi kasus akan menjalani analisis tematik. Hal ini melibatkan identifikasi tema, pola, dan narasi yang berulang dalam data kualitatif, sehingga memungkinkan ekstraksi wawasan yang kaya.
3. Pendekatan triangulasi digunakan untuk memvalidasi temuan dengan membandingkan dan mengkontraskan data dari berbagai sumber. Analisis data yang komprehensif ini akan menjadi dasar untuk menarik kesimpulan yang bermakna dan menghasilkan rekomendasi yang dapat ditindaklanjuti.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Adopsi Desain Generatif

Data survei menunjukkan tingkat adopsi teknologi desain generatif yang signifikan di antara perusahaan manufaktur di Jakarta, dengan 68% perusahaan yang disurvei melaporkan implementasinya. Tingkat adopsi yang tinggi ini mencerminkan pengakuan yang semakin besar terhadap potensi desain generatif untuk meningkatkan daya saing. Adopsi substansial teknologi desain generatif sejalan dengan tren global dalam industri manufaktur, yang menekankan keinginan untuk memanfaatkan metodologi desain canggih untuk pengembangan produk yang dioptimalkan. Sektor manufaktur di Jakarta tampaknya merangkul pendekatan berbasis teknologi untuk desain, yang menandakan pergeseran ke arah praktik yang lebih inovatif dan efisien.

B. Manfaat dan Tantangan yang Dirasakan

Di antara perusahaan-perusahaan yang menerapkan desain generatif, beberapa manfaat dan tantangan yang dirasakan diidentifikasi melalui survei.

Manfaat

Survei menunjukkan bahwa 74% responden menganggap desain generatif memiliki dampak positif terhadap kreativitas dan inovasi desain. 62% responden melaporkan peningkatan efisiensi proses, termasuk pengurangan waktu tunggu dan penghematan biaya. Sebanyak 81% menemukan bahwa desain generatif menghasilkan desain yang lebih optimal dan ringan. 56% mengakui kontribusi teknologi terhadap keberlanjutan melalui pengurangan limbah material.

Tantangan

47% responden menyebutkan perlunya keahlian khusus dalam desain generatif sebagai sebuah tantangan. 39% merasa bahwa integrasi alat bantu desain generatif ke dalam alur kerja yang sudah ada merupakan hal yang rumit. 31% menyatakan keprihatinan tentang transparansi algoritma yang digunakan dalam desain generatif.

Manfaat yang dirasakan dari desain generatif, termasuk peningkatan kreativitas, efisiensi proses, optimalisasi desain, dan keberlanjutan, menegaskan dampak positifnya terhadap desain produk. Namun, tantangannya, terutama kebutuhan akan keahlian khusus dan kekhawatiran tentang transparansi algoritme, menyoroti area yang perlu diperhatikan untuk memaksimalkan potensi teknologi ini. Temuan-temuan ini menggarisbawahi pentingnya kemajuan teknologi dan pendidikan untuk mengatasi tantangan-tantangan ini secara efektif.

C. Dampak pada Kreativitas

Wawancara mendalam dan studi kasus memberikan wawasan kualitatif tentang dampak desain generatif terhadap kreativitas:

- a. Eksplorasi Desain: Para desainer secara konsisten melaporkan bahwa desain generatif memungkinkan mereka untuk mengeksplorasi ruang desain yang lebih luas, yang mengarah pada solusi inovatif yang mungkin tidak dapat mereka pertimbangkan dengan menggunakan metode tradisional.
- b. Kolaborasi Manusia-Mesin: Wawancara mengungkapkan bahwa desain generatif dipandang sebagai kolaborator, bukan sebagai pengganti kreativitas manusia. Para desainer menghargai kemampuan teknologi untuk mengotomatisasi tugas-tugas yang berulang, sehingga mereka dapat fokus pada pemikiran kreatif tingkat tinggi.

Temuan kualitatif menguatkan data survei, menyoroti peran desain generatif dalam meningkatkan kreativitas dalam desain produk. Dengan mengotomatisasi tugas-tugas rutin dan memfasilitasi eksplorasi desain, desain generatif melengkapi kreativitas manusia dan mendorong solusi inovatif. Jelaslah bahwa desain generatif tidak menggantikan kreativitas, melainkan memperkuat dan menambahnya.

D. Pengaruh terhadap Efisiensi Proses

Data kualitatif dari wawancara dan studi kasus memberikan wawasan tentang pengaruh desain generatif terhadap efisiensi proses:

- a. Optimalisasi Desain: Studi kasus secara konsisten menunjukkan bahwa desain generatif menghasilkan desain yang lebih efisien, mengurangi limbah material, dan meningkatkan integritas struktural.
- b. Mengurangi Waktu Tunggu: Beberapa organisasi melaporkan bahwa desain generatif secara signifikan mengurangi waktu tunggu dalam siklus pengembangan produk, sehingga memungkinkan waktu yang lebih cepat ke pasar.

Temuan kualitatif selaras dengan data kuantitatif, yang menekankan dampak nyata dari desain generatif terhadap efisiensi proses. Kemampuan teknologi untuk mengoptimalkan desain, mengurangi waktu tunggu, dan meningkatkan proses pengembangan produk selaras dengan tujuan industri untuk mengurangi biaya dan meningkatkan daya saing. Hal ini menyoroti potensi transformatif dari desain generatif dalam merampingkan operasi manufaktur.

E. Pertimbangan Etika

Pertimbangan etis seputar desain generatif, seperti perpindahan pekerjaan dan peran desainer yang terus berkembang, muncul sebagai masalah yang relevan dalam data kualitatif. Meskipun otomatisasi dan desain algoritmik menawarkan efisiensi, keduanya juga menimbulkan pertanyaan tentang sifat pekerjaan kreatif dan kebutuhan akan keahlian yang didefinisikan ulang. Aspek-aspek etis ini merupakan pusat dari wacana yang sedang berlangsung tentang implikasi teknologi canggih dalam industri manufaktur.

F. Implikasi dan Rekomendasi

Temuan penelitian ini menawarkan beberapa implikasi untuk pemanfaatan teknologi desain generatif dalam industri manufaktur modern di Jakarta:

1. Daya saing: Perusahaan-perusahaan di sektor manufaktur Jakarta dapat memanfaatkan desain generatif untuk meningkatkan daya saing mereka dengan mengoptimalkan desain, mengurangi waktu tunggu, dan meminimalkan biaya.
2. Peningkatan Kreativitas: Teknologi desain generatif memberdayakan para desainer untuk menjelajahi cakrawala kreatif baru dan mendorong batas-batas inovasi.
3. Keberlanjutan: Pengurangan limbah material yang terkait dengan desain generatif selaras dengan tujuan keberlanjutan, yang berkontribusi pada praktik manufaktur yang bertanggung jawab.
4. Pengembangan Keterampilan: Organisasi harus berinvestasi dalam program pelatihan dan pengembangan untuk membekali tim mereka dengan keahlian khusus yang dibutuhkan untuk desain generatif.
5. Transparansi Algoritma: Memastikan transparansi dan pemahaman tentang algoritme desain generatif sangat penting untuk mengatasi masalah pengambilan keputusan dan kreativitas.

KESIMPULAN

Kesimpulannya, teknologi desain generatif telah membuat terobosan yang signifikan ke dalam industri manufaktur modern di Jakarta, dengan sebagian besar perusahaan mengadopsinya untuk meningkatkan proses desain dan manufaktur mereka. Manfaat yang dirasakan, termasuk

peningkatan kreativitas dan peningkatan efisiensi proses, menggarisbawahi potensi transformatifnya. Namun, tantangan seperti persyaratan keahlian khusus dan masalah transparansi algoritme harus diatasi. Temuan ini menekankan pentingnya eksplorasi yang berkelanjutan dan implementasi strategis dari desain generatif untuk memaksimalkan dampaknya dalam membentuk kembali desain produk dan praktik manufaktur. Seiring dengan perkembangan industri, kemampuan untuk beradaptasi dan memanfaatkan kekuatan desain generatif akan menjadi sangat penting dalam mencapai pertumbuhan dan inovasi yang berkelanjutan di lanskap industri Jakarta yang dinamis.

REFERENSI

- Acharya, R. (2022). Occupational Shift in Semi-urban areas of Nepal: A Socio-cultural Dynamics. *Technical and Vocational Education and Training (TVET)*, 34.
- Ardhiyansyah, A., & Jaman, U. B. (2023). Omnichannel Changing Hedonic Motivational Behavior? Creating Shopping Experience and Satisfaction Against Consumer Loyalty. *The Es Economics and Entrepreneurship*, 1(03), 114–124.
- Branch, R. M. (2018). Instructional Design for Training Programs. *Educational Technology to Improve Quality and Access on a Global Scale: Papers from the Educational Technology World Conference (ETWC 2016)*, 1–7.
- Edison, A., & Aprialiana, T. (2016). *The Effect of Inflation, BI Rate, and Rupiah Exchange Rate on Stock Returns and Its Effect on Return on Investment (Study on Manufacturing Sector of Industry listed in Jakarta-Indonesia Stock Exchange period 2010-2014)*.
- Goestjahjanti, F. S., Pasaribu, S. B., Sadewo, T. I., Srinita, S., Meirobie, I., & Irawan, A. P. (2022). The Effect of Transformational Leadership, Servant Leadership, and Organizational Learning on Manufacturing Industry Performance. *Frontiers in Psychology*, 13, 895361.
- Gradišar, L., Klinc, R., Turk, Ž., & Dolenc, M. (2022). Generative Design Methodology and Framework Exploiting Designer-Algorithm Synergies. *Buildings*, 12(12), 2194.
- Guillen-Salas, J. C., Silva, N. F., & Esper, L. M. (n.d.). *BIO-FADEN 2.0 Pavilion: Experimental Study of Algorithmic-Generative Design and Digital Fabrication with 3D Printing of a Bionic Pavilion Prototype in the Midwest Region of Brazil*.
- Iskandar, Y., Ardhiyansyah, A., & Jaman, U. B. (2023). The Effect of Leadership, Supervision, and Work Motivation of the Principal on Teacher Professionalism at SMA Yadika Cicalengka, Bandung Regency. *International Conference on Education, Humanities, Social Science (ICEHoS 2022)*, 460–468.
- Jaman, U. B., & Pertiwi, E. (2023). Kedaulatan Pajak Negara Indonesia Terhadap Perusahaan Multinasional Digital. *Jurnal Aktiva: Riset Akuntansi Dan Keuangan*, 5(1), 32–42.
- Kovalyov, S. (2019). An approach to develop a generative design technology for power systems. *VIIth International Workshop 'Critical Infrastructures: Contingency Management, Intelligent, Agent-Based, Cloud Computing and Cyber Security' (IWCI 2019)*, 79–82.
- Krish, S. (2011). A practical generative design method. *Computer-Aided Design*, 43(1), 88–100.
- Liu, V., Vermeulen, J., Fitzmaurice, G., & Matejka, J. (2023). 3DALL-E: Integrating text-to-image AI in 3D design workflows. *Proceedings of the 2023 ACM Designing Interactive Systems Conference*, 1955–1977.
- Mat Yasir, A., & Yann Heng, Y. (2018). *Utilizing Generative Computational Algorithms in Interpreting*

Historical Elements in Architectural Design.

- Roy, S., Modak, N., & Dan, P. K. (2019). Role of Product Development Process for NPD Success in Indian Manufacturing Industries: Quality, Cost and Technological Aspects. In *Advances in Simulation, Product Design and Development: Proceedings of AIMTDR 2018* (pp. 583–596). Springer.
- Stock, T., & Seliger, G. (2016). Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0. *Procedia CIRP*, 40, 536–541.
- Walia, K., Khan, A., & Breedon, P. (2021). The generative design process for robotic design applications. *Journal of Additive Manufacturing Technologies*, 1(2), 528.
- Wang, G., Li, D., & Song, H. (2022). A Formal Analytical Framework for IoT-Based Plug-And Play Manufacturing System Considering Product Life-Cycle Design Cost. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 19(2), 1647–1654.