

IMPLEMENTASI PENGGUNA ARTIFICIAL INTELEGEN (AI) PADA PLATFORM MIDJOURNEY DALAM ITERASI ARSITEKTUR

GDE BAGUS ANDHIKA WICAKSANA^{1)*}, IDA BAGUS GEDE PARAMA PUTRA²⁾

Universitas Warmadewa

wicaksanandika@gmail.com (corresponding)

ABSTRAK

Bidang arsitektur telah mengalami perkembangan spektakuler selama bertahun-tahun. Pasalnya pada era Industri 4.0, berbagai terobosan sekaligus disrupsi terhadap dunia arsitektur membuat perkembangan pesat yang memungkinkan proses desain untuk menciptakan desain yang lebih unik dan lebih kompleks. Teknologi AI (*Artificial Intelligence*) atau kecerdasan buatan yang sedang berkembang akhir-akhir dalam berbagai lini keilmuan ternyata memiliki potensi bagi perkembangan arsitektur di masa depan. Perkembangan AI yang populer salah satunya adalah kemampuan mengubah gambar menjadi teks memberikan potensi dalam proses iterasi arsitektur atau yang lebih diketahui sebagai fase mencari ide referensi dalam tahapan skematik. Proses mengubah teks atau kata kunci tertentu menjadi gambar ternyata dapat membantu arsitek untuk menemukan pola dan bentuk yang sesuai dengan preferensi, mempercepat proses desain dan menghasilkan desain yang efisien. Selain itu, AI dapat memprediksi performa desain dalam berbagai skenario. Metode analisis data yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan mengobservasi pengaruh penggunaan kata kunci dalam membuat prompt atau perintah terhadap AI pada Midjourney kemudian mengomparasikannya dengan hasil gambar lainnya. Setelah studi komparasi maka akan diukur sejauh mana implementasi penggunaan AI tersebut dalam situasi atau kondisi tertentu dalam fase Iterasi Arsitektur yang terjadi. Berdasarkan hasil analisis gambar maka susunan *prompt* sekaligus menjadi variabel kontrol yang digunakan untuk membuat gambar spesifik dalam membuat iterasi konsep arsitektur yang terdiri dari “Jenis Objek, Jenis Material, Style Arsitektur, Nama Arsitek, Style Render, View, Lingkungan/Background dan Jenis Pencahayaan” Dengan hasil terjemahan *prompt* tersebut maka dapat disimpulkan bahwa semakin spesifik susunan *prompt* yang digunakan sebagai kata kunci maka semakin spesifik pula gambar yang dihasilkan dalam hal ini kita dapat melakukan kontrol terhadap gambar yang ingin digenerasi.

Kata kunci: *Midjourney, Artificial Intelligence, Iterasi, Arsitektur*

ABSTRACT

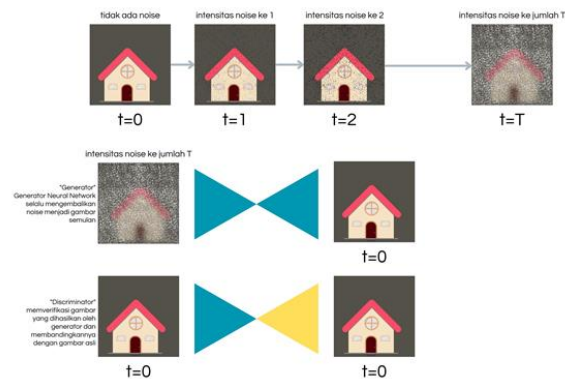
The field of architecture has experienced spectacular developments over the years. The reason is that in the Industrial 4.0 era, various breakthroughs and disruptions to the world of architecture have resulted in rapid developments that enable the design process to create more unique and more complex designs. AI (Artificial Intelligence) technology which is currently developing in various scientific fields has the potential for future architectural developments. One of the popular AI developments is the ability to convert images into text which provides potential in the architectural iteration process or what is better known as the phase of looking for reference ideas in the schematic stage. The process of converting certain text or keywords into images can actually help architects to find patterns and shapes that suit preferences, speeding up the design process and producing efficient designs. In addition, AI can predict design performance in various scenarios. It is an attempt to use artificial intelligence to explore early architectural design concepts. The data analysis method used in this research was to observe the effect of using keywords in creating prompts or commands for AI on Midjourney and then comparing them with the results of other images. After the comparative study, it will be measured to what extent the use of AI is implemented in certain situations or conditions in the Architectural Iteration phase that occurs. Based on the results of image analysis, the prompt arrangement is also a control variable used to create specific drawings in creating architectural concept iterations consisting of "Object Type, Material Type, Architectural Style, Architect Name, Style Render, View, Environment/Background and Type of Lighting" With the results of the prompt translation, it can be concluded that the more specific the order of the prompts used as keywords, the more specific the resulting image will be, in this case we can exercise control over the image that we want to generate.

Keywords: *Midjourney, Artificial Intelligence, Iterasi, Architecture*

PENDAHULUAN

Midjourney merupakan sebuah platform AI Art Generator berbasis program kecerdasan buatan yang dirancang untuk menghasilkan output/luaran berupa gambar berdasarkan input data berupa teks atau gambar. Secara sederhana, sistem kerja Ai Art Generator adalah dengan mempelajari dan menganalisis input data perintah berupa teks atau gambar yang diberikan. Selanjutnya, hasil analisis akan diberikan kepada pengguna dalam bentuk gambar baru. berikut adalah gambaran kerja Midjourney.

Secara sistem Midjourney menggunakan sistem generatif berbasis GAN (Generative Adversarial Networks). Mekanisme sederhananya, saat pengguna memasukkan *prompt* teks, generator gambar AI dimulai dengan bidang noise visual, mirip dengan statis televisi. Kebisingan secara bertahap dikurangi melalui difusi laten, menghasilkan gambar yang mewakili objek dan konsep yang dijelaskan dalam *prompt*. Ilustrasi ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 1. Deskripsi GAN pada Proses *Text-to-Image*

Selama pelatihan, string vektor disediakan dengan gambar vektor, yang berfungsi sebagai label untuk diskriminator saat membandingkan. Selain itu, jika perintah yang diberikan tidak memiliki gambar nyata, seperti "Apel menari di langit", pembeda harus menjalankan beberapa jaringan saraf untuk membandingkan 'Apel', 'Orang menari', dan 'Langit'. Proses ini juga dikenal sebagai 'generasi multimodal'. Desain arsitektur diyakini oleh banyak orang sebagai salah satu bidang yang akan banyak ditangani oleh AI di masa depan. AI dapat membantu arsitek dalam mencari pola dan bentuk yang cocok dengan lingkungan dan preferensi konsumen. AI juga dapat membantu arsitek mengkonfigurasi dan menyesuaikan bentuk dan pola, mempercepat proses desain, dan menghasilkan desain yang lebih efisien dan ramah lingkungan. AI juga akan membantu arsitek dalam menganalisis lingkungan dan memprediksi bagaimana desain akan berfungsi dalam situasi tertentu. sebuah dunia virtual yang saling terhubung, yang memungkinkan arsitek untuk menciptakan desain yang lebih interaktif. AI juga dapat digunakan untuk mengoptimalkan proses konstruksi serta pengaturan desain dalam proses pembuatan lingkungan binaan contohnya melalui pembuatan dan analisis denah lantai (Chaillou, 2022). Dengan semua ini, AI akan menjadi salah satu komponen penting dari desain arsitektur di masa depan. membuktikan janji ini ketika diterapkan pada lingkungan binaan. Secara khusus, kami menerapkan AI untuk pembuatan dan analisis denah lantai.

Ranah konseptual dalam bidang arsitektur merupakan proses kompleks yang mengacu pada pengalaman dan kreativitas untuk memikirkan langkah desain baru. Untuk saat ini kecerdasan buatan masih terbatas sebagai proses untuk pencarian solusi awal dalam mendesain dan belum sepenuhnya bisa menjadi solusi desain akhir karena masih banyak pertimbangan yang diperlukan untuk menterjemahkan proses tahapan konseptual. Proses ini harus dianggap sebagai eksplorasi persyaratan awal dalam tahapan mendesain (Pena dkk, 2022)

MidJourney adalah platform yang menggabungkan berbagai solusi teknologi untuk membantu perusahaan dan individu dalam membuat keputusan yang berdampak luas. Platform ini menggabungkan berbagai teknologi, seperti AI, big data, teknologi proses bisnis, dan teknologi pembelajaran mesin, untuk membantu perusahaan dan individu dalam mengambil keputusan yang tepat dan cerdas. MidJourney juga menyediakan berbagai layanan untuk membantu perusahaan dan individu dalam menghadapi tantangan yang mereka hadapi, seperti analisis data, perencanaan strategis, dan pemodelan. Platform ini juga dapat membantu perusahaan dan individu dalam mengambil keputusan yang tepat dan membuat prediksi yang akurat. Dalam arsitektur midjourney menggunakan metode generatif model difusi dari teks menjadi gambar dengan memanfaatkan kecerdasan buatan untuk menghasilkan konsep arsitektural, gagasan, dan pencitraan. Sistem ini dapat menghasilkan sejumlah besar citra dalam waktu yang sangat singkat berdasarkan sepenuhnya dari kata-kata tertulis (Vermillion, 2022).

Jika dijelaskan secara mendetail Midjourney merupakan teknologi yang menggunakan algoritma pengenalan pola untuk mengenali dan mengklasifikasikan gambar. Algoritma ini berfungsi untuk mengidentifikasi dan memahami informasi dalam bentuk gambar. AI Image juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi pola dalam

gambar, sehingga dapat membantu dalam pengambilan keputusan yang berguna. AI Generative Image dalam Desain Arsitektur adalah suatu proses yang menggunakan algoritma AI untuk menghasilkan desain arsitektur yang unik dan kreatif. Proses ini dapat membantu desainer arsitektur untuk mengeksplorasi ide-ide baru dan menciptakan desain yang lebih baik dan lebih kompleks. Ini juga dapat digunakan untuk mengoptimalkan proses desain dengan cara memilih dan mengintegrasikan komponen-komponen desain yang paling ideal. Teknologi AI pada saat ini juga dapat digunakan untuk membangun bangunan yang lebih ramah lingkungan dengan memilih material yang lebih ramah lingkungan dan memasukkan strategi penghematan energi dalam desain. Kombinasi Arsitektur dan Artificial Intelligence (AI) dapat digunakan untuk meningkatkan kinerja dan efisiensi desain dan pengembangan arsitektur. AI dapat membantu dalam memecahkan masalah kompleks dan membantu dalam menemukan solusi yang optimal. AI juga dapat membantu dalam mengoptimalkan desain arsitektur dengan menyederhanakan proses desain dan meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan. AI dapat juga digunakan untuk meningkatkan keselamatan dan keamanan bangunan dengan menggunakan teknik pengenalan wajah dan pola suara. AI juga dapat digunakan untuk memantau dan menganalisis kondisi lingkungan, seperti cuaca, suhu, dan banyak lagi. AI juga dapat membantu dalam meningkatkan kualitas lingkungan dengan mengoptimalkan penggunaan bahan bakar fosil dan melakukan pengontrolan polusi.

Dari penjabaran diatas maka melalui penelitian ini akan dilakukan upaya untuk menggunakan teknologi Ai atau kecerdasan buatan untuk mengeksplorasi kemungkinan disrupsi yang terjadi khususnya di bidang arsitektur. Dengan keyakinan bahwa teknologi ini di masa depan menjadi suatu langkah iterasi yang dapat mempersingkat maupun memberikan persona kreativitas saat arsitek bekerja untuk menggugah idenya. Sebagai tahapan dalam dunia edukasi, teknologi artificial intelegent memainkan peran sebagai proses kreatif dalam ranah konseptual untuk mewujudkan ide-ide sebagai pemacu dalam tahapan proses desain selanjutnya.

Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan tersebut selanjutnya menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini , diantaranya:

1. Apa saja yang menjadi objek iterasi konsep arsitektur menggunakan model difusi Artificial Intelegent (AI) pada midjourney?
2. Bagaimana proses penggunaan iterasi konsep arsitektur menggunakan model difusi Artificial Intelegent (AI) pada midjourney?

Tujuan Penelitian

Tujuan dari studi ini adalah untuk mengetahui penggunaan teknologi AI (Artificial Intelegent) atau kecerdasan secara tepat guna dalam proses iterasi pembuatan konsep visual arsitektur serta menemukan metode baru dengan melibatkan teknologi difusi AI dalam tahapan konseptual pada proses perancangan arsitektur. Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui objek-objek yang menjadi fokus iterasi konsep arsitektur menggunakan model difusi Artificial Intelegent (AI)
2. Menganalisis kemungkinan proses modifikasi yang terjadi visualisasi konsep arsitektur melalui iterasi menggunakan model difusi AI.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode komparatif untuk membandingkan gambar satu dengan gambar lainnya sebagai hasil generasi dalam setiap kata kunci yang berbeda.

Metode Pengumpulan Data

- a. Pengumpulan hasil gambar berdasarkan penentuan *prompt* atau kata kunci yang diinginkan.
- b. Penggunaan variasi kata kunci dalam penentuan *prompt*

Metode Analisis Data

Metode analisis data yang dilakukan adalah dengan mengobservasi pengaruh penggunaan kata kunci dalam membuat *prompt* atau perintah terhadap AI pada Midjourney kemudian mengomparasikannya dengan hasil gambar lainnya. Setelah studi komparasi maka akan diukur sejauh mana implementasi penggunaan AI tersebut dalam situasi atau kondisi tertentu dalam fase Iterasi Arsitektur yang terjadi.



Studi Komparasi kompleksitas penggunaan kata-kata untuk mewujudkan hasil gambar sesuai yang diinginkan

Gambar 2. Metode Penelitian penggunaan AI dalam Studi Komparatif

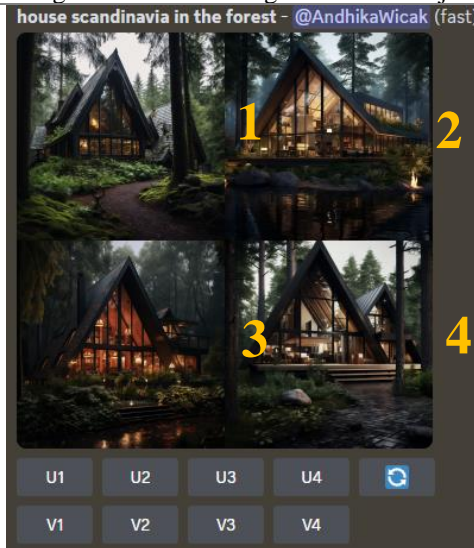
HASIL DAN PEMBAHASAN

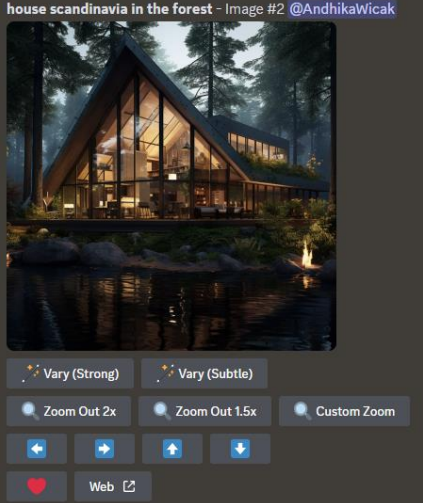

Struktur *Prompt* dalam Pembuatan Iterasi Arsitektur

Sebagai AI Art Generator, Midjourney berbasis cloud computing yang berarti segala proses dilakukan pada sistem cloud. Sederhananya kita hanya menggunakan perangkat lain untuk memproduksi gambar kemudian hasilnya di kirim ke perangkat kita. Untuk mengontrol gambar yang dihasilkan Midjourney menyediakan tools yang dideskripsikan pada tabel berikut.

Tabel 1. Tools dalam pembuatan Iterasi Arsitektur

Fitur	Deskripsi
Fungsi Generate	
<code>/imagine</code>	membuat gambar berdasarkan <i>prompt</i> atau kata kunci
<code>/describe</code>	membuat gambar berdasarkan gambar referensi yang diupload
<code>/blend</code>	mengkombinasikan 2-4 gambar untuk dijadikan gambar baru
Fungsi Visualisasi	
U1	Memperbesar Gambar 1
U2	Memperbesar Gambar 2
U3	Memperbesar Gambar 3
U4	Memperbesar Gambar 4
V1	Perintah untuk memberikan opsional variasi terhadap gambar 1
V2	Perintah untuk memberikan opsional variasi terhadap gambar 2
V3	Perintah untuk memberikan opsional variasi terhadap gambar 3
V4	Perintah untuk memberikan opsional variasi terhadap gambar 4
Re-roll	Perintah untuk memberikan opsional lain

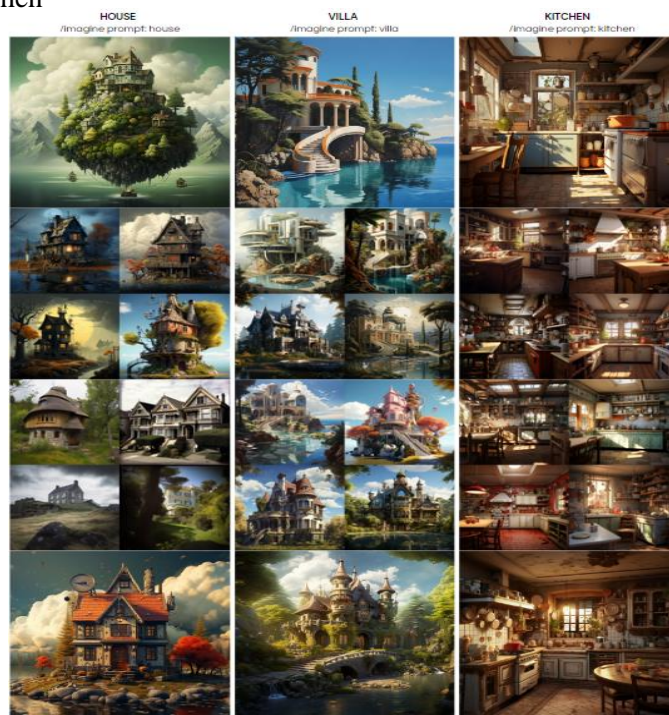


Fitur	Deskripsi
Fungsi Kontrol	
Vary (strong)	Membuat gambar baru dengan tingkat variasi modifikasi gambar yang cukup signifikan
Vary (subtle)	Membuat gambar baru dengan variasi modifikasi gambar yang lebih sedikit
Zoom Out 2x	Memperluas bidang canvas sebanyak 1.5x, dengan menambahkan objek ekstra sesuai dengan keyword <i>prompt</i> .
Zoom Out 1.5x	Memperluas bidang canvas sebanyak 2x, dengan menambahkan objek ekstra sesuai dengan keyword <i>prompt</i> .
Custom Zoom	Memperluas bidang canvas secara <i>custom</i> dengan nilai 0.1 > 2.0, dengan menambahkan objek ekstra sesuai dengan keyword <i>prompt</i> .
Pan 	Menambah ekstra canvas ke arah kanan, kiri, atas, dan bawah sekaligus menambahkan objek sesuai dengan keyword <i>prompt</i> .

Permodelan Dasar *Prompt* dalam tipologi Arsitektur

Penggunaan dasar *Prompt* 1 (satu) kata merupakan tahapan awal untuk mengenal bagaimana Midjourney bekerja dalam memproduksi gambar. Melalui 1 kata ini kita sudah dapat menghasilkan gambar sesuai dengan keinginan kita, namun dengan hasil yang tidak bisa dikontrol secara spesifik. Gambar yang dibuat melalui 1 kata akan menghasilkan banyak varian dan jenisnya. Format Penulisan *prompt* dalam Midjourney adalah sebagai berikut

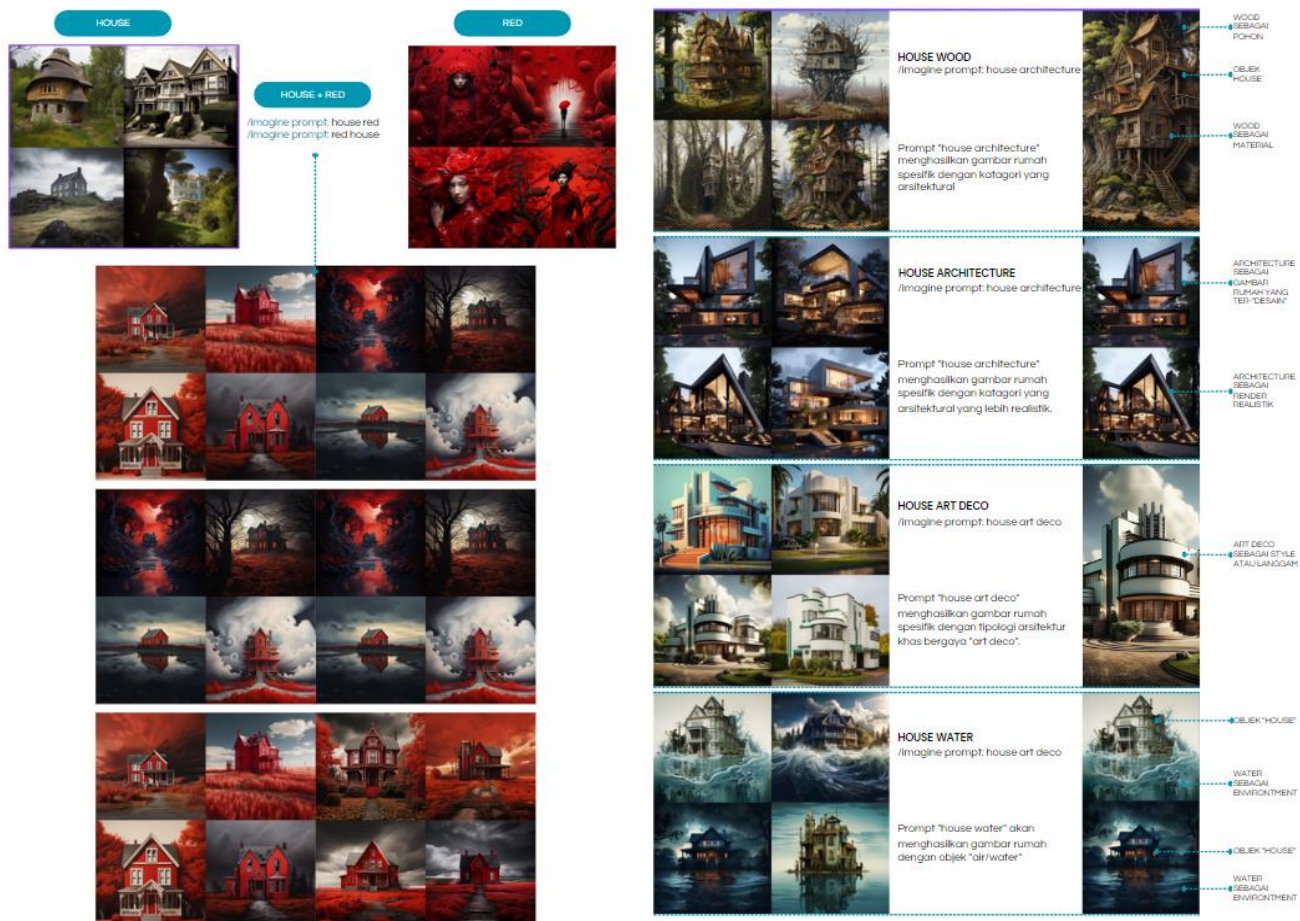
- /Imagine *Prompt*: House
- /Imagine *Prompt*: Villa
- /Imagine *Prompt*: Kitchen



Gambar 3. Model Penggunaan 1 *Prompt*

Kombinasi penggunaan 2 (dua) kata sangat mempengaruhi kontrol terhadap gambar yang dihasilkan. Dengan menggunakan lebih dari 2 (dua) komposisi kata, kita dapat memberikan batasan yang lebih spesifik lagi terhadap hasil gambar yang diinginkan. Misalnya kita dapat memberikan keterangan tambahan objek berupa warna, material, langgam, style gambar dan lain-lain seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut. dengan konfigurasi *prompt* seperti dibawah ini

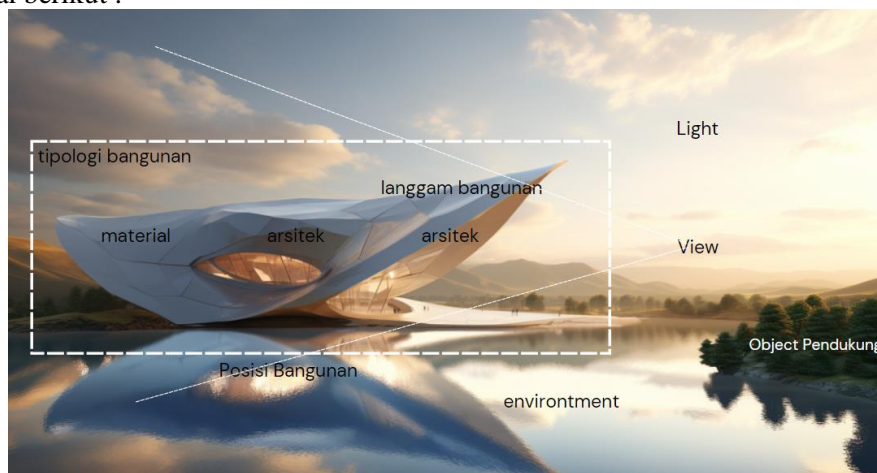
- /Imagine Prompt: House Red
- /Imagine Prompt: House Wood
- /Imagine Prompt: House Architecture
- /Imagine Prompt: House Water



Gambar 4. Model Penggunaan 2 Prompt

Penentuan Jenis Keyword atau Prompt :

Berdasarkan gambar berikut, maka akan terdapat beberapa hal yang menjadi kontrol terhadap kata kunci atau *prompt* yang akan disediakan hal tersebut untuk mendapatkan hasil spesifik terhadap susunan *prompt* yang didefinisikan sebagai berikut :



Gambar 5. Penentu Kontrol Pengaturan Prompt

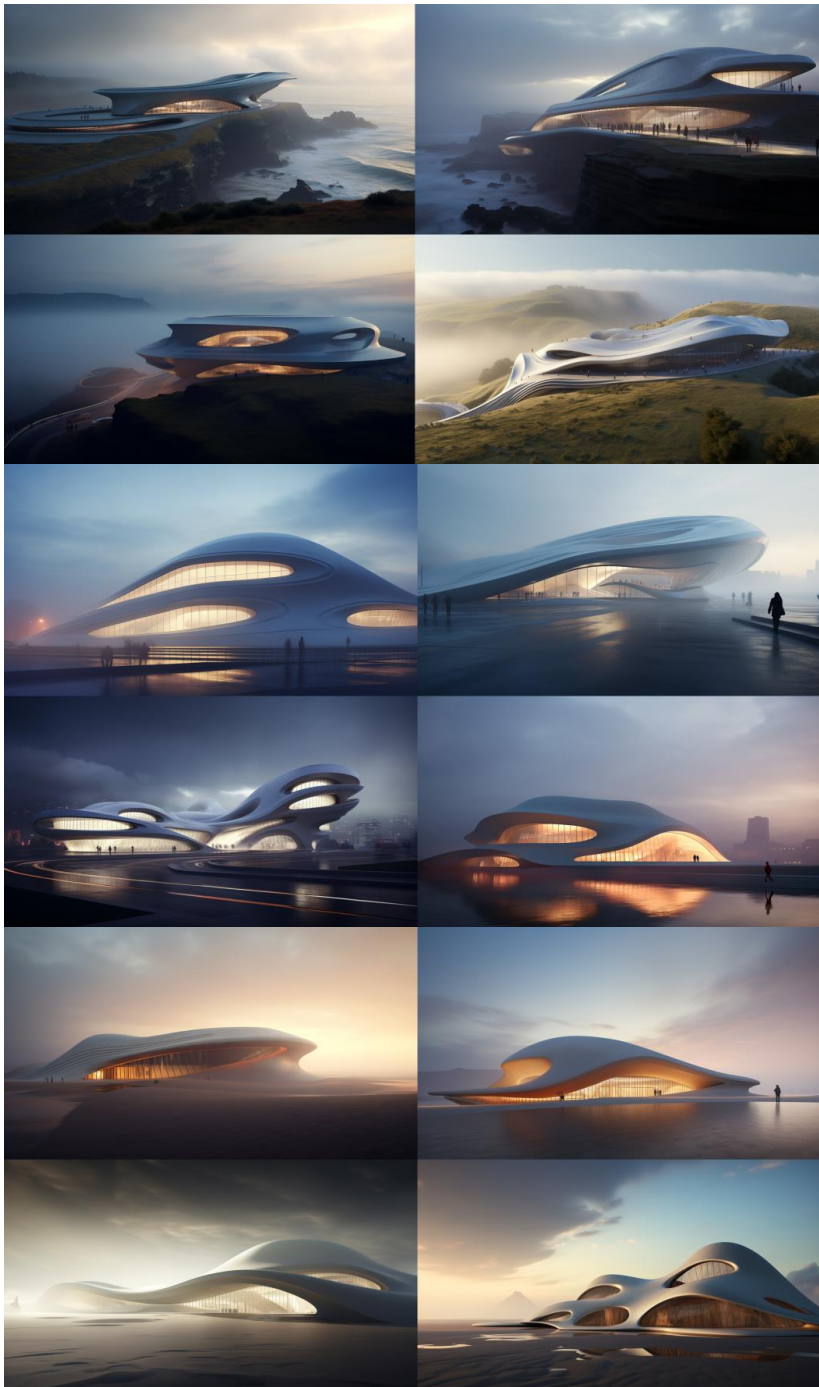
Berdasarkan hasil analisis gambar diatas maka susunan *prompt* yang digunakan untuk membuat gambar spesifik dalam membuat iterasi konsep arsitektur yang dapat disimpulkan sebagai berikut :

“Object + Jenis Material + Style Arsitektur + Nama Arsitek + Style Render + View + Lingkungan/Background + Jenis Pencahayaan”

Berikut adalah penjabaran mengenai susunan *prompt* tersebut yang ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 2. Penjabaran Mengenai Komponen Kata Kunci Penyusun *Prompt*

No	Jenis Keyword	Keterangan
1	Object	Mengacu pada tipologi arsitektur yang diinginkan seperti : <ul style="list-style-type: none"> - Rumah - Hotel - Resort - Villa - Restaurant dll.
2	Material	Mengacu pada jenis material spesifik yang akan digunakan seperti : <ul style="list-style-type: none"> - Kayu - Kaca - Bambu - Beton - Tanah dll.
	Architecture Style	Mengacu pada ragam gaya atau tema serta langgam arsitektural tertentu seperti : <ul style="list-style-type: none"> - Art Deco - Modernism - Baroque - Brutalism - Organic - Vernacular
	Architect Name	Menggunakan acuan karya arsitek ternama yang akan berdampak terhadap jenis gaya arsitektur yang dihasilkan seperti : <ul style="list-style-type: none"> - Zaha Hadid - Frank Lloyd Wright - Kengo Kuma - Frank Gehry - Peter Zumthor dll.
	Style render	menggunakan acuan jenis render yang diinginkan sebagai finishing visual yang diinginkan <ul style="list-style-type: none"> - Mir rendering - Octane rendering - Plastic Raw Model - Architecture Sketch - Concept Art dll.
	View	Mengacu pada sudut pandang tampilan objek yang ingin ditampilkan seperti : <ul style="list-style-type: none"> - Perspective View - Aerial View - Top View - Isometric View dll.
	Environment	Sebagai pengaturan terhadap lingkungan atau lokasi tempat objek berada seperti : <ul style="list-style-type: none"> - Gurun - Padang Rumput - Kutub - Tropis - Menghadap Jalan dll.
	Light	Sebagai pengaturan terhadap jenis pencahayaan yang terjadi terhadap object yang dikontrol seperti : <ul style="list-style-type: none"> - Natural Light - Day Light - Cinematic Light - Neon Light dll.



museum building, **Tropical rainforest**, Realistic fog, Zaha Hadid, Global Illumination, octane render --ar 16:9

museum building, **the Edge of Cliff**, Realistic fog, Zaha Hadid, Global Illumination, octane render --ar 16:9

museum building, **Sea**, Realistic fog, Zaha Hadid, Global Illumination, octane render --ar 16:9

museum building, **Sahara Desert**, Realistic fog, Zaha Hadid, Global Illumination, octane render --ar 16:9

Gambar 6. Hasil Kontrol Pengaturan Prompt

Semakin spesifik susunan prompt yang digunakan sebagai kata kunci maka semakin spesifik pula gambar yang dihasilkan dalam hal ini kita dapat melakukan kontrol terhadap gambar yang ingin digenerasi. Gambar diatas menunjukkan kontrol terhadap setting lokasi dari setiap bangunan. Penggunaan pembeda kata kunci lokasi seperti *Tropical*, *Edge of the cliff*, *sea*, dan *sahara dessert* memberikan perbedaan terhadap lingkungan terbangun. Langkah selanjutnya adalah melakukan simulasi terhadap *brief* atau deskripsi hasil rancangan rumah yang lebih. Berikut adalah contoh simulasi deskripsi "Villa langgam moderen dengan anak tangga pada area depan dan terdapat pohon palem tepat disebelah kursi outdoor, didepan villa terdapat kolam dengan boneka bebek mengapung". Berikut adalah hasilnya ditunjukkan pada gambar dibawah.



Gambar 6. Hasil Simulasi Deskripsi sebagai *Prompt* untuk Rancangan Villa

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan pada hasil pengolahan data dan analisis dalam “Permodelan Interaktif Perancangan Arsitektur Dan Kawasan Berbasis Augmented Reality (AR), maka dapat diambil kesimpulan bahwa dengan Permodelan Data Iterasi menggunakan AI Art Generator pada aplikasi Midjourney menggunakan sistem GAN yang dapat memproses gambar hanya berdasarkan kata atau keyword yang diberikan. Perlakuan *prompt* dan dampaknya terhadap proses gambar yang dihasilkan memiliki struktur tersendiri untuk menghasilkan kontrol terhadap hasil gambar. Penambahan *prompt* atau kata kunci seperti material, style, facade dan lain-lain akan memberikan perintah spesifik terhadap hasil gambar. Dengan data yang sudah terkumpul maka proses iterasi dilanjutkan dengan mengolah keyword dan gambar sebagai referensi bagi sistem AI untuk memposisikan hasil gambar sebagai bagian proses iterasi dalam perancangan arsitektur. Berdasarkan hasil analisis gambar maka susunan *prompt* sekaligus menjadi variabel kontrol yang digunakan untuk membuat gambar spesifik dalam membuat iterasi konsep arsitektur yang terdiri dari “Object + Jenis Material + Style Arsitektur + Nama Arsitek + Style Render + View + Lingkungan/Background + Jenis Pencahayaan”. Dengan hasil terjemahan *prompt* tersebut maka dapat disimpulkan bahwa semakin spesifik susunan *prompt* yang digunakan sebagai kata kunci maka semakin spesifik pula gambar yang dihasilkan dalam hal ini kita dapat melakukan kontrol terhadap gambar yang ingin digenerasi. Gambar diatas menunjukkan kontrol terhadap setting lokasi dari setiap bangunan.

Saran

Untuk studi lanjutan disarankan untuk melakukan penelitian terhadap fitur-fitur lainnya yang sudah dikembangkan dalam Midjourney. Sehingga dapat menemukan variabel lain untuk memeriksa adanya kemungkinan variabel lain yang turut serta berpengaruh terhadap representasi tingkat struktur *prompt* atau kata kunci dalam menghasilkan iterasi gambar spesifik

DAFTAR PUSTAKA

- Agkathidis, A. (2015). *Generative Design Form + Technique*. London: Laurence King Publishing Ltd.
- Artha, C.A., (2011). *Eksplorasi Desain Menggunakan Generative Algorithm Pada Perancangan Fasad Kampus ATMI Cikarang*, Tesis Jurusan Arsitektur – Institut Teknologi Bandung
- Ashadi. (2019b). *Arsitek Arsitektur Dekonstruktivis*. Jakarta Pusat: Arsitektur UMJ Press.
- Kolarevic, B. (2003). *Architecture in the Digitalage: Design and Manufacturing*. London: Taylor & Francis.
- Krish, S. (2011). *A Practical Generative Design Method*. Computer-Aided Design, 88-100

- McCarthy, J. (2007). *What is artificial intelligence?*.
- Sepehr, A., Goudling, J. S., Rahimian, F. P., & Ganah, A. (2013). *INTEGRATION OF BIM AND GENERATIVE DESIGN TO EXPLOIT AEC CONCEPTUAL DESIGN INNOVATION*. *Information Technology in Construction*, 350-359.
- Shea, K., Aish, R., & Gourtovaia, M. (2005). *Towards integrated performance-driven generative design tools*. *Automation in Construction*, 253-264.
- Sorguc, A., Özgenel, Ç. F., & Kruşa, M. (2018). *Architecture 4.0: A New Manifestation of Contemporary Technology*. *Digital Transformation & Smart Systems Conference*, 45-48.