

Implementasi Animasi *Opacity Map* untuk Membuat Ilustrasi *Digital Artistic Line*

Sigied Himawan Yudhanto^{1*}, Restu Ismoyo Aji², Aris Sutejo².

¹Prodi Diploma III Desain Komunikasi Visual Sekolah Vokasi Universitas Sebelas Maret

²Desain Komunikasi Visual – Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

*Email: sigiedhy@staff.uns.ac.id

Info Artikel

Kata Kunci :

animasi, 3D, Ilustrasi, *digital art*,
Opacity map

Keywords :

animation, 3D, *Illustration*, *digital art*, *Opacity map*

Tanggal Artikel :

Dikirim : 10 Juli 2024

Direvisi : 3 November 2024

Diterima : 11 November 2024

Abstrak

Animasi *Opacity map* merupakan metode sederhana yang di gunakan oleh aplikasi untuk membuat animasi 3 dimensi (3D) untuk membuat model berbasis tekstur. Model yang di buat adalah tekstur (2D) yang proyeksikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode baru dalam pembuatan ilustrasi digital berbasis garis (*artistic line*) dengan memanfaatkan teknik animasi *Opacity map*. Pendekatan ini diharapkan dapat meningkatkan fleksibilitas dan kompleksitas visual dalam proses ilustrasi digital. Metodologi penelitian menggunakan pendekatan eksperimental, yang di kombinasikan dengan teknik penelitian *artistic* di mana *Opacity map* diterapkan untuk mengatur tingkat transparansi pada berbagai elemen garis, sehingga menghasilkan efek visual yang dinamis dan berlapis. Hasil utama penelitian menunjukkan teknik dalam menciptakan dimensi dan kedalaman yang lebih kaya pada ilustrasi 2D, yang sebelumnya sulit dicapai dengan teknik manual konvensional. Kontribusi penelitian ini meliputi pengembangan metode yang dapat diaplikasikan dalam berbagai proyek visual 2D, serta menawarkan pendekatan baru dalam desain grafis dan ilustrasi digital yang memungkinkan penciptaan efek visual yang lebih ekspresif dan menarik. Secara lebih luas, penelitian ini memberikan kontribusi bagi perkembangan ilustrasi digital, khususnya dalam memperkaya teknik visual berbasis garis yang dapat diintegrasikan dalam berbagai media kreatif. *Output renderer* adalah *3D still image* atau format non audio visual. *Z Modifier* yang digunakan adalah *UVW map* dengan sedikit perubahan pada modifikasi *gizmo* dan 7 buah parameter yang terdapat pada *UVW map*. *Mapping Parameter* terdiri dari *Planar*, *Cylindrical*, *Spherical*, *Shrink Warp*, *Box*, *Face*, *XYZ to UVW*, dengan parameter *Tile UVW* rata-rata 1.0 hingga 1.5 untuk U, berada di angka 1.0 untuk V dan 1.5 untuk W dan koordinat *Alignment* rata-rata berada di titik X.

Abstract

Opacity map animation is a straightforward method employed by applications to create three-dimensional (3D) animations, specifically for developing texture-based models. The result is a projected 2D texture. This research aims to introduce a new technique for creating line-based digital illustrations, referred to as artistic lines, by utilizing Opacity map animation methods. This approach is anticipated to enhance flexibility and visual complexity in the digital illustration process. The research methodology adopts an experimental approach integrated with artistic research techniques. It involves applying an Opacity map to adjust the transparency levels of various line elements, leading to dynamic and layered visual effects. The main findings of the research illustrate how this technique can produce richer dimensions and depth in 2D illustrations—something that was previously challenging to achieve with conventional manual techniques. The contributions of this research include the development of a method applicable to various 2D visual projects, as well as the introduction of a new approach to graphic design and digital illustration.

This enables the creation of more expressive and engaging visual effects. More broadly, the research advances the field of digital illustration, particularly in enhancing line-based visual techniques that can be integrated into diverse creative media. The output of the renderer is a 3D still image or a non-audiovisual format. The Z Modifier utilized in this research is the UVW map, which undergoes slight adjustments in the gizmo modification and includes seven parameters within the UVW map. The mapping parameters encompass Planar, Cylindrical, Spherical, Shrink Warp, Box, Face, and XYZ to UVW conversions. The Tile UVW parameters range from an average of 1.0 to 1.5 for U, with V fixed at 1.0 and W at 1.5, while the alignment coordinates average at the X point.

1. PENDAHULUAN

Kemajuan dari perkembangan teknologi secara estetika telah memacu cita rasa desain visual baru, begitu menggugah hingga mampu mencapai *level* yang lebih tinggi dan lebih tinggi lagi, hanya dengan terus meningkatkan imajinasi, kreativitas, dan kemampuan kinerja kemampuan desainer visual, agar dapat memenuhi kebutuhan untuk menghasilkan karya seni visual yang menarik. [1]. *Opacity map* merupakan bagian dari penggunaan material untuk memberi tekstur objek yang telah dibuat, *Opacity map* adalah representasi grafis visual berisi komponen data yang dalamnya direpresentasikan sebagai kombinasi dua buah warna. Prinsipnya, pada nilai warna yang coraknya tinggi direpresentasikan sebagai warna yang cerah dan corak nilai warna yang lebih rendah direpresentasikan dengan warna yang gelap. Pemetaan opasitas dari terang dan gelap diwakili oleh sebuah nilai transparansi. Nilai yang lebih tinggi cenderung direpresentasikan sebagai buram dan nilai yang lebih rendah cenderung direpresentasikan sebagai transparan. Nilai di antara keduanya akan tampil secara semi-transparan. Dasar *Opacity map* adalah menambahkan transparansi ke bagian-bagian 3D model yang telah di buat. [2] *Opacity* hanya mengenal *alpha channel* yaitu warna hitam, abu-abu atau putih. Area Hitam memungkinkan transparansi penuh, abu-abu memungkinkan transparansi semi dan putih memblokir transparansi apa pun. Pada era kemunculan game 3D dimensi pada generasi *console* Playstation pertama teknik *Opacity map* sering digunakan oleh game yang memiliki tampilan kamera yang bergerak secara *real-time*, misal pada *game* dengan genre racing, FPS, RTS, *adventure* dan lainnya.

Opacity map, sebuah teknik yang memungkinkan pengaturan tingkat transparansi objek, telah dikenal dalam dunia animasi dan efek visual untuk menghasilkan transisi yang halus dan efek berlapis. Namun, penerapan *Opacity map* secara khusus dalam pembuatan ilustrasi berbasis garis masih relatif jarang dijelajahi. Padahal, teknik ini memiliki potensi untuk menciptakan efek visual yang dinamis pada karya seni berbasis garis, menjadikan ilustrasi lebih hidup dan ekspresif. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi implementasi animasi *Opacity map* dalam pembuatan ilustrasi *digital artistic line*, dengan harapan dapat menawarkan alternatif teknik yang dapat memperkaya hasil visual ilustrasi. Studi ini menggunakan pendekatan eksperimental dengan menerapkan *Opacity map* pada elemen garis dalam ilustrasi. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat dihasilkan ilustrasi digital yang memiliki kedalaman, dimensi, dan efek dinamis yang lebih tinggi. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi bagi pengembangan teknik ilustrasi digital, tetapi juga membuka kemungkinan baru dalam proses kreatif bagi para ilustrator dan desainer grafis.

Penggunaan model dengan *Opacity* tekstur memudahkan spesifikasi *console game* yang pada saat itu memiliki jumlah VRAM yang terbatas, sehingga *developer game* akan melakukan sebuah metode yang dapat memanipulasi tanpa mengorbankan aspek visual. Di bawah ini adalah dua contoh *game* klasik yang menggunakan teknik *Opacity map*. *Opacity map* sering digunakan dalam *game* karena *game engine* memiliki kemampuan terbatas dalam menangani objek model poligon, semisal seorang *3D modeling* harus membuat pohon sebagai *3D asset* tentu akan sangat tidak efisien dan lama jika harus membuat setiap objek daun, tapi dengan implementasi *Opacity map* model yang di rancang akan lebih cepat dan efisien. Eksperimen seorang seniman atau desainer dalam pengembangan dan penerapan 3D visualisasi sangat terbuka lebar, termasuk dalam penerapan visualisasi pada bidang *art and design*. Memaksimalkan potensi dari berbagai macam jenis perangkat lunak animasi Hal ini merupakan kemampuan bagaimana mencari celah dalam melakukan inovasi dalam dunia seni dan seni terapan. Peningkatan inovasi dan kreativitas sebuah hasil karya akan memberikan bentuk baru yang dapat menjadi nilai tambah yang akan sangat bermanfaat dan memberikan interaksi pengalaman yang tercipta selama proses perancangan karya tersebut [3].

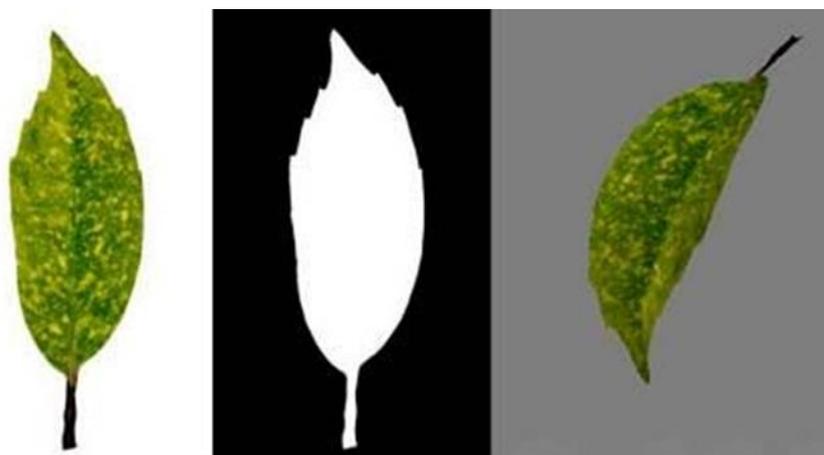


Gambar 1. Penggunaan *opacity map* pada model pohon dan pagar pada game *Army Men (1998)* dan *Nascar Rumble (2000)*

[Sumber: GOG.com dan Electronic Arts.com]

Dari kedua contoh di atas dapat disimpulkan bahwa *opacity map* adalah metode untuk menjembatani penggunaan visual 3D dengan tampilan 2D. Metode tersebut memanipulasi penggunaan objek 3D yang akan di tampilkan dalam *scene* agar *scene* dari *environment* perancangan tetap terlihat artistik dengan banyaknya jumlah asset yang digunakan dan tidak terkesan kosong. Aspek teknis implementasi tersebut terlihat dari tampilan tatap muka aplikasi material editor jika objek buram (*opaque*) dalam keadaan default memiliki sifat yang tidak tembus pandang seperti *solid object* dan bentuk-bentuk 3D model seperti batu, pohon, pagar, kemudian model tersebut pada bagian tekstur *diffuse* dikombinasikan dengan warna hitam dan putih sehingga tercipta objek *opaque* geometri yang kemudian di pasang *opacity map* maka bagian warna hitam akan di render hilang oleh *render engine* implikasinya adalah *modeler* akan cepat dan efisien sehingga tugas pemodelan kompleks menjadi jauh lebih mudah. [4].

Opacity map tidak tergantung pada parameter visualisasi saat ini dan Teknik *opacity map* dapat dengan mudah di aplikasikan ke volume *rendering integral* dan dikombinasikan dengan pendekatan lain untuk semisal visualisasi *region of interest* (ROI). [5]. Animasi *Opacity* tidak bisa dilepaskan dari transparansi, dan transparansi tidak bisa dilepaskan dari *alpha channel* sehingga penting untuk mengetahui beberapa format file gambar yang mendukung *alpha channel*. Sebagaimana kita fahami format JPG tidak mendukung *alpha*, sedangkan Targa dan PNG memiliki kemampuan menyimpan *alpha*. Pada tab render, setiap aplikasi 3D animasi pada area *output*, ada opsi untuk mengubah format file image hasil render menjadi gambar dengan beberapa pilihan spesifikasi, termasuk ingin gambar menjadi BW (skala abu-abu), RBG (warna tanpa dukungan *alpha*), atau RGBA (warna dengan dukungan *alpha channel*). [6]. Transparansi dinamis dapat digunakan baik dalam aktif atau mode pasif. Mode pasif adalah ketika transparansi dinamis dilakukan pada seluruh tampilan visual yang terlihat oleh *audience* [7].



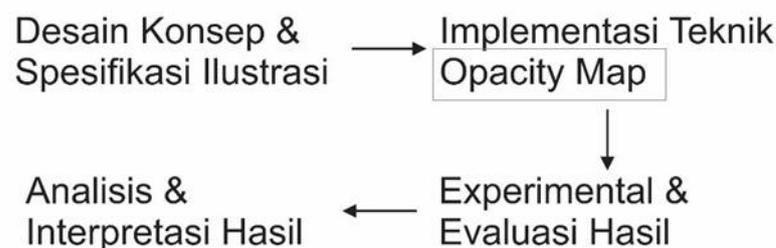
Gambar 2. *Diffuse map*, *alpha channel map*, dan *opacity map*

[Sumber: mimari3D.com]

Pembahasan ini adalah bagaimana memanfaatkan aplikasi 3D untuk merancang sebuah karya 3D dengan pendekatan ekperimental dan memanfaatkan fitur *opacity map* yang tentu saja bisa menambah alternatif karya yang di hasilkan karena banyak 3D artis yang masih memanfaatkan aplikasi 3D untuk membuat karya animasi moving atau karya *still image* [8]. *Opacity map* dipilih karena urgensi yang di harapkan adalah bagaimana proses *link and match* antara aplikasi yang familier digunakan oleh para 3D animator tapi juga bisa bermanfaat oleh para seniman yang ingin mencari bentuk baru dalam bereksplorasi dalam membuat karya yang bersifat ekperimental. *Opacity map* memainkan peran signifikan dalam desain visual dan animasi 3D, di mana teknik ini sering diterapkan pada objek 3D untuk mengendalikan efek cahaya dan bayangan secara terperinci. Dalam konteks ini, *opacity map* dapat memberikan fleksibilitas tambahan pada penciptaan efek *shading* dan *highlight* yang tidak hanya meningkatkan kualitas estetis, tetapi juga menambah realisme visual [9]. Studi terkini oleh [10] menyoroti bahwa penerapan *opacity map* dalam proses rendering 3D mampu menambah kesan transparansi dinamis pada objek yang kompleks, seperti kaca, asap, atau cairan, yang sulit dicapai dengan teknik tradisional. Hal yang menarik dan jauh lebih kompleks adalah sejauh mana semua kreativitas memiliki kualitas dan setiap karya baru yang dihasilkan memiliki potensi untuk membongkar berbagai macam bentuk kemungkinan baru. [11]. *Dynamic image* hasil rendering akan menghasilkan beberapa *alternative* gambar sehingga mana yang lebih sesuai dengan keinginan hasil akhir desainer. [12]. Konten 3D biasanya terdiri dari berbagai elemen geometris, struktural, spasial, garis, dan presentasi, proses pembuatan konten harus mengaktifkan inferensi, yaitu proses menentukan elemen konten secara eksplisit. Inferensi dilakukan secara otomatis—oleh perangkat lunak dalam hal ini aplikasi 3D yang disebut sebagai mesin penalaran. Misalnya, setiap objek divisualisasikan dalam 3D, aplikasi sebagai mesin penalaran akan menyimpulkan apa bentuk objek yang tercipta. [13]. Perkembangan teknologi secara signifikan meningkatkan kemampuan aplikasi dan pemodelan. Jadi, hari ini sangat mudah untuk mendapatkan model 3D dari gambar 2D. Oleh karena itu, pertanyaannya adalah aplikasi mana yang digunakan atau yang mudah untuk merancang bagian proses tersebut.

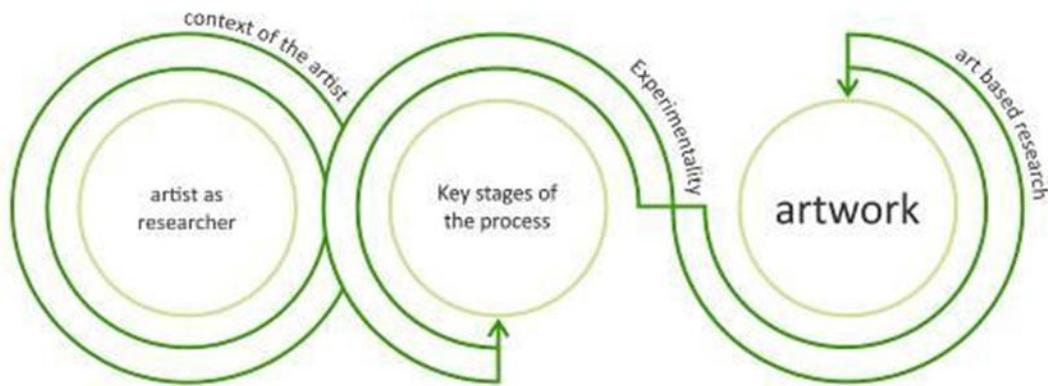
2. METODE PENELITIAN

Keselarasan hasil dari kombinasi tekstur merupakan komposisi medium rupa yang di rancang dalam pendekatan citra nirmana sehingga hasil yang didapatkan akan selaras. dan keselarasan merupakan asas dan prinsip dasar dalam berkarya [14]. Dalam perancangan karya desain terdapat proses yang tidak linier karena ada banyak *loop* sekaligus umpan balik untuk mendapatkan sifat desain yang berulang dan sekaligus mengakomodasi wawasan yang diperoleh pada setiap tahapan proses dimana hasilnya berupa pendekatan ini untuk pemecahan masalah [15], [16]. Penelitian menggunakan metode *Key stages of the process* yang merupakan bagian dari pendekatan *Research Process in Art and Design* yang bersifat sebagai studi penelitian *artistic*, sebagaimana di tampilkan dalam Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. *Research Process in Art and Design*

Penelitian *artistic* dalam pandangan epistemologis, dimana praktisi adalah peneliti; dari sini perspektif informasi, akan mengidentifikasi masalah yang dapat diteliti berbasis praktik langsung, dan merespons melalui aspek praktik. Perannya beragam, terkadang: sebagai generator dalam bahan penelitian/perancangan karya seni/desain, dan peserta terlibat dalam kreatif proses melalui pengamatan dan refleksi atas tindakan, hasil diskusi dengan orang lain, sehingga hasil pengamatan orang lain untuk menempatkan penelitian dalam konteks, dan mendapatkan perspektif lain, [17] penelitian sebagai sebuah bentuk perancangan pengetahuan telah menarik dan meningkat perhatiannya di bidang seni kreatif [18]. Dimana hal tersebut juga cukup populer dalam perancangan visualisasi pada *VR Games* [19]. Proses praktik bersifat *iterative* dan *reflective* dalam mengolah respon yang didapat selama perancangan [20]. Proses perancangan karya di visualisasikan dalam diagram narasi di bawah ini yang merupakan turunan dari *diagram the conception of artistic research* oleh Agnė Alesiuėtė dalam *monograph Mapping Artistic Research Towards Diagrammatic Knowing* [21].



Gambar 4. Diagram perancangan Animasi Ekperimental dengan menggunakan metode artistic
[Sumber: Mapping Artistic Research Towards Diagrammatic Knowing, 2018]

Opacity map mengandung kemampuan transparansi untuk aplikasi *realtime* [16]. Ketika ingin mewujudkan desain *artwork 3D*, *workflow* adalah perlu dipersiapkan kemampuan melakukan pemodelan terlebih dahulu. Kedalaman pemodelan tidak hanya memengaruhi progres dalam berkarya sekaligus beban kerja desain 3D, tetapi juga kualitas dan efisiensi keseluruhan ilustrasi yang di hasilkan [22]. Untuk ilustrasi garis artistik semuanya dimulai dengan penerapan *plane* objek pada aplikasi 3D [23] bersifat Seluruh proses perancangan menggunakan aplikasi 3ds Max dan juga bisa menggunakan berbagai macam aplikasi animasi 3D populer yang lain, karena fitur *opacity map* merupakan fitur mandatori yang dapat ditemukan di seluruh aplikasi animasi 3D. Kelemahan ekperimentasi animasi ini adalah jika dengan menggunakan Autodesk 3ds Max adalah tidak dapat digunakan pada PC lama atau *low-end*, [24] hal ini mengakibatkan kinerja yang sangat rendah dan lamban ketika kita menggunakan spesifikasi PC dengan prosesor rendah.

Langkah pertama adalah mempersiapkan tekstur yang akan digunakan sebagai *opacity map*. Tekstur ini umumnya berupa gambar *grayscale* atau hitam-putih di mana warna hitam akan dianggap sebagai area transparan, sedangkan warna putih sebagai area opak. Untuk efek garis artistik, tekstur yang dipilih sering kali berupa pola garis atau desain yang diinginkan. Eksperimen dilakukan dengan menggunakan tekstur garis. Penggunaan *software* grafis seperti Adobe Photoshop atau Illustrator sangat berguna untuk membuat pola-pola ini. Misalnya, pola garis halus dapat diatur dengan variasi ketebalan atau jarak antar garis untuk mendapatkan efek yang lebih kaya dan sesuai dengan konsep artistik. Setelah tekstur *opacity map* siap, langkah selanjutnya adalah mengaplikasikannya pada material di 3ds Max. Berikut adalah langkah-langkahnya:

- **Buka Material Editor:** Masuk ke 3ds Max dan buka *Material Editor*. Pilih material yang akan digunakan pada objek.
- **Menambahkan *Opacity map*:** Di bagian *opacity* atau transparansi dari material tersebut, tambahkan tekstur yang telah disiapkan. Pastikan slot ini mendukung pemetaan *grayscale*, di mana nilai hitam-putih akan mempengaruhi transparansi.
- **Pengaturan Parameter *Opacity*** dengan menentukan seberapa kuat efek transparansi yang diinginkan. Biasanya berkisar dari 0 (transparan penuh) hingga 1 (tidak transparan sama sekali).

Eksperimen Artistik:

- Bereksperimen dengan *opacity level* untuk mendapatkan efek yang sesuai. Misalnya, jika efek garis yang diinginkan adalah tipis dan halus, *opacity level* bisa diturunkan.
- Mencoba berbagai pengaturan *blending* untuk menciptakan perbedaan visual pada area tertentu dari *material*.

Pengaturan *UV Mapping*

Agar tekstur *opacity map* terdistribusi secara tepat pada objek, *UV mapping* harus diatur dengan baik. Langkah-langkahnya:

- **Menentukan *Unwrapping UVW*** dengan melakukan *unwrapping UVW* agar tekstur *opacity* dapat dipetakan dengan akurat sesuai posisi yang diinginkan.
- Sesuaikan skala dan rotasi *UV map* sesuai kebutuhan. Misalnya, jika ingin pola garis terlihat lebih besar atau lebih kecil, **Eksperimen Artistik** variasi pada skala *UVW* bisa menghasilkan efek artistik yang berbeda, misalnya pola garis yang lebih rapat atau lebih renggang.
- Bereksperimen dengan *unwrapping UVW* pada area-area tertentu saja untuk mendapatkan efek yang tidak seragam, yang mungkin menambah aspek artistik pada ilustrasi digital.

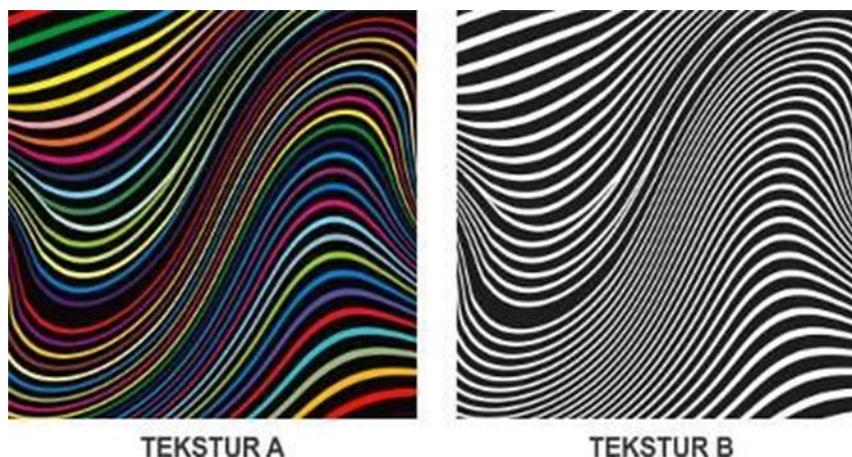
Animasi *Opacity map*

- **Pengaturan *Keyframe* untuk Animasi *Opacity*:** Tambahkan *keyframe* di *timeline* untuk mengubah nilai *opacity* atau menggeser tekstur *opacity* di setiap *frame*.
- **Penggunaan Parameter *Time* atau *Offset Map*:** dengan mengatur *time* atau *offset map* pada *opacity map* untuk menghasilkan efek transisi yang dinamis. **Eksperimen Artistik:**
- Ubah *keyframe* pada interval yang berbeda untuk melihat bagaimana efek garis berubah secara dinamis.
- Menyesuaikan kecepatan perubahan *opacity* agar sesuai dengan gaya yang diinginkan, seperti efek *slow fade-in* atau *fade-out* yang bisa memberikan kesan lembut pada animasi.

Dalam konteks penelitian ini, keberhasilan *opacity map* dilihat dari seberapa baik efek garis artistik yang tercipta dapat merepresentasikan konsep ilustrasi yang diinginkan. Setiap eksperimen artistik menghasilkan variasi pola yang akan diulas kembali untuk memilih kombinasi yang paling sesuai dengan gaya artistik dari ilustrasi digital yang hendak dicapai.

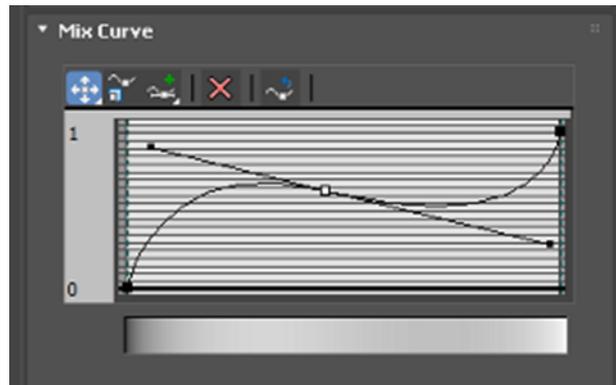
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan tekstur untuk material menggunakan aplikasi berbasis *vector* seperti Adobe Illustrator. Dibuat dengan ukuran 1080 px X 1080 px di buat menggunakan 2 versi tekstur, yang pertama versi penuh warna (*colorfull*) dan versi kedua adalah versi hitam putih, Tekstur A dimana adalah objek gambar, dengan bentuk garis dengan gelombang yang teratur namun dinamis, dan tekstur B adalah gambar yang sama tapi tampil dengan objek garis berwarna putih dan objek di luar gambar garis harus menggunakan warna hitam, dimana pada aplikasi material pada aplikasi 3D warna tersebut akan dibaca sebagai *alpha channel*, format harus menggunakan PNG atau Targa, pembuatan kedua tekstur tersebut merupakan bagian dari proses perancangan desain tekstur dengan alur kerja untuk rendering berbasis fisik menggunakan pembuatan tekstur model *procedural* [25] Tekstur yang di gunakan sebagaimana Gambar 5.



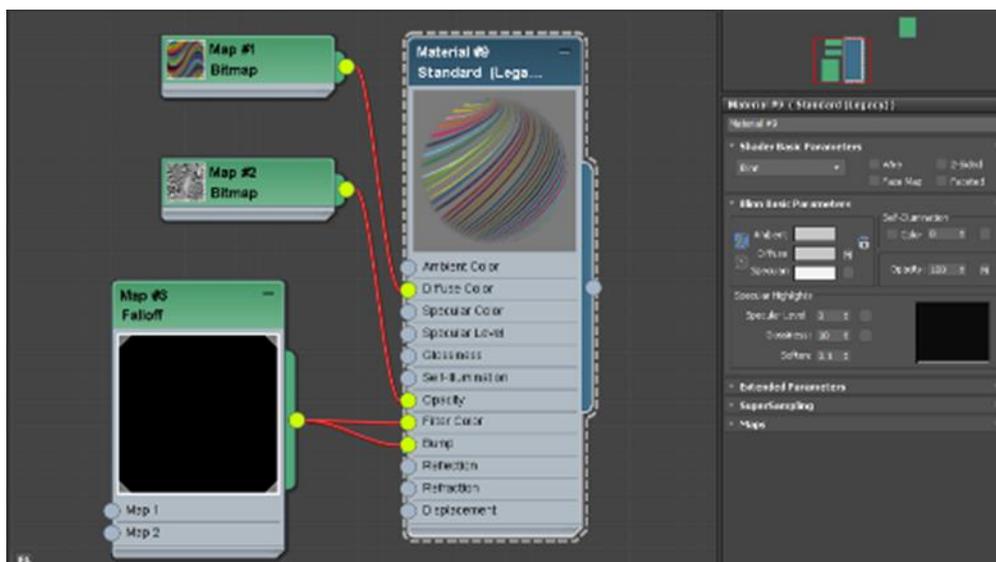
Gambar 5. Tekstur A dan B
[Sumber: Dokumentasi Pribadi]

Kemudian dilakukan Impor objek untuk kemudian dijadikan *assign material* pada objek yang telah di tentukan, *Mapping*: untuk memilih metode pemetaan yang sesuai seperti "*Spherical*" atau "*Cylindrical*". *Tiling*: Atur *tiling* atau pengulangan gambar jika diperlukan. *Opacity*: Sesuaikan tingkat *opacity* atau kejernihan objek dengan memindahkan *slider* atau mengubah nilai. *Preview* dan *render*: Setelah mengatur *opacity map*, selanjutnya terdapat tahapan *Tweak* eksperimen: Jika hasilnya belum sesuai dengan yang diinginkan, dapat kembali ke langkah sebelumnya dan menyesuaikan pengaturan *opacity map* atau parameter lainnya untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Lakukan eksperimen dan kreativitas untuk menciptakan efek visual yang menarik. Setelah sesuai dengan hasil yang di harapkan pada aplikasi 3ds Max pastikan *assign renderer* menggunakan *default* pilih pada bagian setting *rendering* -> *render setup* -> *production* dan *material editor* kemudian pilih *scanline renderer* kemudian buka *material editor*, pada *slide material* pilih *material standar (legacy)* pada *diffuse input* tekstur A dan pada *opacity map* pilih tekstur B, parameter *bump* dan *filter color* gunakan *map falloff* atur parameter falloff type menjadi -> menjadi *Fresnel* dan bagian bawah *mix curve* tambahkan *addpoint* dan atur *curve* sebagaimana Gambar 6.



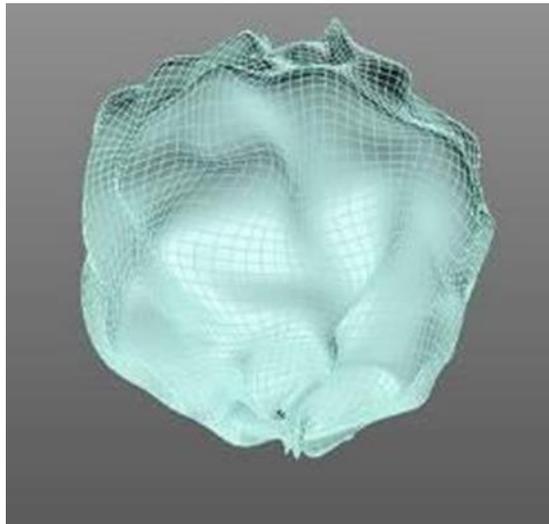
Gambar 6. *Mix curve* pada parameter *map falloff*
[Sumber: Dokumentasi Pribadi]

setiap desainer atau seniman memiliki preferensi yang boleh jadi berbeda akan tetapi fokus utama adalah bagaimana memaksimalkan tampilan *opacity map*. Hirarki tampilan pada *slide material editor* akan tampil sebagaimana Gambar 7.



Gambar 7. Hirarki tahapan membentuk tekstur *opacity map*
[Sumber: Dokumentasi Pribadi]

Sebelum memilih *assign material to selection*, perlu di persiapkan model 3D objek yang akan di implementasikan hasil dari material dengan *opacity map* tersebut, bentuk objek adalah bebas dan bisa berbentuk apapun. pada pembahasan kali ini objek yang di gunakan adalah objek bola lingkaran atau *sphere* yang di beri modifikasi *flex* dengan format 3Ds, atau berbagai macam kemungkinan objek 3D yang lain, selain bisa di buat sendiri, bisa juga mengunduh dari *marketplace* (seperti Turbosquid) baik yang versi gratis maupun berbayar. Visualisasi dan manipulasi permukaan orbital dari *sphere object* yang telah di-*flex*-kan dengan *simple soft body* membentuk objek biomorfis (ditunjukkan Gambar 8). Object biomorfis ini akan memberi variasi bentuk dari *artistic line*. Setelah visualisasi awal, permainan parameter dari *strength* dan *sway* membentuk permukaan bola, menjadi semakin bergelombang karena orientasi ini akan mempengaruhi permukaan orbital dari bentuk abstraksi biomorfis.



Gambar 8. Objek sphere dengan flex modifier
[Sumber: Dokumentasi Pribadi]

Pasang *material editor* kepada objek 3D untuk melihat hasilnya, dengan melakukan *rendered frame window* pada gambar dengan *perspective view*. Pada objek 3D gunakan *modifier UVW map* dan mainkan ke-7 parameter *mapping* pada modifier UVW map untuk mendapatkan berbagai macam bentuk-bentuk yang menarik dari hasil implementasi *opacity map material* untuk membuat ilustrasi abstrak yang menarik, pada render setup->output yang digunakan adalah resolusi dengan *size* 800 x 600 px, dengan *mode render area view perspective* serta *default shading* atau *noneffect*, dan *non photometric, no shadow, no light*. Pada bagian *Output render* merupakan *single render* dan disimpan dalam format JPG Proses di render dengan spesifikasi PC 12th Gen Intel Core i7-12700F 2.10 GHz RAM 32.0 GB GPU AMD Radeon RX 6600. Parameter yang digunakan adalah nilai pada *tile UVW Map* dan koordinat *alignment* pada sumbu X, Y, dan Z.

3.1. Nilai Opacity

- Nilai *opacity* atau tingkat transparansi pada material yang menggunakan *opacity map* adalah **0% hingga 100%**. Dalam ilustrasi digital artistik dengan efek garis:
 - a. **Nilai 0%**: Material menjadi transparan sepenuhnya dan pola *opacity map* tidak terlihat.
 - b. **Nilai 50-70%**: Nilai ini umumnya memberikan efek yang lebih halus, di mana pola *opacity map* (seperti garis) terlihat tetapi tidak terlalu mencolok, menghasilkan efek yang lebih lembut.
 - c. **Nilai 100%**: Material menjadi sepenuhnya tidak transparan, dan *opacity map* akan tampak lebih tegas.
- **Eksperimen Nilai**: Untuk ilustrasi artistik, dipilih nilai *opacity* sekitar **60%-80%** untuk menghasilkan garis-garis yang tampak namun tetap halus, memberikan kesan artistik tanpa menghilangkan detail.

3.2. Skala dan Rotasi UV Mapping

- **Scaling UV Map**. Pengaturan skala pada *UV Map* menentukan ukuran dari pola *opacity map* pada permukaan objek.
 - a. **Nilai 1.0 (Default)**: Pola *opacity map* akan tampak sesuai dengan ukuran tekstur aslinya.
 - b. **Nilai 0.5**: Pola *opacity map* menjadi dua kali lebih kecil, menghasilkan efek garis yang lebih rapat.
 - c. **Nilai 1.5 atau Lebih Tinggi**: Pola *opacity map* menjadi lebih besar, menghasilkan garis yang lebih renggang.
- **Rotasi UV Mapping**. Rotasi berpengaruh pada arah pola garis *opacity map*. Contoh:
 - a. **0° (Default)**: Pola mengikuti orientasi awal tekstur.
 - b. **90° atau 180°**: Pola garis bisa berorientasi secara vertikal atau terbalik. Ini berguna jika efek garis perlu ditampilkan dalam arah tertentu.

- **Eksperimen Nilai:** Dalam eksperimen artistik, skala *UV map* diatur diangka **0.7 hingga 1.2** agar pola garis terlihat jelas tetapi tidak terlalu rapat. Rotasi bisa disesuaikan dengan nilai antara **0° hingga 90°** untuk efek artistik yang dinamis.

3.3. Nilai *Level* pada *Bitmap Opacity map*

- **Brightness Level:** Parameter ini menentukan intensitas warna *grayscale* pada *opacity map*.
 - a. **Nilai 1.0 (Default):** Gambar *opacity map* tampil dengan intensitas warna asli.
 - b. **Nilai Lebih Rendah (0.5-0.8):** Pola *opacity* menjadi lebih gelap, menambah efek transparansi di area tertentu.
 - c. **Nilai Lebih Tinggi (1.2 atau Lebih):** Pola *opacity* menjadi lebih terang, sehingga area transparan lebih sedikit terlihat.
- **Eksperimen Nilai:** Untuk ilustrasi artistik, *brightness level* biasanya diatur sekitar **0.8 hingga 1.1**. Ini memungkinkan pola garis *opacity map* untuk tampil lebih jelas, namun masih bisa berbaur dengan material utama objek.
- **X dan Y Offset:** Pengaturan ini mengatur posisi tekstur *opacity* pada permukaan objek.
 - a. **Nilai Default 0,0:** Tekstur *opacity map* akan tetap pada posisi aslinya.
 - b. **Nilai Positive/Negative:** *Offset* diubah sesuai arah X atau Y untuk memindahkan tekstur *opacity map* ke kiri/kanan atau atas/bawah.
- **Eksperimen Nilai:** *Offset* sering kali disesuaikan antara **-0.1 hingga 0.1** untuk memperbaiki posisi garis *opacity map* agar sesuai dengan desain ilustrasi yang diinginkan.

3.4. Nilai *Falloff* atau *Blend Mode*

- **Falloff Parameter:** *Falloff* biasanya digunakan untuk memberikan efek transisi antara area transparan dan area yang lebih opak.
 - a. **Nilai Low Falloff (0.2-0.5):** Membuat transisi *opacity* menjadi lebih tajam, dengan efek garis yang lebih tegas.
 - b. **Nilai High Falloff (0.7-1.0):** Transisi menjadi lebih halus, yang bisa menambah dimensi artistik pada pola garis.
- **Eksperimen Nilai:** Nilai *falloff* diatur sekitar **0.6 hingga 0.8** untuk efek transisi yang halus. *Blend mode multiply* dipilih untuk mendapatkan hasil yang lebih natural.

3.5. Parameter Animasi *Opacity*

- **Keyframe Setting untuk *Opacity Animation*:** Jika *opacity map* di-animasi, setiap *keyframe* menentukan *opacity* pada waktu tertentu.
 - a. **Keyframe Awal (0% - 30%):** *Opacity* rendah, garis mulai muncul perlahan.
 - b. **Keyframe Tengah (50% - 70%):** Nilai *opacity* lebih tinggi, pola garis menjadi jelas.
 - c. **Keyframe Akhir (0% - 30%):** Nilai *opacity* kembali rendah, menghasilkan efek *fade-out*.
- **Eksperimen Nilai:** Untuk efek garis yang dinamis, animasi *opacity* sering kali diatur dengan interval waktu 10-20 *frame* pada *keyframe* yang berbeda, sehingga memberikan kesan pola yang muncul dan menghilang secara bertahap.
- **Evaluasi Hasil Berdasarkan Nilai Parameter**
Untuk memastikan hasil sesuai dengan konsep, parameter di atas dievaluasi melalui uji visual:
- **Kejelasan Pola Garis:** Apakah pola garis terlihat jelas tanpa terlihat terlalu kasar? Pengaturan *opacity*, *brightness*, dan skala UV menjadi faktor utama yang dinilai.
- **Kesesuaian Transisi *Opacity*:** Efek transisi yang halus adalah indikator bahwa nilai *falloff*, *blend mode*, dan *keyframe* animasi sudah diatur dengan baik.
- **Konsistensi dengan Konsep Artistik:** Apakah efek *opacity map* menciptakan suasana atau gaya yang diinginkan dalam ilustrasi digital? Skala UV, rotasi, dan *offset* diatur ulang jika pola tidak sesuai dengan desain.

Hasilnya sebagaimana pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil *rendering parameter mapping* pada *modifier UVW map*

[Sumber: Dokumentasi Pribadi]

Hasil Render	Mapping Parameters	Tile (dalam Pixel)			Alignment
		U	V	W	
	<i>Planar</i>	1.5	1.0	1.0	X
	<i>Cylindrical</i>	1.3	1.0	1.5	Y
	<i>Spherical</i>	1.0	1.0	1.5	Y
	<i>Shrink Warp</i>	1.0	1.8	1.5	X



Box 1.2 1.0 1.0 Y



Face 1.1 1.5 1.0 X



XYZ to UVW 1.0 1.0 1.4 Z

PEMBAHASAN

Pada tabel 1 terdapat 7 hasil *render artistic line* yang memperlihatkan kriteria dari berbagai macam bentuk bentuk alternatif yang di hasilnya, dimana masih terdapat 1000 kemungkinan lebih bentuk, parameter UVW membentuk koordinat yang *texel* yang mana yang akan diplot dari tekstur tersebut. dengan persentase atau rasio antara tepi kiri tekstur ($u = 0$) dan tepi kanan tekstur ($u = 1,0$) dan dari bagian atas tekstur ($v = 0$) dan bagian bawah tekstur ($v = 1,0$). UVW diinterpolasi di antara simpul dan dicari untuk setiap piksel pada layar yang dirender. Maka semakin besar nilai pada U akan memberi pengaruh interpolasi pada V, dan W dan status render yang ditetapkan saat objek dirender menentukan hasil akhir yang terjadi. Maka proses *artistic* yang terjadi dari hasil render tersebut disebut dengan fase C and R (*clamp* dan *repeat*). Proses *clamp* membatasi koordinat di angka 0 sampai dengan 1, menyebabkan tekstur membentuk bagian yang berada di luar jangkauan mesh yang digunakan. *Repeat* menyebabkan tekstur mengulang ketika berada di luar jangkauan; secara efektif sama dengan mengambil bagian desimal dari koordinat dan menggunakannya sebagai gantinya. komposisi yang bisa di dihasilkan jika setiap parameter *gizmo* pada *tile UVW map* bisa di mainkan sekaligus memilih titik koordinat antara koodinat X, Y dan Z pada alignment tekstur *opacity map*. Hasil yang terlihat cukup intuitif, menarik dan merangsang untuk menemukan berbagai macam bentuk yang lain meski pada parameter "*face*" hasil pola garis yang di dihasilkan cukup berantakan garis juga terlihat tembus satu sama lain. Pengembangan kedepan untuk kriteria dapat dirumuskan dalam mengembangkan strategi desain visual menuju solusi desain yang bisa di

hasilkan sesuai dengan yang di kehendaki, kemudian Pengembangan & Pengujian akan terdiri dari proses berulang di mana konsep desain visual, gambar, warna, tata letak, dan elemen pendukung lainnya dipilih dan diproses untuk mengembangkan solusi desain grafis/ilustrasi potensial untuk berkembang dan disempurnakan hingga solusi desain cukup matang untuk dan audiense dapat menerimanya. [26]. Berdasarkan eksperimen di atas maka dapat ditentukan tentang parameter yang sesuai untuk menghasilkan render yang optimal.

- Resolusi (1024x1024 atau lebih tinggi, tergantung kebutuhan visual).
- **Nilai Optimal:** Untuk detail garis yang jelas, disarankan menggunakan resolusi tekstur minimal 1024x1024, dengan preferensi resolusi lebih tinggi seperti 2048x2048 untuk gambar yang lebih tajam dan bebas dari efek buram.
- **Parameter:** Ambang batas *opacity* (biasanya nilai antara 0 hingga 1).
- **Nilai Optimal:** Nilai ambang optimal sering berada antara 0.2 dan 0.4, bergantung pada transparansi yang diinginkan.
- **Parameter:** *Feather* atau *blur* pada tepi *opacity map*. Rekomendasi antara 0.5 hingga 1.5 piksel pada *feathering*, tergantung pada efek gradasi garis yang diinginkan.
- **Parameter:** Kontras *opacity map*. Untuk garis yang tegas, kontras *opacity map* disarankan berada pada nilai 1.2 hingga 1.5 pada pengaturan kontras (dengan standar 1.0 sebagai dasar).
- **Alasan:** Kontras tinggi membantu memisahkan area yang transparan dengan yang solid lebih jelas, yang dapat menghasilkan garis yang lebih terdefinisi. Dalam beberapa aplikasi, menambah kontras dapat meningkatkan visibilitas garis dan memberi efek yang lebih dinamis.
- **Parameter:** *Noise* atau *grain* pada *opacity map*. Nilai Optimal: Disarankan menggunakan nilai grain rendah antara 0.1 hingga 0.3.
- **Alasan:** Sedikit *noise* bisa menambahkan tekstur halus dan kesan lebih organik pada garis, yang sering kali memperkuat tampilan artistik. Terlalu banyak noise bisa menyebabkan garis terlihat kasar, sehingga perlu digunakan secara hati-hati untuk mempertahankan kesan artistik.
- **Parameter:** Skala berdasarkan kedalaman objek. Nilai Optimal: Biasanya skala kedalaman sekitar 1.1 hingga 1.3 untuk memberikan sedikit perubahan ketebalan garis berdasarkan kedalaman.
- **Parameter:** Intensitas bayangan atau cahaya yang mempengaruhi *opacity map*. Nilai Optimal: Untuk efek artistik yang lembut, gunakan *shadow intensity* antara 0.4 hingga 0.7.
- **Parameter:** Tingkat *smoothing* atau *anti-aliasing*. Nilai Optimal: Gunakan *smoothing* sekitar 0.3 hingga 0.5 pada garis untuk menghilangkan efek bergerigi.
- **Parameter:** Penumpukan atau *layering opacity map*. Nilai Optimal: Gunakan hingga 2–3 *layer opacity map* dengan tingkat transparansi berbeda.

Visualisasi animasi 3D dalam bentuk *artistic line* ini akan menawarkan manfaat atas penggambaran objek 2D yang tampil secara 3D untuk berbagai macam keperluan visualisasi. **Kontrol transparansi yang lebih detail** membuat *opacity map* memberikan fleksibilitas untuk mengontrol tingkat transparansi di berbagai area objek dengan presisi tinggi, memungkinkan efek visual yang lebih realistis atau artistik. Dalam ilustrasi digital, ini membantu menciptakan gradasi atau efek garis yang lebih halus. Dibandingkan dengan metode seperti *shadow mapping* atau *displacement mapping* yang membutuhkan banyak sumber daya, *opacity map* cenderung lebih ringan untuk dirender. Ini bisa mempermudah proses produksi, terutama dalam animasi 2D atau *game* dengan sumber daya terbatas. Karena *opacity map* menggunakan tekstur untuk menentukan transparansi, teknik ini memudahkan eksplorasi visual dengan cepat. Efek garis artistik yang unik dapat dicapai dengan variasi tekstur *opacity* tanpa perlu mengubah geometri objek. *Opacity map* didukung oleh hampir semua perangkat lunak grafis modern, mulai dari *software game engine* hingga aplikasi desain seperti Photoshop dan *3D modeling* seperti Blender. Ini memudahkan integrasi *opacity map* ke dalam *pipeline* produksi yang ada. Namun *opacity map* juga memiliki **keterbatasan pada detail dan kedalaman** teknik ini kurang efektif dalam memberikan informasi kedalaman dan tekstur kompleks. Untuk hasil yang lebih realistis, metode seperti *normal mapping* atau *parallax mapping* bisa lebih baik karena memberikan detail kedalaman yang lebih jelas. Ketika *opacity map* diaplikasikan pada garis-garis halus atau pada area dengan perubahan transparansi yang mendadak, bisa terjadi aliasing (efek zigzag). Hal ini menurunkan kualitas visual, terutama pada resolusi rendah atau rendering *real-time*.

Opacity map dapat menghasilkan efek garis yang unik dan artistik, tetapi detail yang dihasilkan mungkin kurang baik dibandingkan *displacement map* atau teknik *normal map*. Untuk ilustrasi digital yang menekankan pada estetika visual, *opacity map* menawarkan solusi cepat sehingga fitur tersebut menjadikannya *opacity map* lebih cocok untuk gaya artistik atau abstrak daripada pendekatan hiper-realis. **Dampak Praktis dan Potensi dalam Industri Industri kreatif seperti game, dan animasi** adalah *opacity map* sering digunakan dalam *game* untuk menciptakan efek transparansi pada objek seperti dedaunan, awan, atau rambut. Efisiensinya dalam rendering membuatnya cocok untuk *real-time game*, tetapi dalam aplikasi AAA atau VR, keterbatasannya menjadi lebih kentara dibandingkan teknik lain yang lebih mendukung efek kedalaman. *Opacity map* berguna

untuk mengatur transparansi layer dalam animasi 2D atau dalam elemen tertentu pada animasi 3D. Misalnya, untuk membuat efek kabut atau bayangan halus. Namun, jika animasi menuntut kedalaman atau realisme tinggi, *opacity map* mungkin tidak cukup untuk menghasilkan visual yang memadai. *Opacity map* memiliki potensi tinggi dalam ilustrasi digital artistik yang membutuhkan detail transparansi tanpa mengubah geometri objek. Penggunaan *opacity map* di sini memungkinkan eksplorasi tekstur dan efek yang unik, sehingga cocok untuk seni abstrak atau grafis dengan gaya garis yang tidak realistis. *Opacity map* adalah alat yang efektif untuk menghasilkan efek transparansi artistik dalam ilustrasi digital dan animasi dengan gaya unik. Namun, keterbatasannya dalam kedalaman visual mengharuskannya dipadukan dengan metode lain agar lebih cocok untuk kebutuhan desain yang memerlukan detail lebih tinggi, terutama dalam konteks industri *game* dan animasi yang realistis.

4. KESIMPULAN

Hasil eksperimen animasi ini memberikan dasar yang kaya dan penuh dengan berbagai macam kemungkinan bentuk dalam perancangan 3D visual di masa depan. Pemilihan *opacity map* sebagai Proses adalah tahapan awal seperti *ideation* dalam merancang berbagai macam ragam ilustrasi abstrak digital dengan beraneka variasi, dampak yang di harapkan adalah dengan peran designer sebagai praktisi sekaligus peneliti maka pendekatan penelitian artistik bisa menjadi model atau fundamental proses dalam menghasilkan karya seni dengan pendekatan akademis. Urgensi yang di maksudkan dalam penelitian *base on project* ini untuk membuka paradigma baru tentang kapabilitas dari aplikasi animasi 3D yang bisa digunakan untuk merancang karya apapun dengan pendekatan-pendekatan yang terbilah mudah, cepat, dan sederhana sehingga desainer yang hanya fokus pada media 2D bila melihat peluang lain dengan memanfaatkan fitur-fitur sederhana pada berbagai macam aplikasi 3D. Jika *opacity map* di kombinasikan dengan fitur animasi, maka hasil dari visualisasi pun bisa jika dianimasikan dan akan membuka peluang konteks "*fine art*" dalam *loop animation*. Hasil eksperimen pada animasi *mesh* menunjukkan bahwa seniman/desainer juga bisa menggunakan intuisi sebagai fasilitas yang muncul dari kombinasi antara memori, pengetahuan berkarya dari pengalaman sebelumnya. Pengalaman dan rangsangan eksternal bisa menjadi bahan inspirasi. Yang lebih utama adalah teknik ini bisa di implementasikan di aplikasi 3D populer seperti Blender, Maya, 3DsMax, Cinema 4D, Houdini, dan masih banyak lagi lainnya.

Penelitian ini menunjukkan bahwa *opacity map* memiliki potensi signifikan sebagai alat yang efisien dan fleksibel untuk menciptakan ilustrasi digital dengan gaya *artistic line*, yang cocok untuk aplikasi dalam desain, animasi, dan seni digital. Melalui pengaturan parameter yang cermat seperti resolusi tekstur, *opacity threshold*, kontras, dan *feathering*. *Opacity map* dapat digunakan untuk menghasilkan garis artistik yang halus dan menarik, sekaligus mempertahankan kendali yang tinggi atas transparansi dan ketebalan garis. Hasil ini memberikan kontribusi penting dengan menawarkan pendekatan yang efisien bagi seniman digital untuk menciptakan efek visual yang kompleks tanpa memerlukan proses rendering berat atau perubahan pada geometri objek. Dalam konteks industri desain dan animasi, *opacity map* memberikan solusi praktis bagi para seniman dan animator yang membutuhkan efek transparansi atau detail garis yang unik. Misalnya, dalam industri *game*, *opacity map* dapat membantu menciptakan objek atau karakter dengan detail artistik yang kaya tanpa mempengaruhi performa, terutama pada platform dengan keterbatasan sumber daya. Di bidang animasi, *opacity map* memungkinkan eksplorasi gaya visual yang lebih beragam, dari efek garis sketsa hingga efek kabut atau bayangan transparan, yang mudah disesuaikan tanpa perubahan signifikan pada pipeline produksi. Namun, penelitian ini juga mengungkapkan beberapa batasan *opacity map*, seperti keterbatasannya dalam menampilkan detail kedalaman atau tekstur kompleks dibandingkan dengan teknik lain seperti *normal mapping* atau *displacement mapping*. Untuk mencapai kualitas visual yang lebih kaya dan realistis, *opacity map* sebaiknya digabungkan dengan metode rendering lain dalam aplikasi yang memerlukan detail spasial yang lebih tinggi.

Rekomendasi untuk penelitian lebih lanjut yaitu dengan mengembangkan potensi *opacity map* dalam aplikasi kreatif misalnya dengan mengeksplorasi integrasi *opacity map* dengan teknik lain seperti *normal mapping* atau *bump mapping* untuk menghasilkan efek yang lebih mendalam. Selain itu, penelitian lebih lanjut dapat mengkaji pemanfaatan *opacity map* dalam animasi *real-time* dan AR/VR, di mana pengaturan transparansi dan efek artistik berperan penting dalam pengalaman imersif. Penelitian tambahan juga dapat difokuskan pada pengembangan algoritma otomatis untuk menentukan parameter *opacity map* yang optimal berdasarkan gaya visual yang diinginkan, dengan menggunakan teknologi AI atau *machine learning* untuk membantu seniman digital mencapai hasil visual yang diinginkan dengan lebih cepat dan presisi. Secara keseluruhan, penelitian ini membuka peluang baru bagi pengembangan *opacity map* fitur yang bermanfaat bagi berbagai aplikasi desain dan animasi, sekaligus menyediakan dasar bagi eksperimen lebih lanjut dalam pembuatan ilustrasi digital artistik secara efisien dan inovatif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Pu, L. Bao, and K. Yang, "Research on Computer 3DS MAX Aided Environmental Art Design Based on Performance Technology and Visual Art," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1744, no. 3, p. 032040, Feb. 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1744/3/032040.

- [2] A. Autodesk, "Heat and Opacity Maps," *Ipsos Encyclopedia*. Ipsos, May 19, 2016. Accessed: Aug. 30, 2022. [Online]. Available: <https://www.ipsos.com/en/ipsos-encyclopedia-heat-and-opacity-maps>
- [3] S. W. Handani, D. I. S. Saputra, and F. N. Sari, "Desain Piramida 3D Holographic Reflection Sebagai Bentuk Visualisasi Bangunan," in *CITISEE 2017*, Purwokerto: AMIKOM Purwokerto, 2017, pp. 105–108. [Online]. Available: <https://citisee.amikompurwokerto.ac.id/assets/proceedings/2017/TI20.pdf>
- [4] K. L. Murdock, *Autodesk 3ds Max 2013 BIBLE*. United States of America: John Wiley & Sons, Inc, 2013.
- [5] A. R. Aguilera and L. Alejandro, "Spatial opacity maps for direct volume rendering of regions of interest," *Eurographics Assoc.*, pp. 23–30, 2016, doi: <http://dx.doi.org/10.2312/ceig.20161310>.
- [6] L. Flavell, *Beginning Blender: Open Source 3D Modeling, Animation, and Game Design*. United States of America 9: Apress, 2010.
- [7] N. Elmqvist, Assarssons Ulf, and P. Tsigas, "Dynamic Transparency for 3D Visualization: Design and Evaluation," vol. 8, no. 1 (2009), pp. 75–88, Jan. 2009, doi: <https://doi.org/10.20870/IJVR.2009.8.1.2715>.
- [8] A. Chopine, *3D Art Essentials*. in Computer & Animation. UK: CRC Press, 2012.
- [9] B. Huang, Z. Yu, A. Chen, A. Geiger, and S. Gao, "2D Gaussian Splatting for Geometrically Accurate Radiance Fields," in *SIGGRAPH Conference Papers '24*, Denver, CO, USA: ACM, Aug. 2024, pp. 1–11. doi: <https://doi.org/10.1145/3641519.3657428>.
- [10] J. Kim, Jongwoo Lim and J. Lim, "Integrating Meshes and 3D Gaussians for Indoor Scene Reconstruction with SAM Mask Guidance," Cornell University, 2024. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2407.16173>
- [11] D. Crispin, "The Deterritorialization and Reterritorialization of Artistic Research," *Universidade Aveiro*, vol. 3, no. 2, pp. 45–59, 2019, doi: [10.34624/impar.v3i2.14146](https://doi.org/10.34624/impar.v3i2.14146).
- [12] P. Sun, "Dynamic image design of digital media based on 3Ds MAX technology," *Assoc. Comput. Mach.*, pp. 890–894, Dec. 2021, doi: <https://doi.org/10.1145/3510858.3511417>.
- [13] K. Walczak and J. Flotyński, "Inference-based creation of synthetic 3D content with ontologies," *Springer Sci.*, vol. 78, no. 8, pp. 12607–12638, 2019, doi: <https://doi.org/10.1007/s11042-018-6788-5>.
- [14] Husen Hendriyana, *Rupa Dasar (Nirmana): Asas dan Prinsip Dasar Seni Visual*. in Art & General. Yogyakarta: Penerbit Andi, 2022. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=BrJuEAAAQBAJ>
- [15] K. Best, *Design Management: Managing Design Strategy, Process and Implementation*. in Required Reading Range. Bloomsbury Publishing, 2015. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=YVA3DQAAQBAJ>
- [16] D. Isheden, "Fourier Opacity Mapped Order-Independent Transparency in real-time graphics," In Degree Project, In Computer Science, First Level, KTH Royal Institute of Technology CSC School, Sweden, 2015. [Online]. Available: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:811329/FULLTEXT01.pdf>
- [17] C. Gray and J. Malins, *Visualizing Research: A Guide to the Research Process in Art and Design*. UK: Ashgate Publishing Company, 2004.
- [18] K. Mustaqim, D. R. Adiwijaya, and F. Indrajaya, "Penelitian Atas Penelitian Seni dan Desain: Suatu Studi Kerangka Filosofis-Paradigmatis bagi Penelitian Seni dan Desain Visual," *Binus J. Publ.*, vol. 4, no. 2, pp. 995–1016, Oktober 2013, doi: <https://doi.org/10.21512/humaniora.v4i2.3541>.
- [19] S. H. Yudhanto and F. Risdianto, "The Future of VR-Based Video Games in Indonesia," *Chitrolekha J. Art Des.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–9, Apr. 2023, doi: <https://doi.org/10.21659/cjad.71.v7n102>.
- [20] A. Murwanti, "Penciptaan Desain Berbasis Praktik Eksperi-Mental Sebagai Penelitian Ilmiah," *Fak. Seni Dan Desain Univ. Multimed. Nusant.*, vol. 6, no. 02, pp. 7–18, Sep. 2016, doi: <https://doi.org/https://doi.org/10.31937/ultimart.v6i2.377>.
- [21] V. Michelkevičius, *Mapping Artistic Research Towards Diagrammatic Knowing*. Lithuania: Vilnius Academy of Arts press, 2018. [Online]. Available: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/55273575/mapping_artistic_research_preview-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1661868880&Signature=gnew2j2Y8bTPI7VPwp-s9HKqoxMKEyfgAX9fPQUtWyE5AyqjR1zsysFidzmyZVx7V-aHO2WkpYJLtmUH9n-bXx~~egKi8xFNcqI2gOoSAovoobcltFnNtaEmJtQEB2AmxvFeLGI-uP7S63GbQ0-ndCO8iMMT8Rhylo1G1mZqG7FR6qqG3Uj1KaLVGYali7vqhA35Oes1qVueSXLiRXTSrSZTW6gwiVXkT~gOmnLQX1AamvKkAxisUwYwtFqMLkS1ruqUDbS-CiNq0nfizD19WlxWIDkl4vqdSmWIZTu9-eDPSeuzv8NxaNPZUpewLqZ1S4JxUzxa-AmLd3d2~6jg__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
- [22] Y. Gao, "Application of 3D Design Technology in Substation Design," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 782, no. 3, p. 032086, Mar. 2020, doi: [10.1088/1757-899x/782/3/032086](https://doi.org/10.1088/1757-899x/782/3/032086).

- [23] M. Zhang, "3D Animation Scene Plane Design Based on Virtual Reality Technology," in *The 2020 International Conference on Machine Learning and Big Data Analytics for IoT Security and Privacy*, J. MacIntyre, J. Zhao, and X. Ma, Eds., Cham: Springer International Publishing, 2021, pp. 400–404. doi: 10.1007/978-3-030-62746-1_59.
- [24] M. M. Aristov, J. W. Moore, and J. F. Berry, "Library of 3D Visual Teaching Tools for the Chemistry Classroom Accessible via Sketchfab and Viewable in Augmented Reality," *J. Chem. Educ.*, vol. 98, no. 9, pp. 3032–3037, 2021, doi: 10.1021/acs.jchemed.1c00460.
- [25] H.-Y. Pai, "Texture designs and workflows for physically based rendering using procedural texture generation," in *2019 IEEE Eurasia Conference on IOT, Communication and Engineering (ECICE)*, Yunlin, Taiwan: <https://ieeexplore.ieee.org>, 2019, pp. 195–198. doi: 10.1109/ECICE47484.2019.8942651.
- [26] A. de Rooij, E. Dekker, K. Slegers, and M. M. Biskjaer, "How graphic designers rely on intuition as an ephemeral facility to support their creative design process," *Int. J. Des. Creat. Innov.*, vol. 9, no. 4, pp. 252–268, 2021, doi: 10.1080/21650349.2021.1951358.