



Optimasi proses pemindaian 3D untuk meningkatkan representasi digital produk keramik

Pande Putu Ranjip Astika,^{1*} I Gusti Bagus Budi Dharma²

¹² Program Studi Teknik Industri, Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta, Indonesia

Abstract

The digitalization of ceramic craft products is essential to improve the competitiveness and market reach of small-scale enterprises. However, two-dimensional visualization often fails to accurately represent the shape, color, and texture of these products. This study aims to optimize the three-dimensional (3D) scanning process using the EINSTAR Shining 3D Scanner to produce precise digital models. Experiments were conducted on ceramic mugs with three resolution levels (high, medium, low) and two scanning positions (normal and inverted) to obtain complete models. The results indicate that high-resolution scanning (0.2 mm) provides the best geometric and texture detail, while dual-position scanning effectively resolves coverage limitations. Comparisons between digital models and physical objects demonstrate high accuracy in terms of geometry and color, although micro-textures are only partially captured. These findings offer practical technical guidance for small-scale ceramic producers in selecting efficient scanning configurations, enabling improved digital product representation while maintaining manageable resource and processing demands.

Key words: 3D scanning, ceramic product, high resolution, digital representation, EINSTAR scanner, geometry and texture

Abstrak

Digitalisasi produk kerajinan keramik menjadi kebutuhan penting dalam meningkatkan daya saing dan jangkauan pasar UMKM. Namun, keterbatasan visualisasi dua dimensi seringkali tidak mampu merepresentasikan bentuk, warna, dan tekstur produk secara akurat. Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan proses pemindaian tiga dimensi (3D) dengan memanfaatkan EINSTAR Shining 3D Scanner untuk menghasilkan model digital yang presisi. Percobaan dilakukan terhadap objek mug keramik dengan tiga tingkat resolusi (*high, medium, low*) serta dua posisi pemindaian (normal dan terbalik) guna memperoleh model menyeluruh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemindaian beresolusi tinggi (0,2 mm) menghasilkan detail geometri dan tekstur terbaik, sementara pemindaian dua posisi efektif mengatasi keterbatasan cakupan pada area tertentu. Perbandingan antara model digital dan objek fisik menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi pada aspek geometri dan warna, meskipun detail tekstur mikro belum sepenuhnya tertangkap. Temuan ini memberikan acuan teknis bagi pelaku UMKM kerajinan dalam menentukan konfigurasi pemindaian yang efisien dan sesuai kebutuhan, sehingga dapat meningkatkan kualitas representasi visual produk tanpa membebani proses digitalisasi secara berlebihan.

Kata kunci: pemindaian 3D, produk keramik, resolusi tinggi, representasi digital, pemindai EINSTAR, geometri dan tekstur

1. Pendahuluan

Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) merupakan tulang punggung perekonomian Indonesia. Hingga tahun 2023, tercatat sekitar 66 juta pelaku UMKM telah menyerap 117 juta tenaga kerja (97% dari total angkatan kerja nasional) dan menyumbang sekitar 61% Produk Domestik Bruto (PDB) nasional (Kamar Dagang dan Industri Indonesia, 2023). Pemerintah terus mendorong transformasi digital pada sektor ini, termasuk melalui adopsi teknologi digital

untuk meningkatkan kualitas pemasaran dan daya saing produk kerajinan (Bisri et al., 2024).

Salah satu sentra kerajinan terbesar di Indonesia adalah Kasongan, Bantul, yang dikenal dengan industri keramik dan gerabahnya. Studio keramik seperti Lukita Ceramic Studio menghadirkan produk *home-living* dan *tableware* dengan sentuhan seni. Namun, kendala utama yang dihadapi adalah bagaimana menampilkan produk-produk tersebut secara optimal di *platform* digital. Media visual konvensional seperti foto dua dimensi (2D) atau video tidak mampu

* Corresponding author e-mail : pande.putu.ranjip.astika@mail.ugm.ac.id

menampilkan dimensi ruang, tekstur, dan detail warna produk secara utuh, sehingga mengurangi pengalaman visual calon konsumen.

Studi menunjukkan bahwa visualisasi tiga dimensi (3D) dapat memberikan pengalaman belanja digital yang lebih imersif dan informatif. Konsumen lebih mudah memahami bentuk dan keunikan produk, serta meningkatkan keterlibatan emosional dalam proses pengambilan keputusan pembelian (Hewawalpita & Perera, 2017). Representasi visual juga memiliki peran penting dalam desain produk, khususnya dalam menyampaikan kualitas bentuk, tekstur, dan karakter material kepada pengguna (Lukita et al., 2021; Widyastuti, 2020)

Dalam konteks tersebut, pemanfaatan teknologi pemindaian tiga dimensi (*3D Scanning*) menjadi solusi yang menjanjikan. Pemindaian 3D memungkinkan penciptaan representasi digital yang presisi terhadap bentuk, warna, dan tekstur permukaan produk (Bugeja et al., 2022). Namun, salah satu tantangan utama dalam proses ini adalah bagaimana menghasilkan model digital yang tidak hanya lengkap secara bentuk, tetapi juga akurat dalam aspek visual dan struktural. Faktor-faktor teknis seperti resolusi pemindaian, posisi objek, dan jenis permukaan sangat mempengaruhi kualitas hasil pemindaian.

Penelitian ini berfokus pada optimalisasi parameter teknis dalam proses pemindaian 3D, dengan mengambil studi kasus pada produk mug keramik milik Lukita Ceramic Studio. Pemindaian dilakukan menggunakan perangkat EINSTAR Shining 3D Scanner dengan tiga tingkat resolusi yang berbeda, serta dua posisi objek (normal dan terbalik) untuk memastikan cakupan menyeluruh. Selain itu, hasil pemindaian dievaluasi berdasarkan tiga aspek fundamental: akurasi geometri, ketepatan warna, dan kesesuaian tekstur, yang dibandingkan langsung dengan produk fisiknya.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh konfigurasi pemindaian yang optimal, sehingga dapat meningkatkan representasi digital produk keramik. Hasil yang diperoleh diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan metode digitalisasi produk kerajinan serta menjadi referensi dalam perancangan sistem pemasaran visual berbasis teknologi 3D.

Meskipun berbagai penelitian telah membahas pemanfaatan teknologi pemindaian tiga dimensi untuk digitalisasi produk, sebagian besar kajian masih berfokus pada aspek teknis perangkat atau hasil visual secara umum, tanpa memberikan parameter empiris yang dapat dijadikan acuan praktis dalam konteks produk kerajinan UMKM. Khususnya pada produk keramik dengan karakteristik permukaan *matte* dan

glossy, belum banyak penelitian yang mengkaji secara sistematis pengaruh variasi resolusi dan posisi pemindaian terhadap kualitas representasi digital serta implikasinya terhadap efisiensi proses digitalisasi. Oleh karena itu, penelitian ini mengisi celah tersebut dengan mengevaluasi performa teknis pemindaian 3D melalui pendekatan eksperimental, guna menghasilkan konfigurasi pemindaian yang optimal dan relevan bagi kebutuhan digitalisasi produk keramik UMKM.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental untuk mengevaluasi performa teknis proses pemindaian tiga dimensi pada produk kerajinan keramik. Metode eksperimen dipilih karena memungkinkan pengujian langsung terhadap pengaruh variasi parameter teknis tertentu—dalam hal ini tingkat resolusi dan posisi pemindaian—terhadap kualitas hasil representasi digital. Pendekatan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menekankan pentingnya pengujian terkontrol dalam evaluasi system pemindaian 3D guna memperoleh data empiris yang dapat dibandingkan secara objektif (Salvi et al., 2010; Bugeja et al., 2022)

Objek pemindaian merupakan produk keramik tiga dimensi hasil produksi dari Lukita Ceramic Studio, yang memiliki variasi permukaan *matte* dan *glossy* dengan teknik pewarnaan khas. Produk ini dipilih karena memiliki karakteristik bentuk organik dan permukaan yang kompleks, sehingga sesuai untuk menguji ketepatan representasi digital melalui pemindaian 3D.

Perangkat yang digunakan dalam proses pemindaian adalah EINSTAR Shining 3D Scanner, sebuah pemindai portabel berbasis teknologi *structured light* yang mampu menghasilkan data spasial dalam bentuk *point cloud* dengan akurasi tinggi. Teknologi *structured light* telah terbukti unggul untuk pemindaian objek berukuran kecil hingga sedang dengan detail permukaan yang kompleks (Lyubomirov et al., 2023). Pemindai ini dioperasikan menggunakan perangkat lunak EXStar, yang memungkinkan pengaturan parameter resolusi serta pengolahan lanjutan untuk menghasilkan model 3D dalam format *mesh*. Selanjutnya, proses penyuntingan dan analisis model dilakukan menggunakan perangkat lunak Blender dan GIMP, dengan dukungan pengukuran RGB dan validasi visual.

Rancangan eksperimen

Proses pemindaian dilakukan dalam dua tahap berdasarkan posisi objek: pertama, posisi normal

(permukaan bawah mug menghadap ke meja putar), dan kedua, posisi terbalik. Pemindaian ganda ini dimaksudkan untuk mengatasi keterbatasan jangkauan scanner terhadap bagian bawah objek, serta memungkinkan pembentukan model digital yang utuh melalui proses *alignment data point cloud* dari dua posisi berbeda. Selain itu pemindaian juga dilakukan dengan tiga tingkat resolusi yang berbeda, yaitu: *high resolution* (0,2 mm), *medium resolution* (0,5 mm), dan *low resolution* (2,0 mm)

Parameter lain seperti pencahayaan, jarak pemindaian (± 40 cm), dan penggunaan penanda acak (*marker*) pada meja putar dijaga konsistensinya untuk memastikan kondisi uji yang terstandar. *Output* dari setiap kombinasi konfigurasi diuji dan dibandingkan untuk menilai performa model dalam aspek: (1) Geometri: akurasi bentuk berdasarkan pengukuran dimensi pada Model 3D dan objek fisik; (2) Warna: kesesuaian nilai RGB menggunakan analisis visual; dan (3) Tekstur: ketajaman dan kemiripan permukaan hasil pemindaian terhadap tekstur asli

Metode ini bertujuan untuk mengidentifikasi konfigurasi teknis terbaik dalam menghasilkan model digital yang mampu merepresentasikan produk keramik secara akurat dan informatif, sehingga dapat diandalkan dalam konteks digitalisasi produk kerajinan. Setiap konfigurasi pemindaian pada penelitian ini dilakukan satu kali pengambilan data dengan kondisi lingkungan dan parameter yang dijaga konsisten. Pendekatan ini dipilih untuk memfokuskan analisis pada perbandingan kualitas hasil antar konfigurasi teknis bukan pada variasi statistik antar pengulangan.

3. Hasil dan pembahasan

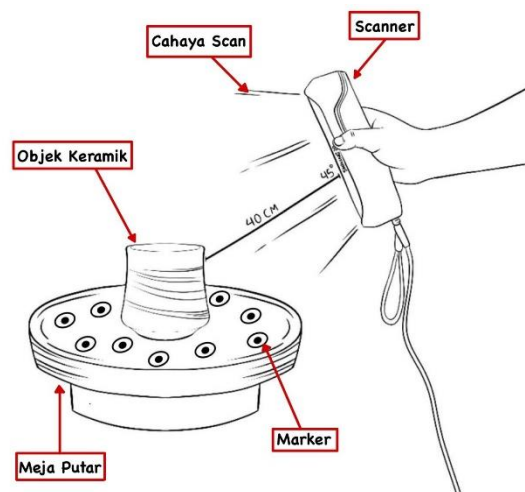
Penelitian ini diawali dengan pengujian parameter teknis pemindaian menggunakan perangkat EINSTAR Shining 3D Scanner terhadap objek kerajinan keramik berbentuk mug. Fokus utama tertuju pada pengaruh tingkat resolusi dan posisi pemindaian terhadap kualitas akhir model 3D, yang kemudian dievaluasi berdasarkan geometri, warna, dan tekstur.

EINSTAR Shining 3D Scanner (Gambar 1) menggunakan teknologi *structured light* berbasis VSCSEL yang mampu menangkap detail spasial hingga resolusi 0,1 mm dengan akurasi 0,05 mm. Keunggulannya terletak pada portabilitas, kecepatan pemindaian hingga 14 *frame per second* (FPS), serta kompatibilitas dengan berbagai format file (.obj, .stl, .ply, dan .glTF). Proses pemindaian dilakukan di dalam ruangan dengan pencahayaan alami tanpa pencahayaan tambahan buatan, sejalan dengan temuan oleh Salvi et

al. (2010), yang menyatakan bahwa pencahayaan *ambient* yang terkontrol dapat mengurangi gangguan pada pola *structured light*. Jarak antara pemindai dan objek dijaga stabil pada rentang ± 40 cm sesuai rekomendasi perangkat (Gambar 2). Objek mug berjudul *Red Line* diletakkan di atas meja putar berdiameter 20 cm yang dilengkapi dengan tanda acak (*marker*) sebagai referensi pelacakan posisi (Wu et al., 2022). Sebelum pemindaian berlangsung, dilakukan kalibrasi awal melalui perangkat lunak EXStar untuk memastikan akurasi pengukuran spasial. Kalibrasi ini melibatkan penyesuaian posisi kamera dan parameter pengenalan *marker* agar sistem dapat mengenali lingkungan kerja secara optimal. Penempatan pemindai, posisi meja putar, dan arah datangnya cahaya juga diperhatikan untuk meminimalkan bayangan dan potensi gangguan visual.



Gambar 1. Perangkat EINSTAR Shining 3D Scanner

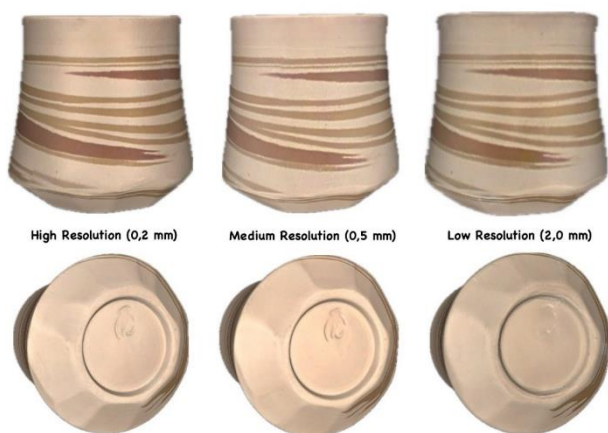


Gambar 2. Ilustrasi *setup* pemindaian

Proses pemindaian dilakukan melalui lima tahap utama, yaitu (1) pengaturan parameter tingkat resolusi, (2) proses pemindaian dan perbandingan hasil, (3) pembersihan dan penyelarasan (*alignment*), (4) pembuatan *mesh* dan ekspor model 3D, serta (5) evaluasi akurasi model 3D. Rangkaian tahapan ini dirancang untuk menghasilkan model 3D produk keramik yang akurat dan menyeluruh. **Pengaturan parameter tingkat resolusi.** Pengaturan tingkat resolusi *High* (0,2 mm), *Medium* (0,5 mm), dan *Low* (2,0 mm) akan digunakan untuk uji coba pemindaian objek mug keramik. Pengaturan atau opsi pemindaian lainnya untuk masing-masing tingkat resolusi akan menggunakan pengaturan *default* agar perbedaan masing-masing tingkat resolusi dapat terlihat jelas. **Proses pemindaian dan perbandingan hasil.** Pemindaian untuk ketiga konfigurasi resolusi dilakukan menggunakan teknik pengambilan gambar yang sama, yaitu dengan metode pergerakan manual melingkar horisontal dan vertikal secara perlahan, sambil menjaga jarak pemindai tetap stabil pada ± 40 cm. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa area permukaan objek dapat tercakup secara maksimal dari berbagai sudut tanpa terjadi kehilangan data spasial.

Tabel 1. Perbandingan hasil pindaian tiga tingkat resolusi

	<i>Points In Total</i>	<i>Ukuran File (.obj)</i>
High Resolution (0,2 mm)	569.868 <i>Points</i>	125 MB
Medium Resolution (0,5 mm)	186.378 <i>Points</i>	42 MB
Low Resolution (2,0 mm)	17.942 <i>Points</i>	3 MB



Gambar 3. Perbandingan hasil pindaian tiga tingkat resolusi

Hasil dari setiap tingkat resolusi dibandingkan berdasarkan jumlah titik (*point cloud*) dan ukuran file hasil ekspor (.obj) sebagai dua indikator utama yang tertampil pada Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1 dan Gambar 3, terlihat bahwa tingkat resolusi memberikan pengaruh signifikan terhadap kualitas visual dan detail geometris hasil pemindaian. Pada *High Resolution* (0,2 mm), model 3D menampilkan bentuk yang sangat presisi dengan lekukan halus dan detail garis yang tajam. Permukaan luar mug terlihat lebih kaya informasi spasial dan bagian dasar objek dapat terbaca dengan baik. Hal ini didukung oleh jumlah titik yang tinggi (569.868 poin), serta ukuran file yang besar (125 MB), menandakan kompleksitas data visual yang dihasilkan. *Medium Resolution* (0,5 mm) menghasilkan model dengan kualitas yang masih tergolong baik, namun beberapa detail halus mulai kehilangan ketajamannya. Kontur garis mulai tampak melebar atau sedikit samar jika dibandingkan dengan resolusi tinggi. Ukuran file juga berkurang cukup signifikan menjadi 42 MB, menunjukkan efisiensi data dengan pengorbanan detail tertentu. Sementara itu, pada *Low Resolution* (2,0 mm) terlihat penurunan kualitas yang cukup drastis. Jumlah titik yang tertangkap hanya 17.942 poin dan ukuran file menjadi sangat kecil (3 MB). Akibatnya, model tampak kasar, bentuknya cenderung membulat tanpa kontur tajam dan bagian dasar mug juga tampak tidak utuh secara presisi.

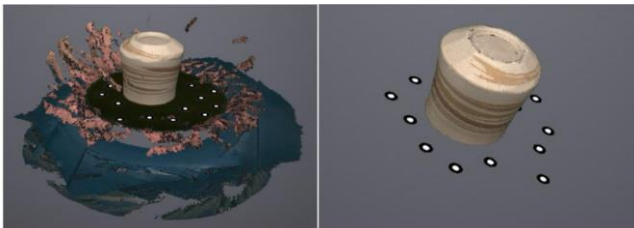
Secara keseluruhan, gambar visual memperkuat data numerik bahwa semakin tinggi resolusi pemindaian, semakin baik pula kualitas representasi geometris dan visual dari objek yang dipindai. Namun, peningkatan resolusi juga berbanding lurus dengan besarnya ukuran *file* dan beban pengolahan data, sehingga perlu disesuaikan dengan kebutuhan akhir.

Setelah diperoleh konfigurasi resolusi terbaik, proses pemindaian dilanjutkan untuk menghasilkan model 3D yang utuh. Namun, ditemukan kendala bahwa bagian objek yang bersentuhan langsung dengan permukaan meja putar tidak dapat dijangkau oleh perangkat pemindai karena terhalang secara fisik. Hal ini menyebabkan terbentuknya area kosong (*void*) atau kehilangan data pada bagian tertentu dari model digital. Dalam mengatasi hal tersebut, dilakukan pendekatan pemindaian dua posisi objek, yaitu posisi objek normal dan terbalik. Sehingga, seluruh permukaan objek dapat tercakup secara menyeluruh dan menghasilkan model 3D yang lengkap (Gambar 4).

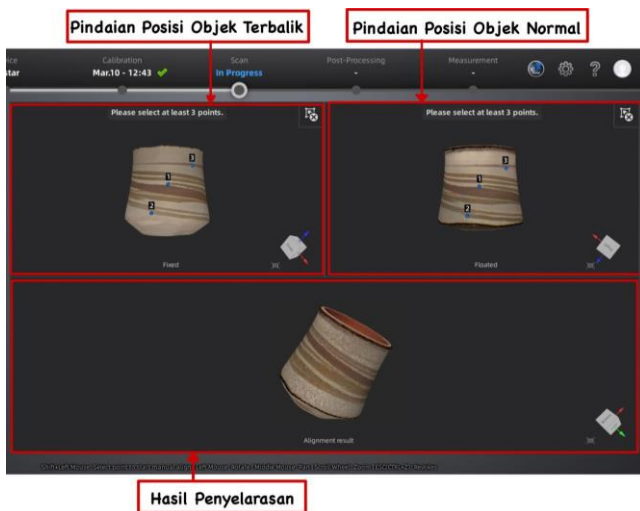
Pemindaian pada posisi objek normal memungkinkan penangkapan area atas dan samping objek, sedangkan pemindaian posisi objek terbalik digunakan untuk menangkap bagian dasar mug.



Gambar 4. Posisi objek normal (kiri) dan terbalik (kanan)



Gambar 5. Data *point cloud* sebelum dibersihkan (kiri) dan data *point cloud* setelah dibersihkan (kanan)



Gambar 6. Proses penyalarsan (*alignment*) dua set data *point cloud*



Gambar 7. Model 3D hasil pemindaian mug *Red Line*

Tahap ketiga adalah **pembersihan dan penyalarsan (*alignment*)**. Setelah pemindaian dua posisi objek selesai dilakukan, tahap berikutnya adalah proses pembersihan dan penyalarsan (*alignment*) data untuk membentuk satu model 3D yang utuh. Kedua hasil pemindaian, baik dari posisi normal maupun terbalik, menghasilkan set *point cloud* yang berbeda.

Oleh karena itu, diperlukan pengolahan lanjutan agar keduanya dapat tergabung secara presisi.

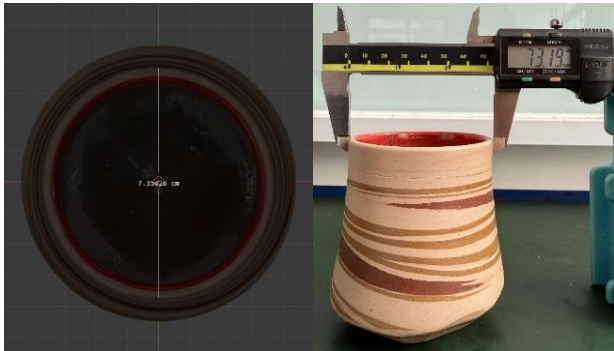
Pembersihan dilakukan terlebih dahulu dengan menggunakan fitur *cut and delete* pada perangkat lunak EXStar. Langkah ini bertujuan untuk menghapus bagian-bagian yang tidak relevan (*noise*). Dengan demikian, hasil *point cloud* yang digunakan untuk penyalarsan akan lebih bersih dan fokus pada bentuk utama objek (Gambar 5).

Penyalarsan dilakukan menggunakan metode *manual alignment* dengan menempatkan minimal tiga titik referensi yang identik pada kedua hasil pemindaian untuk dijadikan dasar penyalarsan koordinat spasial. Hasil penyalarsan pada Gambar 6 menunjukkan bahwa kedua set data dapat tergabung secara menyatu tanpa tumpang tindih, sehingga sudah merepresentasikan permukaan objek secara menyeluruh.

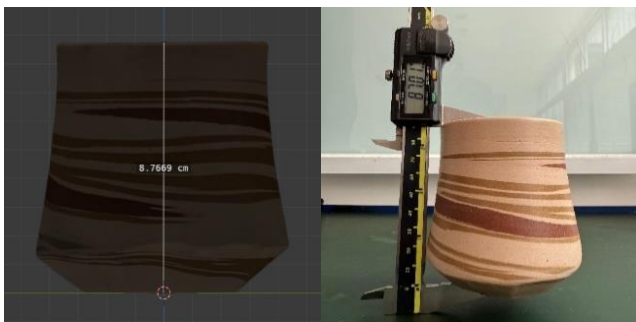
Tahap keempat, **pembuatan *mesh* dan ekspor model 3D**. Transformasi data hasil penyalarsan menjadi model tiga dimensi yang siap digunakan dilakukan melalui proses pembuatan *mesh*. Pada tahap ini, data *point cloud* diolah menggunakan fitur *mesh generation* dalam perangkat lunak EXStar, yang secara otomatis menghubungkan titik-titik spasial menjadi permukaan poligonal berbentuk segitiga. Hasilnya adalah model padat (*watertight*) yang mewakili bentuk geometris objek secara menyeluruh (Gambar 7).

Model yang telah terbentuk kemudian diekspor ke dalam beberapa format *file* digital yang meliputi .obj, .jpg, .mtl. Kombinasi ketiga format ini mendukung interoperabilitas model dalam berbagai perangkat lunak visualisasi maupun *platform* digital.

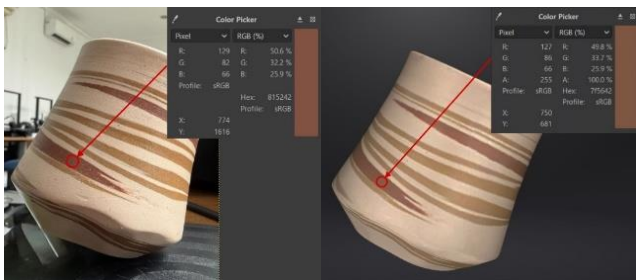
Tahap terakhir atau kelima adalah **evaluasi akurasi model 3D**. Model 3D hasil pemindaian dievaluasi dengan membandingkannya langsung terhadap objek fisik. Evaluasi dilakukan pada tiga aspek: geometri, warna, dan tekstur. (1) Geometri/dimensi. Pengukuran dimensi dilakukan pada model 3D dan objek fisik menggunakan perangkat lunak Blender dan jangka sorong (Gambar 8 dan Gambar 9). Hasil pengukuran menunjukkan: diameter luar fisik: 7,32 cm → diameter luar model: 7,35 cm dan tinggi fisik: 8,70 cm → tinggi model: 8,77 cm. Selisih perbedaan <1% menandakan akurasi geometri model 3D yang dihasilkan berhasil merepresentasikan bentuk dan ukuran produk keramik secara presisi. (2) Warna (Tingkat RGB). Evaluasi warna dilakukan dengan membandingkan nilai RGB pada permukaan mug menggunakan perangkat lunak GIMP (*GNU Image Manipulation Program*). Warna sampel diambil dari area yang sama pada kedua media untuk menjaga konsistensi (Gambar 10). Hasil pengukuran menunjukkan: objek fisik: R = 129, G = 82, B = 66 dan model 3D: R = 127, G = 86, B = 66.



Gambar 8. Perbandingan diameter luar model 3D (kiri) dan diameter luar produk fisik (kanan)



Gambar 9. Perbandingan tinggi model 3D (kiri) dan tinggi produk fisik (kanan)



Gambar 10. Perbandingan RGB produk fisik (kiri) dan RGB model 3D (kanan)



Gambar 11. Perbandingan tekstur model 3D (kiri) dan tekstur produk fisik (kanan)



Gambar 12. Perbandingan tekstur model 3D hasil pemindaian dengan visualisasi pasca-proses pada platform sketchfab untuk mensimulasikan efek permukaan glossy

Perbedaan <5% pada saluran warna menunjukkan akurasi representasi warna yang dihasilkan sangat memadai untuk visualisasi digital. (3) Tekstur. Aspek tekstur dievaluasi secara visual dengan membandingkan tampilan permukaan model terhadap objek aslinya. Permukaan tidak mengilap (*matte*) seperti pada mug berjudul *Red Line* (Gambar 11) berhasil ditampilkan dengan cukup baik, meskipun detail mikro seperti pori-pori halus tidak dapat tertampil.

Pada produk dengan permukaan mengilap (*glossy*) seperti mug berjudul *Dream Land* (Gambar 12), hasil pemindaian 3D menunjukkan keterbatasan dalam menangkap karakter reflektansi permukaan secara akurat. Hal ini disebabkan oleh sifat material yang cenderung memantulkan cahaya terstruktur, sehingga informasi visual yang terekam oleh pemindai tidak sepenuhnya merepresentasikan efek kilap objek fisik. Oleh karena itu, visualisasi model pada platform Sketchfab digunakan sebagai tahap pasca-proses (*post-processing*) untuk mensimulasikan kembali karakter visual kilap secara lebih realistis. Perlu ditegaskan bahwa visualisasi pada Sketchfab bukan merupakan output langsung dari proses pemindaian, melainkan penyempurnaan visual tambahan untuk keperluan evaluasi dan presentasi digital.

Namun demikian, kelemahan dari platform Sketchfab terletak pada penerapan efek kilap yang bersifat menyeluruh pada seluruh permukaan model. Artinya, apabila objek fisik memiliki kombinasi area *glossy* dan *matte*, maka Sketchfab belum mendukung penyesuaian efek kilap secara lokal hanya pada area tertentu.

Implikasi resolusi pemindaian terhadap efisiensi proses digitalisasi UMKM

Selain mempengaruhi kualitas visual dan detail geometris, tingkat resolusi pemindaian juga berdampak pada efisiensi proses digitalisasi produk

kerajinan, khususnya bagi pelaku UMKM. Berdasarkan hasil eksperimen, peningkatan resolusi pemindaian berbanding lurus dengan jumlah titik (*point cloud*) dan ukuran file model 3D yang dihasilkan. Model dengan resolusi tinggi (0,2 mm) menghasilkan data berukuran besar, yang mengindikasikan kebutuhan waktu pemindaian lebih lama, kapasitas penyimpanan lebih tinggi, serta beban pengolahan data yang lebih besar.

Sebaliknya, pemindaian dengan resolusi menengah (0,5 mm) menunjukkan keseimbangan antara kualitas visual dan efisiensi data. Meskipun detail mikro tidak sepresisi resolusi tinggi, representasi bentuk dan warna masih tergolong memadai untuk kebutuhan visualisasi digital produk kerajinan. Resolusi rendah (2,0 mm), meskipun paling efisien dari sisi ukuran data dan waktu pemindaian, menunjukkan penurunan kualitas representasi yang signifikan sehingga kurang ideal untuk menampilkan karakter produk keramik secara akurat.

Temuan ini menunjukkan bahwa pemilihan resolusi pemindaian perlu disesuaikan dengan tujuan penggunaan model 3D. Bagi UMKM, konfigurasi resolusi menengah dapat menjadi alternatif yang lebih efisien untuk digitalisasi katalog produk, sementara resolusi tinggi dapat digunakan secara selektif pada produk unggulan yang membutuhkan detail visual maksimal. Pendekatan ini memungkinkan UMKM meningkatkan kualitas representasi digital produk tanpa harus menanggung beban biaya dan sumber daya yang berlebihan. Tidak hanya itu, hasil pemindaian 3D dalam penelitian ini memperkuat temuan sebelumnya bahwa representasi visual berbasis digital mampu meningkatkan pemahaman terhadap karakter produk dibandingkan visualisasi dua dimensi konvensional (Widyastuti, 2020; Pratama, 2025).

4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa optimalisasi pengaturan parameter teknis pada proses pemindaian tiga dimensi berperan penting dalam menghasilkan representasi digital produk keramik yang akurat dan informatif. Melalui pendekatan eksperimental, penelitian ini mengisi celah riset terkait kebutuhan parameter empiris pemindaian 3D yang relevan bagi produk kerajinan UMKM, khususnya dalam kaitannya dengan variasi resolusi dan posisi pemindaian.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemindaian beresolusi tinggi (0,2 mm) mampu menghasilkan detail geometri, warna, dan tekstur paling presisi, namun memerlukan kapasitas penyimpanan dan beban pengolahan yang lebih besar. Sementara itu,

pemindaian dua posisi objek (normal dan terbalik) terbukti efektif dalam mengatasi keterbatasan cakupan permukaan dan menghasilkan model tiga dimensi yang menyeluruh.

Evaluasi terhadap tiga aspek utama—geometri, warna, dan tekstur—menunjukkan bahwa model digital yang dihasilkan memiliki tingkat kesesuaian yang tinggi terhadap objek fisik, khususnya pada dimensi dan warna. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun pemindaian 3D mampu merepresentasikan bentuk dan warna produk keramik secara akurat, karakter visual berbasis reflektansi masih memerlukan pendekatan tambahan di luar proses pemindaian. Kondisi ini menjadi pertimbangan penting dalam digitalisasi produk kerajinan, khususnya bagi UMKM yang memiliki variasi *finishing* permukaan, karena pemilihan metode visualisasi akan mempengaruhi persepsi kualitas produk pada *platform* digital. Analisis efisiensi menunjukkan bahwa resolusi menengah dapat menjadi alternatif yang lebih rasional bagi UMKM dalam mendigitalisasi katalog produk, dengan tetap mempertahankan kualitas representasi visual yang memadai.

Dengan demikian, keberhasilan pendekatan ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam optimalisasi proses pemindaian 3D untuk produk-produk serupa, sekaligus memperkuat strategi digitalisasi visual di sektor kerajinan, khususnya pengrajin keramik dalam mengadopsi teknologi digital berbasis desain produk. Penelitian selanjutnya dapat diarahkan pada pengembangan visualisasi berbasis *platform* digital interaktif, peningkatan kualitas tekstur untuk permukaan mengkilap, serta integrasi model 3D dalam sistem pemasaran digital berbasis desain produk.

Daftar pustaka

- Bisri, Fitra, S., Widyastuti, T., & Aria, R. R. (2024). Pengembangan UMKM untuk Meningkatkan Kesejahteraan Masyarakat Indonesia. *Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan (JIIP)*, 7. <https://doi.org/10.37058/wlfr.v3i1.4719>
- Bugeja, A., Bonanno, M., & Garg, L. (2022). 3D scanning in the art & design industry. *Materials Today: Proceedings*, 63, 718–725. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.05.069>
- Einstar.com. (2024, November 24). *Einstar: Portable Handheld 3D Scanner*. <https://www.einstar.com/products/prosumer-portable-3d-scanner>.
- Lukita, L., Syarief, A., Riyadi, S., & Sriwarno, A. (2021). Studi persepsi visual perempuan pengendara terhadap desain sepeda motor skuter matik di Indonesia. *Productum: Jurnal Desain Produk (Pengetahuan dan Perancangan Produk)*, 4(1), 67-76. <https://doi.org/10.24821/productum.v4i1.4064>
- Hewawalpita, S., & Perera, I. (2017). *Effect of 3D Product Presentation on Consumer Preference in E-Commerce*. IEEE.
- Hewawalpita, S., & Perera, I. (2017, May). Effect of 3D product presentation on consumer preference in e-commerce. In 2017

- Moratuwa Engineering Research Conference (MERCon)* (pp. 485-490). IEEE. <https://doi.org/10.1109/MERCon.2017.7980532>
- Lyubomirov, S., Asenov, S., Tokmakov, D., Kanevski, H., Shehova, D., & Petrova, S. (2023). Case Study of 3D Scanning and Processing to Create Virtual 3D Plant Objects for Education. In *2023 31st National Conference with International Participation, TELECOM 2023*. <https://doi.org/10.1109/TELECOM59629.2023.10409604>
- Pratama, R. F. (2025). Pengaruh Estetika Desain terhadap Persepsi Merek dan Keputusan Pembelian Konsumen di Pasar Internasional. *Design Journal*, 3(1), 31–40. <https://doi.org/10.58477/dj.v3i1.199>
- Salvi, J., Fernandez, S., Pribanic, T., & Llado, X. (2010). A state of the art in structured light patterns for surface profilometry. *Pattern Recognition*, 43(8), 2666–2680. <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2010.03.004>
- Shining 3D. (2023). *EINSTAR 3D Scanner User Manual VI.0.6*. Shining 3D Technology Co., Ltd.
- Kamar Dagang dan Industri Indonesia (2023). *UMKM Indonesia*. <https://kadin.id/data-dan-statistik/umkm-indonesia/>
- Widyastuti, P. (2020). Pembelajaran 3D Printing sebagai metode perancangan produk kostum (Studi Kasus: industri cosplay). *Productum: Jurnal Desain Produk (Pengetahuan dan Perancangan Produk)*, 3(7), 231-238. <https://doi.org/10.24821/productum.v3i7.3378>
- Wu, C., Yang, L., Luo, Z., & Jiang, W. (2022). Linear Laser Scanning Measurement Method Tracking by a Binocular Vision. *Sensors*, 22(9). <https://doi.org/10.3390/s22093572>
