

Pemindaian Ruang pada Bangunan dengan *Mobile LiDAR Camera*

Nitih Indra Komala Dewi ¹, Wahyu Buana Putra ²

¹ Program Studi Arsitektur, Departemen Pendidikan Teknik Arsitektur, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Universitas Pendidikan Indonesia.

² Program Studi Arsitektur, Fakultas Arsitektur dan Desain, ITENAS Bandung
Email: nitih@upi.edu

ABSTRAK

Dokumentasi merupakan bagian integral dari pengumpulan, penyimpanan, dan pengelolaan catatan arsitektur, penelitian, dan dokumen bangunan dalam arsitektur. Lamanya waktu dalam proses pendataan lapangan dan keakuratan data yang diperoleh merupakan kendala yang dihadapi dalam proses pendataan lapangan untuk mendapatkan data dokumentasi arsitektur. Kemajuan teknologi kamera pada smartphone semakin meningkat. Dengan kemajuan teknologi saat ini, fungsi kamera pada smartphone tidak hanya sebagai alat pengambilan gambar fotografi tetapi sudah berkembang ke arah pemindaian objek. Pemindaian benda bangunan telah banyak menggunakan teknologi pemindaian objek untuk mendapatkan tangkapan visual tiga dimensi dari ruang atau massa bangunan, salah satunya dengan metode 3D Scanner. Penelitian ini bertujuan untuk menguji dan membandingkan metode 3D Scanner dengan menggunakan dua metode pengumpulan data yaitu kamera spot dan kamera dinamis. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sensor LiDAR yang terdapat pada iPhone memungkinkan pengguna menggunakannya dalam kegiatan survei untuk mengumpulkan data outdoor dan indoor yang ada. Berdasarkan analisis uji One Way Anova diperoleh P-value sebesar 0.976. nilai P-value < 0.05, yang berarti tidak ada perbedaan antara Dimensi yang dipindai dengan metode statis (X1), metode dinamis (X2), dan penggunaan laser distance (X3). Pelaksanaan pemindaian dengan metode statis memerlukan ketelitian dan kecermatan, mengingat keterbatasan jarak pemindaian dan pergerakan alat putar 360-tracking iPhone. Pada penggunaan metode pemindaian statis, diperlukan beberapa titik pemindaian dan intensitas pemindaian.

Kata kunci: sensor lidar, pemindaian statis, pemindaian dinamis,

ABSTRACT

Documentation is integral to the collection, storage, and management of architectural records, research, and building documents in architecture. The length of time in the field data collection process and the accuracy of the data obtained are the obstacles encountered in obtaining architectural documentation data. Advances in camera technology on smartphones are increasing. With current technological advances, the function of the camera on a smartphone is not only a tool for taking photographic images but has developed for scanning objects. Scanning of building objects has widely used object scanning technology to obtain a three-dimensional visual capture of the space or mass of a building, one of which is the 3D Scanner method. This study aims to test and compare the 3D Scanner method using two data collection methods, namely spot cameras and dynamic cameras. The results of this study indicate that the LiDAR sensor found on the iPhone allows users to use it in survey activities to collect existing outdoor and indoor data. Based on the One Way Anova test analysis, a P-value of 0.976 was obtained. The P-value < 0.05 means there is no difference between the Dimensions scanned with the static method (X1), the dynamic method (X2), and the use of laser distance (X3). Scanning using the static method requires accuracy and precision, considering the limitations of the scanning distance and the movement of the iPhone's 360-tracking rotary device. Several scanning points and intensities are necessary when using the static scanning method.

Keywords: lidar sensor, static scanning method, dynamic scanning method,

1. PENDAHULUAN

Pengambilan data visual sebuah bangunan telah berkembang ke arah pemanfaatan teknologi dengan penggunaan *3D Scanning*, salah satunya penggunaan sensor LiDAR pada pengambilan data eksisting bangunan untuk keperluan dokumentasi bangunan. Dalam tahapan awal proses renovasi bangunan, dilakukan pengukuran dengan tujuan memperoleh informasi bentuk ruang atau bangunan yang akan direnovasi. Pekerjaan survei atau identifikasi bangunan sebagai pekerjaan pra-rancangan maupun pra-konstruksi menjadi bagian penting dari proses pembangunan.

Pentingnya sebuah data atau informasi eksisting bangunan tidak lagi hanya disajikan dalam bentuk dua dimensi (2D). Namun kebutuhan informasi secara tiga dimensi (3D) dari ruang fisik semakin meningkat, tujuannya tidak lain agar pengguna mudah memahami kondisi ruang fisik sebelumnya dan perubahannya dan bahkan dapat berinteraksi dengan ruang yang direncanakan tersebut secara tiga dimensi. Teknik dokumentasi tiga dimensi memberikan perekaman objek yang lebih lengkap dan objektif dari pada perekaman 2D [1]. Hingga saat ini proses pemindaian informasi ruang fisik tiga dimensi merupakan proses yang tidak sederhana, dan membutuhkan disiplin keilmuan khusus yang membuat biaya yang dikeluarkan tidak sedikit [2]

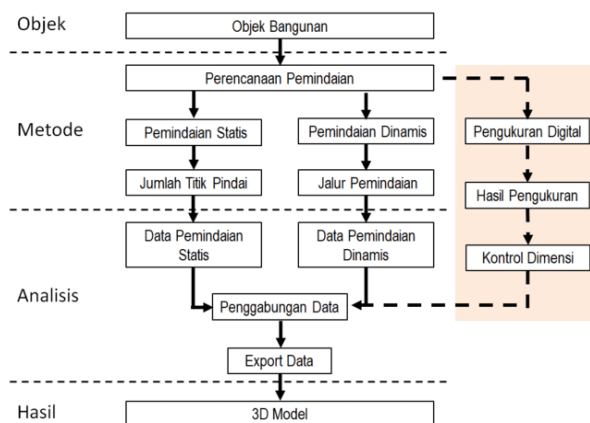
Perangkat pemindaian tiga dimensi dengan kategori *High-Precision LiDAR Scanner Equipment*, memiliki tingkat akurasi data tinggi, dengan metode khusus, dan dilakukan oleh tenaga ahli. Pada umumnya peralatan pemindaian tiga dimensi tersebut akan menangkap ruang fisik kemudian disajikan dalam bentuk *point cloud* dan beberapa diantaranya menghasilkan tangkapan gambar 360 [2]. Dalam konteks pemodelan bangunan tiga dimensi, teknologi *Mobile LiDAR Camera* terus berkembang dan digunakan industri dan peneliti, karena proses pengumpulan data yang efektif dan efisien dapat menghasilkan data yang detail. Pemanfaatan LiDAR pada gawai memberikan potensi perubahan paradigma dalam pengambilan data ruang menjadi digital [3].

Teknologi sensor LiDAR didalam iPhone dan iPad menarik banyak peneliti dan menghasilkan banyak penelitian menarik di tahun-tahun berikutnya, dengan melakukan pengujian, percobaan pemindaian objek dan pemodelan lingkungan dalam ruang maupun luar ruang [4]. Keakuratan pemindai LiDAR sensor yang tertanam di iPad Pro 2020 dan iPhone 12 promax untuk pekerjaan pemindaian lingkungan luar dalam skala besar telah dilakukan. Merekonstruksi sebuah tebing di Denmark kedalam bentuk 3D, dengan panjang 130 m dan tinggi rata-rata 10 m berhasil direkonstruksi dalam bentuk 3D dengan tingkat akurasi 0,1 m [5]. Penelitian selanjutnya tentang pengaplikasian dan pengujian kemampuan sensor LiDAR di iPad Pro dibidang arsitektur, dengan objek bangunan berskala besar yaitu bangunan bersejarah yang terdiri dari elemen tangga yang berada diluar bangunan menghubungkan dengan bangunan utama. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa pemindaian menggunakan iPad Pro memiliki presisi 0,02m dan akurasi 0,04m, sehingga memungkinkan untuk pemetaan arsitektur pada skala 1:200 [6]. Pemindaian objek berupa permainan anak LEGO dengan berbagai bentuk menggunakan iPad Pro, membandingkan hasilnya dengan pemindai 3D Industri Artec Space Spider, menunjukkan bahwa pemindaian 3D Industri memberikan hasil yang lebih baik, sedangkan keakuratan iPad sangat bergantung pada aplikasi yang digunakan [7]. Pada proses pemindaian objek, menggunakan teknik pengambilan data secara statis dan dinamis. pemindaian objek secara statis merupakan teknik pengambilan data dengan penempatan gawai pada beberapa titik spot tertentu dengan menggunakan standing tripod. sedangkan metode pemindaian objek secara dinamis, yaitu penggunaan *smartphone* dengan melakukan pemindaian menggunakan gerakan bebas dengan mengikuti pengaturan aplikasi *3D scanner*. Berdasarkan dua teknik pemindaian objek, maka fokus penelitian ini adalah membandingkan dua teknik pengambilan data pemindaian pada objek bangunan. Penelitian ini bertujuan membandingkan dua metode pemindaian ruang fisik, yaitu penerapan metode pemindaian statis dan metode pemindaian dinamis.

2. METODOLOGI

Metode pengambilan data visual objek bangunan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode pemindaian 3D Scanner. 3D scanner merupakan penerapan teknologi dalam memindai objek nyata berbentuk tiga dimensi untuk mendapatkan data geometri, dimensi dan data lainnya dalam bentuk

gambar 3D yang sangat akurat [8]. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya smartphone dengan sensor LiDAR, yaitu iPhone 13 ProMAX, *laser distance meter*, dan tripod yang dilengkapi dengan 360 object tracking holder. Sedangkan untuk aplikasi yang digunakan adalah 3D *Scanner App*, aplikasi ini berlisensi tidak berbayar. Penelitian tahap pengambilan data dilakukan dua tahap, diantaranya, pemindaian objek secara statis dan pemindaian objek secara dinamis (**Gambar 1**)



Gambar 1. Alur Penelitian

Sumber: Peneliti, 2022

Berdasarkan Gambar 1, tahapan pengambilan data visual pada objek bangunan diawali dengan perencanaan pemindaian objek bangunan melalui penentuan ruang atau bagian dari objek bangunan yang akan dilakukan proses pemindaian. Selanjutnya dilakukan penentuan metode pemindaian objek statis dan pemindaian objek dinamis. Pada pemindaian statis, penentuan titik dipilih pada posisi yang dapat menangkap seluruh bagian objek yang akan dipindai, sedangkan pemindaian dinamis dilakukan pemindaian secara bebas dengan mengoptimalkan sudut pengambilan dari gawai dapat mencakup pengambilan data visual pada setiap bagian dari objek bangunan yang dipindai sesuai dengan objek bangunan yang ditargetkan.

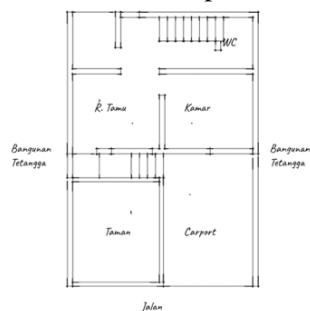
2.1 Perencanaan Pemindaian

Tahap pertama yang dilakukan sebelum melakukan pemindaian adalah melakukan identifikasi ruang yang akan dipindai dengan cara membuat sketsa ruang sederhana sebagai tahapan perencanaan pemindaian. Meskipun sketsa sederhana tersebut tanpa ukuran, diharapkan memuat informasi awal terkait ruang-ruang yang akan dipindai, objek furniture, dan perlengkapan ruang lain yang mungkin akan menjadi kendala saat proses pemindaian. Berdasarkan sketsa awal tersebut, dapat menjadi pertimbangan dalam menentukan metode pemindaian ruang yang akan digunakan.

Sensor LiDAR iPhone yang diterapkan pada gawai dalam pemindaian data dapat menghasilkan informasi tangkapan geometris yang baik, dengan faktor pencahayaan menjadi aspek penting pada saat proses pemindaian [9]. Sehingga sebelum pemindaian dilakukan harus dipastikan kondisi objek yang akan dipindai mendapatkan pencahayaan alami dari matahari (*daylighting*) yang memadai pada objek ruang luar maupun ruang dalam bangunan, dengan demikian pada saat proses pemindaian tidak memerlukan cahaya tambahan.

Objek ruang dalam penelitian ini mencakup ruang luar dan ruang dalam, yang merupakan salah satu unit rumah yang dibangun oleh pengembang perumahan. Objek ruang luar yang akan dipindai adalah semua bagian pada bagian depan (*entrance*) bangunan dan beberapa ruang dalam di lantai dasar pada objek bangunan. Sedangkan area ruang dalam yang akan dipindai, antara lain ruang tamu, kamar dan area menuju tangga. Unit rumah yang diamati tidak ditempati penghuni, sehingga ruang di dalam bangunan masih kosong dan tidak terdapat perabot ruang, sehingga tidak terdapat kendala penempatan

alat pindai, namun tetap memperhatikan pencahayaan dan tekstur material ruang. Hasil pemindaian dapat digunakan oleh pemilik rumah untuk melakukan penataan dan perubahan ruang.

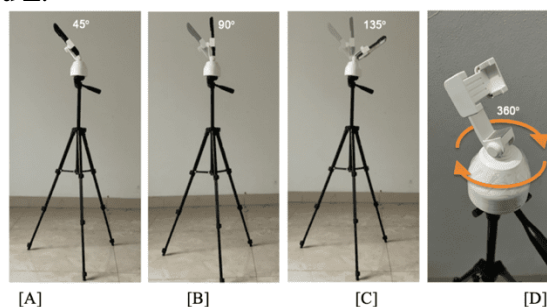


Gambar 2. Sketsa Denah Bangunan yang akan Dilakukan Pemindaian.

Sumber: Peneliti, 2022

2.2 Pengaturan Alat.

Pada metode pemindaian statis iPhone 13 ProMax di tempatkan diatas tripod dengan *360 object tracking handle* sebagai dudukan perangkat. Penggunaan alat *360 object tracking handle* memungkinkan perangkat dapat berputar penuh 360 derajat secara otomatis arah sumbu X dan Y, memindai ruangan. Adapun arah sumbu Z, sudut kemiringan pengambilan data memungkinkan hingga 90 derajat. Sehingga operasional saat pengambilan data statis masih dilakukan semi manual yaitu otomatis pada arah sumbu X,Y dan manual arah sumbu Z.



Gambar 3. [A] Sumbu Z Sudut 45°; [B] Sumbu Z Sudut 90°; [C] Sumbu Z Sudut 135°; [D] Arah Putar Alat 360 Tracking Handle.

Sumber: Peneliti, 2022

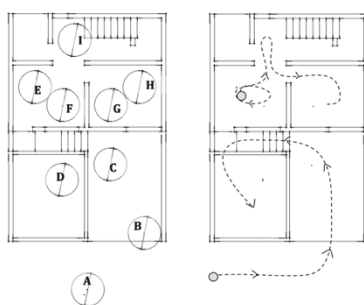
Gambar 3 menunjukkan penentuan sudut posisi kemiringan gawai yang diterapkan pada setiap titik sampel pemindaian objek. Sedangkan pengaturan alat untuk metode pemindaian dinamis tidak diperlukan khusus, karena mengikuti setting yang telah ditentukan oleh aplikasi pemindaian sensor LiDAR iPhone.

2.3 Metode Pemindaian

Pemindaian LiDAR terbagi atas dua teknik, pemindaian berbasis *ground* atau darat dan pemindaian berbasis udara (menggunakan UAV). Metode pemindaian yang digunakan pada penelitian ini adalah pemindaian berbasis darat. Pemindaian berbasis darat dapat disebut sebagai metode pemindaian stasioner, yaitu pemindaian dengan posisi tetap yang dilakukan dengan beberapa kali di lokasi berbeda di darat. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan data pemindaian yang dapat saling melengkapi pada bidang yang hilang atau poligon yang kosong. Hal itu menyebabkan pada saat proses pengolahan data terdapat beberapa bagian objek bangunan hilang. Bagian-bagian yang sering hilang karena diluar jangkauan sensor LiDAR, terutama bagian yang lebih tinggi seperti atap. Selain itu keterbatasan jangkauan sudut tangkapan sensor LiDAR juga menjadi faktor yang perlu diperhatikan [10].

Sebagian besar metode pemindaian yang menggunakan sensor LiDAR berfokus pada pembuatan model bangunan foto-realistik, karena informasi geometrik yang terkandung dalam titik awan cukup memadai. Dalam kondisi ideal, pemindaian menggunakan perangkat iOS berkemampuan sensor LiDAR dapat mencapai akurasi hingga 95%. Namun akurasi ini bergantung pada kondisi objek lingkungan,

permukaan atau tekstur material yang dipindai dan teknik yang digunakan dalam menangkap pindaian serta ukuran objek yang dipindai [10]. Berikut sketsa titik posisi pemindaian dengan metode statis dan alur pemindaian dengan metode dinamis (Gambar 4).



Gambar 4. [A] Sketsa Perencanaan Titik Perletakan Alat Metode Statis; [B] Sketsa Rencana Jalur/ Path Pemindaian Ruang Luar dan Ruang Dalam Metode Dinamis
Sumber: Peneliti, 2022

A. Pemindaian Statis

Pemindaian statis ini dilakukan dengan cara menempatkan alat di satu titik tertentu kemudian melakukan pemindaian berputar arah 360 derajat arah sumbu X dan Y yang dibagi kedalam tiga kali putaran, berdasarkan sumbu putar arah Z. Pemindaian putaran pertama, berputar 360 derajat sumbu X dan Y, dengan sudut kemiringan kamera 45 derajat sumbu Z. Pemindaian putaran kedua, berputar 360 derajat sumbu X dan Y, dengan sudut kemiringan kamera 90 derajat sumbu Z. Pemindaian putaran ke-tiga, berputar 360 derajat sumbu X dan Y, dengan sudut 135 kemiringan kamera derajat sumbu Z. (Lihat Gambar 3, A; B; C). Metode statis yang digunakan dalam penelitian ini, menempatkan iPhone dengan jarak terhadap objek dinding yang akan dipindai antara 1-1,5 meter, dengan pertimbangan bahwa lebar ruang yang akan dipindai antara 3-4 meter, sehingga direncanakan penempatan iPhone berada di 1/3 x lebar ruang yang akan dipindai (lihat gambar 5).



Gambar 5. Pemeriksaan Jarak iPhone Terhadap Objek Dinding Yang Akan Dipindai.
Sumber: Peneliti, 2022

B. Pemindaian Dinamis

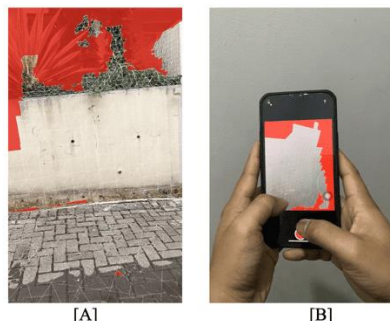
Pemindaian dinamis merupakan metode pemindaian berdasarkan jalur yang direncanakan dengan pergerakan gawai secara bebas atau tanpa penggunaan tripod. Pemindaian dinamis dilakukan dengan cara memindai objek atau ruang menggunakan tangan menyusuri setiap sisi objek atau bidang dinding, hingga semua bagian segmen yang dipindai tertutupi dengan sempurna. (Lihat Gambar 5).

Setelah melakukan merencanakan area pemindaian ruang luar, perlu dipertimbangkan bahwa luas area ruang luar yang ideal untuk dipindai sekitar 10x10 meter atau yang lebih kecil [11]. Sedangkan area ruang luar yang direncanakan akan dipindai kurang dari 100m², sehingga kondisi ini masuk kategori memungkinkan untuk dipindai. Selanjutnya proses pemindaian dimulai dari area sudut ruang luar yang akan dipindai, dengan cara menekan tombol berwarna merah maka proses pemindaian akan dimulai.

2.4. Aplikasi Pemindaian 3D Scanner App

3D Scanner App adalah sebuah aplikasi yang berjalan di sistem operasi iOS yang memanfaatkan sensor LiDAR di produk Apple tertentu. Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk menangkap benda apapun di dunia nyata, yang kemudian akan disajikan secara visual dalam tampilan tiga dimensi.

Aplikasi ini menggunakan sensor LIDAR yang tertanam di perangkat bersama dengan kamera produk Apple. Aplikasi ini bekerja dengan membuat jaring tiga dimensi bertekstur realistis dari suatu objek atau ruang. Jaringan tiga dimensi dibangun melalui *user interface* interaktif yang menunjukkan kepada pengguna informasi apa yang sedang ditangkap dan menghasilkan pratinjau tekstur foto beresolusi rendah secara langsung [12].



Gambar 6. [A] Pemindaian Dinamis Ruang Luar; [B] Pemindaian Dinamis Ruang Dalam.

Sumber: Peneliti, 2022

Pengguna cukup membawa perangkat seluler saat berada di manapun, sudah dapat memanfaatkan perangkat seluler tersebut sebagai alat pemindai objek atau ruang tiga dimensi, yang memungkinkan untuk mengubah objek apa pun atau ruang menjadi model tiga dimensi yang dapat disimpan dan bagikan dengan mudah. [12]. Kendala yang dihadapi pada penggunaan LiDAR diantaranya adalah data *noise*, ketidak konsistensian data tangkapan, seperti jendela, bidang-bidang yang gagal dilakukan regenerating. Sehingga beberapa diantaranya mengatasinya dengan menggabungkan dengan metode tangkapan aerial untuk menghasilkan model bangunan yang lengkap [10].

Tabel 1. Perbandingan Singkat Tingkatan Teknologi dan Solusi

Teknologi/ Metode	Biaya	Akurasi	Ketepatan	Kemudahan Penggunaan
High-Precision LiDAR	Tinggi	Tinggi	Rendah	Rendah
Proprietary	Sedang	Sedang/ Rendah	Tinggi	Sedang
Photogrammetry	Sedang/ Tinggi	Sedang	Sedang	Rendah
3D Photos / Videos	Rendah	-	Tinggi	Tinggi
Mobile LiDAR	Rendah	Sedang	Sedang	Tinggi

Sumber : [LAAN LABS, Jan 2022](#)

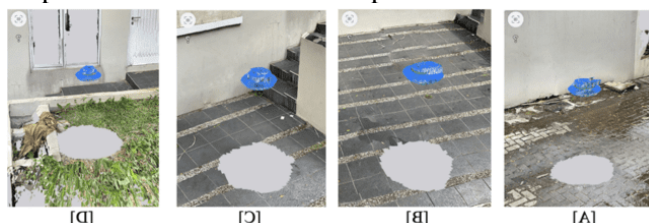
Tabel 1. menunjukkan perbandingan pemanfaatan teknologi, peralatan dan kemudahan yang ditawarkan. Teknologi *High-Precision LiDAR* merupakan kategori tingkat tinggi, dengan tingkat presisi yang tinggi dengan biaya tinggi. Pemanfaatan perangkat ini difokuskan pada akurasi, seperti Leica, Riegl, FARO, Trimble, Artec. *Proprietary* atau kepemilikan teknologi yang dikembangkan secara khusus (*Mid-Range Precision*), kategori ini dimiliki oleh perusahaan yang telah mengembangkan perangkat pemindai secara khusus dan menyediakan layanan pemindaian ruang dan objek [2].

Teknologi *Photogrammetry* merupakan metode pengambilan data tiga dimensi yang menggunakan banyak foto atau video untuk memprosesnya menjadi geometri tiga dimensi. Foto atau video yang diambil dapat menggunakan UAV atau robot lain, yang kemudian dilakukan pengolahan data di desktop. Meskipun pada dasarnya teknologi *Photogrammetry* cukup mudah dilakukan namun untuk mendapatkan hasil yang baik, dibutuhkan keahlian dan peralatan khusus seperti penggunaan GPS Geodetik untuk menghasilkan *Ground Control Point* (GCP). Serta dibutuhkan pengetahuan terkait penggunaan software pengolahan foto (photo-scan), seperti Pix4D, DroneDeploy, RealityCapture, Autodesk Recap Pro, dan Agisoft Metashape [2]. Mobile LiDAR memiliki keunggulan bentuk ya mudah dibawa kemanapun, harga yang ekonomis dan mudah digunakan, membuat perangkat ini cocok di beberapa kondisi. Pengguna dapat dengan mudah dan cepat melakukan pengukuran, membuat data acuan atau benchmark, memindai permukaan lantai, ruang maupun objek yang akan disajikan dalam bentuk 3D dan kemudian dengan mudah dibagikan kepada orang lain [11].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pemindaian Metode Statis

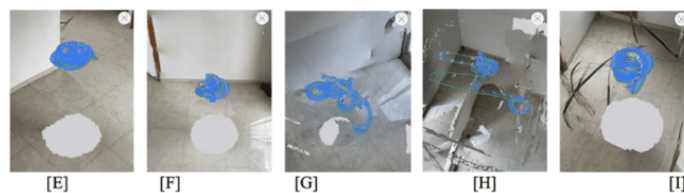
Pemindaian ruang luar dengan metode statis, memperlihatkan bahwa gambar hasil pindaian berkumpul pada satu titik diatas permukaan lantai acuan. Terdapat bidang yang tidak dapat dipindai karena posisinya berada dibawah tripod. Pemindaian statis ruang luar tidak terdapat kendala, dengan pencahayaan yang cukup, menghasilkan tangkapan jaring *mesh* yang sempurna, di beberapa bagian masih terdapat pergeseran posisi tekstur material hasil pindaian.



Gambar 7. Pemindaian Metode Statis Ruang Luar, [A] Titik A, Jalan; [B] Titik B, Carport ; [C] Titik C, Carport; [D] Titik D, Taman.

Sumber: Peneliti, 2022

Pemindaian ruang dalam, yang terdiri dari lima titik pemindaian. Titik “E”, memberikan hasil yang memuaskan di mana, terdapat 178 gambar yang ditangkap dan menghasilkan jaring *mesh* yang dapat mencakup seluruh sudut ruang tangkapan (lihat tabel 3). Meskipun terdapat beberapa bagian kecil tekstur material yang berselisih namun masih dapat diketahui geometrik ruang. Demikian halnya dengan titik “F”, hasil *3D Scanner App* yang diperoleh memperlihatkan geometrik ruang yang jelas, namun hasil tangkapan bidang lantai area tangga masih terdapat area jaring *mesh* yang kosong (lihat tabel 3).



Gambar 8. Pemindaian Metode Statis Ruang Dalam; [E] Titik E, ruang tamu; [F] Titik F, ruang tamu; [G] Titik G, kamar; [H] Titik H, kamar; [I] Titik I, area tangga

Sumber: Peneliti, 2022

Hasil pemindaian titik G dan H mengalami selisih yang sangat besar, peneliti tidak melakukan pemindaian ulang untuk titik G dan H dengan tujuan penelitian. Berdasarkan kondisi dilapangan bahwa terjadinya selisih pemindaian pada titik G dan H, akibat terjadinya perubahan auto fokus kamera iPhone ketika proses pemindaian dinding dengan jarak yang lebih dekat kemudian bergerak memindai dinding dengan jarak terjauh. Proses pemindaian dinding yang lebih dekat (jarak dinding terhadap iPhone adalah 1 meter) fokus kamera iPhone otomatis menggunakan lensa lebar, kemudian saat berpindah memindai dinding dengan jarak yang lebih jauh fokus kamera iPhone otomatis menggunakan lensa normal. Hal ini sejalan dengan rekomendasi dari penggunaan *3D Scanner App* yang menyebutkan bahwa pemindaian akan bekerja paling baik di jarak pindai 2-3 meter dari objek dinding [11].

3.2 Hasil Pemindaian Metode Dinamis



Gambar 9. Jalur Pemindaian Metode Dinamis Ruang Luar

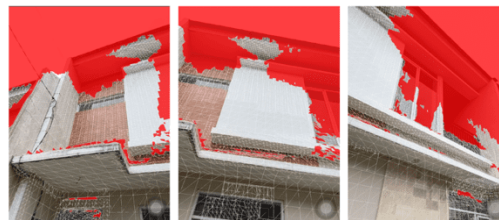
Sumber: Peneliti, 2022

Pemindaian menggunakan metode dinamis area ruang luar cukup dilakukan dengan satu kali periode pemindaian. Pemindaian ini mendapatkan 394 tangkapan gambar, yang selanjutnya diproses menjadi jaring *mesh*. Didalam aplikasi 3D scanner app, terlihat jalur pemindaian ruang yang berisi informasi tangkapan gambar hasil pemindaian. Jumlah gambar yang dihasilkan dari proses pemindaian metode dinamis bervariasi bergantung pada durasi perpindahan pemindaian, semakin lama mengarahkan pemindaian pada objek tertentu dengan berpindah posisi sudut pemindaian maka gambar tangkapan akan semakin banyak dan jaring *mesh* yang dihasilkan akan semakin besar dan semakin presisi, mengikuti bentuk geometri objek yang dipindai (lihat gambar 10).



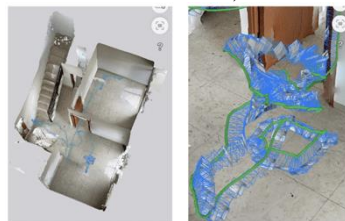
Gambar 10. Objek Pemindaian Tetap, Namun Posisi Sudut Pemindaian Berubah Menghasilkan Jaring Mesh yang Lebih Besar.

Sumber: Peneliti, 2022



Gambar 11. Metode Dinamis Mampu Memaksimalkan Kemampuan Jangkauan sensor LiDAR iPhone.

Sumber: Peneliti, 2022




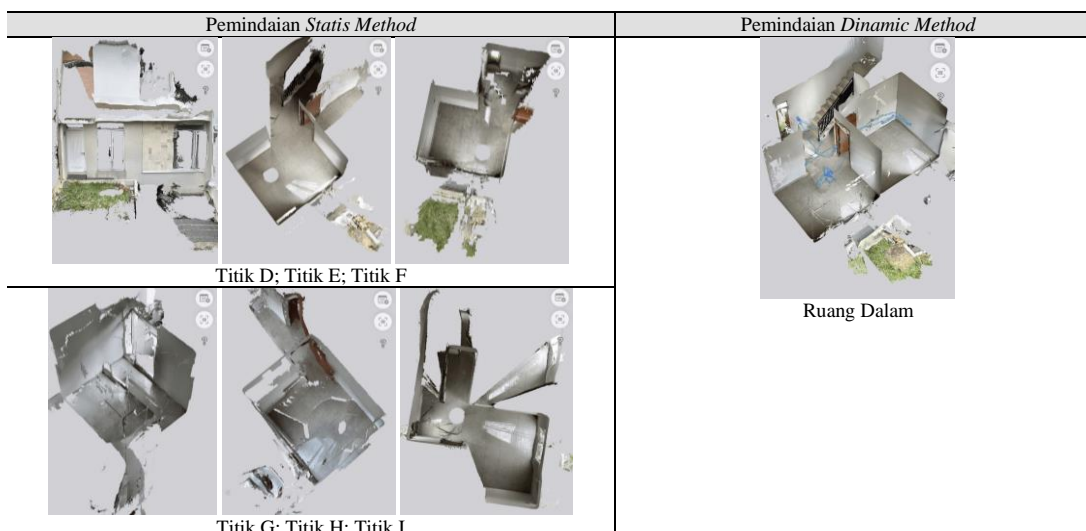
Gambar 12. Hasil Pemindaian dengan Metode Path

Sumber: Peneliti, 2022

Setelah mendapatkan hasil pemindaian menggunakan dua metode diatas, dilakukan pemeriksaan ukuran. Membandingkan hasil data ukur dari metode statis dan metode dinamis dengan hasil data pengukuran yang menggunakan meteran laser digital. Selanjutnya agar memperoleh akurasi yang baik untuk memeriksa ukuran hasil pemindaian, digunakan software 3D modeling dan pengolah data *point cloud*.

Tabel 2. Hasil Pemindaian Berdasarkan Metode

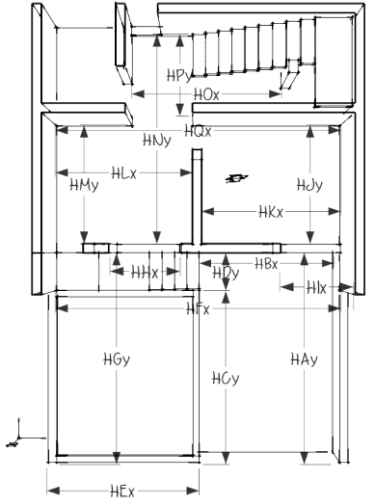
Pemindaian Statis Method	Pemindaian Dinamic Method
 <p data-bbox="453 1917 651 1939">Titik A; Titik B; Titik C</p>	 <p data-bbox="1050 1928 1155 1951">Ruang Luar</p>



Sumber : Peneliti, 2022

Point cloud yang dihasilkan dari pengolahan data tangkapan gambar, dapat digunakan untuk pengukuran secara tiga dimensi dari setiap elemen sistem objek yang ditangkap [13]. 3D scanner app, memungkinkan hasil pindaian objek maupun ruang kedalam format point cloud yang padat. Hasil kepadatan point cloud yang tinggi dari alat pemindai 3D dapat digunakan untuk mengukur objek yang kompleks dan lebih detail dengan akurasi tinggi. Selanjutnya kerapatan *point cloud* ditentukan oleh jumlah titik yang dipancarkan dan nilai pengukuran yang diperoleh, sehingga kerapatan titik yang tinggi memberikan hasil pengukuran yang lebih baik pada area pemindaian yang sama [7].

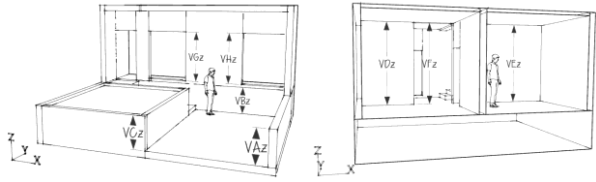
Tabel 3. Perbandingan Hasil Pengukuran *Point Cloud* Berdasarkan Sumbu X dan Y

Legenda	Kode	metode pemindaian statis	Pemindaian <i>Dinamic Method</i>	Laser Distance
	HAy	4.986	5.006	5.057
	HBx	3.311	3.338	3.362
	HCy	4.010	4.052	4.146
	HDy	0.862	0.875	0.903
	HEx	3.561	3.384	3.527
	HFx	6.683	6.716	6.756
	HGy	4.922	4.917	5.049
	HHy	1.333	1.331	1.356
	HIx	1.597	1.607	1.605
	HJy	2.800	3.082	2.819
	HKx	3.288	3.299	3.311
	HLx	3.255	3.305	3.319
	HMy	2.706	2.945	2.819
	HNy	4.727	4.907	4.872
	HOx	3.514	3.464	3.547
HPy	1.816	1.853	1.942	
HQx	6.677	6.773	6.770	

Sumber : Peneliti, 2022

Tabel 3. Perbandingan Hasil Pengukuran *Point Cloud* Berdasarkan Sumbu Z

Legenda	Kode	metode pemindaian statis	Pemindaian <i>Dinamic Method</i>	Laser Distance
	VAz	1.117	1.137	1.109
	VBz	1.015	1.023	1.022
	VCz	1.236	1.230	1.297
	VDz	3.014	3.005	3.048
	VEz	2.973	3.004	3.048



VFz	3.011	3.008	3.047
VGz	2.363	2.362	2.418
VHz	2.405	2.426	2.418

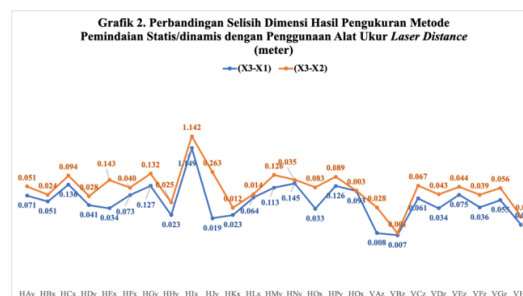
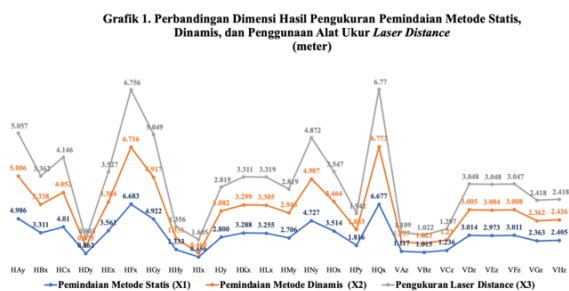
Sumber : Peneliti, 2022

Berdasarkan data tersebut, dilakukan penggabungan data Dimensi Hasil pengukuran yang dikelompokkan ke dalam data Dimensi Hasil metode pemindaian statis (X1), Dimensi Hasil metode pemindaian dinamis (X2), Dimensi Hasil Pengukuran *Laser Distance* (X3). Selanjutnya dilakukan pengujian homogenitas. Seluruh perhitungan diperoleh bahwa F hitung < F tabel, oleh karena itu, tidak ada beda nyata, yang berarti sebaran data yang diperoleh homogen dilanjutkan dengan pengujian uji statistik uji beda *Independent Sample T-Test* untuk melihat perbedaan hasil pemindaian dari beberapa variabel yang diujikan, diperoleh hasil sebagai berikut:

Pengujian terhadap Perbedaan Dimensi Hasil metode pemindaian statis (X1) terhadap Dimensi hasil pengukuran <i>Laser Distance</i> (X3)			Dimensi Hasil metode pemindaian dinamis (X2) terhadap Dimensi Hasil Pengukuran <i>Laser Distance</i> (X3)			Selisih Dimensi antara Dimensi Hasil Pengukuran <i>Laser Distance</i> terhadap Dimensi Hasil metode pemindaian statis (X3-X1) dan <i>Dynamic Method</i> (X3-X2)		
t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances			t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances			t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances		
	(X1)	(X3)		(X2)	(X3)		(X3-X1)	(X3-X2)
Mean	2.961	3.063	Mean	2.996	3.063	Mean	0.104	0.104
Variance	2.708	2.585	Variance	2.758	2.585	Variance	0.049	0.050
Observations	24.000	24.000	Observations	24.000	24.000	Observations	25.000	25.000
Pooled Variance	2.646		Pooled Variance	2.671		Pooled Variance	0.050	
Hypothesized Mean Difference	0.000		Hypothesized Mean Difference	0.000		Hypothesized Mean Difference	0.000	
df	46.000		df	46.000		df	48.000	
t Stat	-0.218		t Stat	-0.142		t Stat	0.013	
P(T<=t) one-tail	0.414		P(T<=t) one-tail	0.444		P(T<=t) one-tail	0.495	
t Critical one-tail	1.679		t Critical one-tail	1.679		t Critical one-tail	1.677	
P(T<=t) two-tail	0.829		P(T<=t) two-tail	0.888		P(T<=t) two-tail	0.990	
t Critical two-tail	2.013		t Critical two-tail	2.013		t Critical two-tail	2.011	
T- hitung	-0.21		T- hitung	-0.140		T- hitung	0.012	
T- tabel	2.064		T- tabel	2.064		T- tabel	2.064	
thitung< t tabel	tidak terdapat beda nyata		thitung< t tabel	tidak terdapat beda nyata		thitung< t tabel	tidak terdapat beda nyata	

Pengujian Independent T-Test yang dilakukan untuk mengetahui perbedaan dari 3 (tiga) variabel Dimensi Hasil pengukuran/pemindaian yang diperoleh berdasarkan metode yang diterapkan, yaitu (1) Perbedaan antara Dimensi Hasil metode pemindaian statis (X1) terhadap Dimensi hasil pengukuran *Laser Distance* (X3); (2) Perbedaan Dimensi Hasil metode pemindaian dinamis (X2) terhadap Dimensi Hasil Pengukuran *Laser Distance* (X3); serta (3) Perbedaan Selisih Dimensi antara Dimensi Hasil Pengukuran *Laser Distance* terhadap Dimensi Hasil metode pemindaian statis (X3-X1) dan *Dynamic Method* (X3-X2). Dari pengujian statistik diperoleh bahwa hasil uji statistik terhadap data (1) X1-X3 memperoleh T-hitung sebesar -0.21 (dengan T-tabel 2.064) menunjukkan bahwa nilai T-hitung < T-tabel, maka tidak terdapat beda nyata dengan alpha 5%; (2) X2-X3 memperoleh T-hitung sebesar -0.140 (dengan T-tabel 2.064) menunjukkan bahwa nilai T-hitung < T-tabel, maka tidak terdapat beda nyata dengan alpha 5%; (3) perhitungan terhadap (X3-X1) dan (X3-X2) memperoleh nilai T-hitung sebesar 0.012 (dengan T-tabel 2.064) menunjukkan bahwa nilai T-hitung < T-tabel, maka tidak terdapat beda nyata dengan alpha 5%. Berdasarkan data analisis, dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan Dimensi yang diperoleh baik dari Hasil metode pemindaian statis (X1), Hasil metode pemindaian dinamis (X2), dan Dimensi Hasil Pengukuran *Laser Distance* (X3). Dengan demikian hasil dimensi

yang diperoleh melalui pengukuran *Laser Distance meter*, dan pemindaian baik statis maupun dinamis, hasil ketiganya menunjukkan dimensi hasil pengukuran dan pemindaian tidak memiliki perbedaan. sehingga hasil pengukuran yang diperoleh ketiganya dapat dikatakan sama. Berdasarkan data pada area pemindaian dan pengukuran, diperoleh grafik sebagai berikut yang menunjukkan gambaran secara visual data hasil pengukuran metode pemindaian statis, dinamis dan penggunaan alat ukur *laser distance*. Grafik 1. menunjukkan gambaran data komparasi hasil pengukuran metode pemindaian statis (X1), dinamis (X2) dan penggunaan alat ukur *laser distance* (X3), perolehan data dalam satuan meter. Ketiga garis yang dihasilkan pada grafik merupakan perolehan data, menunjukkan pola sama. Grafik memperlihatkan pola visual komparasi ketiga data yang diperoleh dan memperkuat data hasil analisis statistik bahwa tidak ada perbedaan ketiga data hasil pengukuran, baik menggunakan metode pemindaian statis, dinamis, maupun penggunaan alat ukur *laser distance*.



Grafik 2. menunjukkan komparasi selisih hasil pengukuran metode pemindaian statis /dinamis dengan penggunaan alat ukur *Laser Distance* (dalam satuan meter). Dua garis yang dihasilkan menunjukkan gambaran yang serupa, meskipun di beberapa dimensi pada data area tertentu menghasilkan pola dengan selisih data yang lebih besar dibandingkan dengan data yang lainnya, contohnya hasil pengukuran pada HEx, HJy, HOx, dan VAz. Akan tetapi, data tersebut tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Untuk memperkuat hasil pengujian perbedaan antara ketiga variabel dimensi, maka dilakukan pengujian Anova terhadap hasil pengukuran dengan metode pemindaian statis (X1), hasil pengukuran dengan metode pemindaian dinamis (X2) dan hasil pengukuran dengan penggunaan alat ukur laser distance (X3), diperoleh hasil pengujian sebagai berikut:

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
Dimensi Hasil metode pemindaian statis (X1)	25	76.041	3.042	2.759
Dimensi Hasil metode pemindaian dinamis (X2)	25	76.905	3.076	2.805
Dimensi Hasil Pengukuran Laser Distance (X3)	25	78.567	3.143	2.636

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	0.132	2.000	0.066	0.024	0.976	3.124
Within Groups	196.794	72.000	2.733			
Total	196.926	74.000				

Berdasarkan analisis pengujian One Way Anova, Nilai P Value yang dihasilkan adalah 0.976, di mana nilai P-value <0,05 yang berarti tidak terdapat perbedaan antara Dimensi hasil pemindaian metode statis (X1), Dimensi hasil pemindaian metode dinamis (X2) dan Dimensi hasil pengukuran penggunaan alat ukur *laser distance* (X3), yang berarti ketiga dimensi menunjukkan ukuran yang sama.

4. SIMPULAN

Pemanfaatan sensor LiDAR yang terdapat pada iPhone memungkinkan pengguna memanfaatkannya pada kegiatan survei pengambilan data eksisting ruang luar maupun ruang dalam. Penerapan pemindaian dengan metode statis perlu dipertimbangkan dengan baik, mengingat keterbatasan jarak pindai dan pergerakan alat putar *360 tracking* iPhone. Disarankan jika akan menggunakan pemindaian metode

statis hendaknya tidak hanya satu atau dua titik pada setiap ruang yang akan dipindai, serta dilakukan beberapa kali pemindaian. Berdasarkan Analisis statistik menggunakan one-way Anova, menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan dimensi hasil pengukuran dengan metode pemindaian statis, hasil pengukuran dengan metode pemindaian dinamis dan hasil pengukuran dengan penggunaan alat ukur *laser distance*. Ketiga Dimensi yang diperoleh menggunakan metode yang berbeda, memiliki hasil pengukuran yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Murtiyoso, P. Grussenmeyer, D. Suwardhi, (2019), “*Technical Considerations In Low-Cost Heritage Documentation*” *The International Archives of the Photogrammetry*, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W17, 2019 6th International Workshop LowCost 3D – Sensors, Algorithms, Applications, 2–3 December 2019, Strasbourg, France.
- [2] Jason Laan, (2022), “*Real Estate and 3D Scanning: How Mobile 3D LiDAR is changing how the industry works*”, LAANLABS, New York, <https://labs.laan.com/blogs/real-estate-lidar/>
- [3] Tavani. S., Billi. A., Corradetti. A., Mercuri. M., Bosman. A., Cuffaro. M., Seers. T., Carminati. E., (2022). “*Smartphone Assisted Fieldwork: Towards The Digital Transition Of Geoscience Fieldwork Using Lidar-Equipped iPhones*”, *Earth-Science Reviews* 227, 103969, <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2022.103969>
- [4] D. Costantino, G. Vozza, M. Pepe, V. S. Alfio, (2022), “*Smartphone LiDAR Technologies for Surveying and Reality Modelling in Urban Scenarios: Evaluation Methods, Performance and Challenges*”, *MDPI-Applied System Innovation*, Vol 5, Issue 4. <https://doi.org/10.3390/asi5040063>
- [5] Luetzenburg, G.; Kroon, A.; Bjørk, A.A. (2021) “*Evaluation of the Apple iPhone 12 Pro LiDAR for an Application in Geosciences*”. *Sci. Rep.* 2021, 11, 22221. <https://www.nature.com/articles/s41598-021-01763-9>
- [6] Spreafico, A.; Chiabrando, F.; Losè, L.T.; Tonolo, F.G. (2021), “*The Ipad Pro Built-In LIDAR Sensor: 3d Rapid Mapping Tests and Quality Assessment*”. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.* 2021, 43, 63–69. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B1-2021-63-2021>
- [7] Vogt. Maximilian, Rips. Adrian, Emmelmann. Claus, (2021), “*Comparison of iPad Pro®’s LiDAR and TrueDepth Capabilities with an Industrial 3D Scanning Solution*”, *MDPI-Technologies*, Volume 9, Issue 2 (June 2021, <https://doi.org/10.3390/technologies9020025>
- [8] Armansyah, A., Hidayatulloh, S., dan Herliana, A. (2018). “*Perancangan dan Pembuatan Alat Scanner 3D Menggunakan Sensor Kinect Xbox 360*”. *Jurnal Informatika*. 5(1): 128-136. <https://doi.org/10.31294/ji.v5i1.2443>
- [9] A. Murtiyoso, P. Grussenmeyer, T. Landes, H. Macher, (2021), “*First Assessments Into The Use Of Commercial-Grade Solid State Lidar For Low Cost Heritage Documentation*”, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLIII-B2-2021 XXIV ISPRS Congress (2021 edition)
- [10] Wang. Ruisheng, (2013), “*3D building modeling using images and LiDAR: a review*”, *International Journal of Image and Data Fusion*, 4:4, 273-292, DOI: 10.1080/19479832.2013.811124
- [11] _____, (2022) “*3D Scanner App, How to take scans, Steps on best practices for scanning rooms, areas & objects*”, Laan Labs. <https://docs.3dscannerapp.com/howtos/how-to-scan>
- [12] _____, (2020), “*New iOS Lidar 3D Scanning App from Laan Labs, Create 3D models on a mobile iOS Device with LIDAR sensor*”, NEW YORK, NY, October 7, 2020
- [13] Dewi. N.I.K, (2020), “*Photogrammetry dalam Perancangan: Pemetaan dan Pemodelan Kawasan Desa Wisata*”, *Jurnal Arsitektur TERRACOTTA*, Vol.2, No.01. DOI: <https://doi.org/10.26760/terracotta.v2i1.4292>