

# Optimasi Pengukuran Dinamis dari Visualisasi Model Ruang 3D Menggunakan Sensor LiDAR dan *Framework RoomPlan*

Dadang Iskandar Mulyana<sup>1</sup>, Tiyas Aria Pratiwi<sup>2\*</sup>

<sup>1,2\*</sup> Program Studi Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Ilmu Komputer Cipta Karya Informatika, Kota Jakarta Timur, Daerah Khusus Ibukota Jakarta, Indonesia.

*Corresponding Email:* tiyasia123@gmail.com<sup>2\*</sup>

## Histori Artikel:

*Dikirim* 27 Mei 2024; *Diterima dalam bentuk revisi* 27 Juni 2024; *Diterima* 15 Juli 2024; *Diterbitkan* 20 September 2024. Semua hak dilindungi oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) STMIK Indonesia Banda Aceh.

## Abstrak

Pemanfaatan ruangan yang terbatas menjadi lebih fungsional dan estetis, seperti penambahan furnitur atau pemanfaatan sebagai lahan berkebun, dapat dicapai melalui pemetaan ruangan yang efektif. Namun, metode pemetaan manual memiliki keterbatasan seperti ketidakakuratan pengukuran, keefisiensi waktu, dan juga kurangnya visualisasi ruangan. Di era modern ini, teknologi robotika telah banyak diterapkan dalam kehidupan sehari-hari, salah satunya adalah penggunaan sensor LiDAR untuk pemetaan ruangan. Makalah ini membahas sistem pemetaan ruangan menggunakan aplikasi mobile yang memanfaatkan sensor LiDAR. Proses pemetaan dilakukan dengan melakukan pemindaian (scanning) pada area yang akan dipetakan, dan memutar area tersebut secara 360 derajat. Hasil dari pemetaan ini adalah model 3D dari ruangan yang telah dipindai, yang memungkinkan pengukuran dari setiap sisi ruangan. Penelitian menunjukkan bahwa hasil pemetaan dari perangkat lunak yang dibuat memiliki kesamaan bentuk dengan kondisi lapangan sebenarnya. Selain itu, keakuratan pengukurannya hanya memiliki selisih kecil sebesar 0,2%. Diharapkan penelitian ini dapat memudahkan manusia dalam memetakan ruangan dan memanfaatkan ruang terbatas dengan lebih baik.

**Kata Kunci:** LiDAR; Pemetaan Ruang; 3D.

## Abstract

Utilizing limited space to be more functional and aesthetic, such as adding furniture or using it as gardening space, can be achieved through effective room mapping. However, manual mapping methods have limitations such as inaccurate measurements, time efficiency, and also lack of room visualization. In this modern era, robotics technology has been widely applied in everyday life, one of which is the use of LiDAR sensors for room mapping. This paper discusses a room mapping system using a mobile application that utilizes LiDAR sensors. The mapping process is carried out by scanning the area to be mapped and rotating the area 360 degrees. The result of this mapping is a scanned 3D model of the room, which allows measurements from every side of the room. Research shows that the mapping results from the software created are similar in shape to actual field conditions. In addition, the measurement accuracy only has a small difference of 0.2%. It is hoped that this research can make it easier for humans to map rooms and make better use of limited space.

**Keyword:** LiDAR; Room Mapping; 3D.

## 1. Pendahuluan

Dunia tengah dihadapkan pada gelombang urbanisasi terbesar dalam sejarah, dengan lebih dari separuh populasi dunia kini tinggal di kota-kota besar dan kecil. Jumlah ini diprediksi akan terus meningkat hingga mencapai 5 miliar jiwa pada tahun 2030. Pertumbuhan urbanisasi yang pesat ini, diiringi dengan keterbatasan lahan di perkotaan, mendorong masyarakat untuk memanfaatkan ruang secara optimal. Kebutuhan akan pemanfaatan ruang yang optimal ini kian mendesak, baik untuk mendekor ulang dan menata ulang furnitur, maupun untuk menciptakan ruang berkebudayaan di tengah keterbatasan lahan (Parent *et al.*, 2021). Di sinilah peran penting pemetaan ruangan sebagai solusi cerdas untuk mengoptimalkan lahan di era urbanisasi.

Pemetaan ruangan adalah proses pembuatan representasi grafis dua dimensi atau tiga dimensi dari suatu ruangan, yang memberikan informasi detail mengenai ukuran, bentuk, dan elemen-elemen di dalamnya (Chan *et al.*, 2021). Dalam pemetaan ruangan ini, pengukuran secara manual masih sering dilakukan. Namun, terdapat sejumlah keterbatasan ketika kita melakukan pengukuran manual, seperti:

- 1) Ketidakakuratan: Pengukuran manual rentan terhadap kesalahan manusia, terutama pada ruangan dengan bentuk yang kompleks (He *et al.*, 2019).
- 2) Ketidakefisienan: Proses ini memakan waktu dan tenaga yang cukup besar, terutama untuk ruangan yang luas (Bybee & Budge, 2019).
- 3) Keterbatasan visualisasi: Pengukuran manual hanya memberikan data dimensi tanpa representasi visual yang memadai (Cui *et al.*, 2019).

Oleh karena itu, pemetaan ruangan menggunakan teknologi digital seperti LiDAR (Light Detection and Ranging) dan fotogrametri menjadi solusi yang lebih unggul. Beberapa penelitian sebelumnya juga telah membahas mengenai pengukuran dan pemetaan ruangan menggunakan LiDAR. Sebagai contoh, jurnal berjudul "*Automatic Mapping of a Room Using LIDAR-based Measuring Sensor*" yang ditulis oleh Ungureanu *et al.* (2019), membahas mengenai pemetaan ruangan tertutup dengan sensor pengukuran jarak Scansweep. Sensor ini menggunakan teknik LiDAR untuk mengumpulkan data yang kemudian dianalisis oleh aplikasi perangkat lunak yang berjalan di PC. Selain itu, jurnal "*Fast, Automated, Scalable Generation of Textured 3D Models of Indoor Environments*" yang ditulis oleh Turner *et al.* (2015) juga membahas pemodelan 3D ruangan yang memudahkan proses pemetaan menjadi lebih cepat. Dalam jurnal tersebut, terdapat data yang menunjukkan penggunaan sensor LiDAR dalam pembentukan model 3D. Berdasarkan dua penelitian di atas, penulis bertujuan untuk mengoptimalkan proses pemetaan ruangan dengan memanfaatkan pengukuran dari model 3D ruangan yang dihasilkan oleh sensor LiDAR. Selain LiDAR, penulis juga menerapkan framework RoomPlan yang dikembangkan oleh Apple untuk menghasilkan model 3D ruangan secara real-time ketika pengguna menggunakan aplikasi ini. Diharapkan penerapan LiDAR serta framework RoomPlan ini dapat mempermudah aktivitas manusia, khususnya dalam hal pemetaan ruangan di area yang terbatas.

## 2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini mencakup beberapa tahap, yang masing-masing dirancang untuk mengoptimalkan pemetaan ruangan dengan menggunakan teknologi *Light Detection and Ranging* (LiDAR) yang terintegrasi dengan *RoomPlan Framework*. Proses pengumpulan data dimulai dengan memanfaatkan sensor LiDAR yang dipasang pada perangkat mobile yang kompatibel dengan *RoomPlan Framework*. Sensor LiDAR bekerja dengan memancarkan pulsa laser dan mengukur waktu yang diperlukan untuk pulsa tersebut kembali setelah memantul dari objek di lingkungan sekitarnya. Proses ini menghasilkan *point cloud*, yaitu kumpulan titik-titik di ruang tiga dimensi yang merepresentasikan permukaan objek yang dipindai. Data *point cloud* ini kemudian digunakan sebagai dasar untuk pemetaan ruangan secara lebih akurat dan efisien.

Selanjutnya, untuk membangun peta lingkungan secara simultan sambil melacak posisi sensor, digunakan algoritma *Simultaneous Localization and Mapping* (SLAM). Algoritma SLAM yang dipilih dalam penelitian ini adalah Hector SLAM, yang terkenal karena kemampuannya menghasilkan peta dengan resolusi tinggi berdasarkan data dari LiDAR. Hector SLAM memanfaatkan data *point cloud* yang diperoleh untuk secara terus-menerus memperbarui posisi sensor dan lingkungan sekitarnya dalam peta yang sedang dibangun. Proses ini memastikan bahwa peta yang dihasilkan akurat dan sesuai dengan kondisi nyata, bahkan dalam situasi di mana sensor mengalami pergerakan dinamis. Setelah data *point cloud* diperoleh dan diproses oleh algoritma SLAM, langkah selanjutnya adalah perhitungan ukuran ruangan. Ukuran ruangan dihitung dengan menggunakan data *point cloud* yang telah diolah. Setiap titik dalam *point cloud* memiliki koordinat (xi, yi, zi), dan koordinat ini kemudian ditransformasikan untuk menyesuaikan posisi dan orientasi sensor LiDAR dalam ruang tiga dimensi.

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} + T$$

Transformasi ini dilakukan dengan menggunakan rumus transformasi koordinat, di mana R adalah matriks rotasi dan T adalah vektor translasi.

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$$

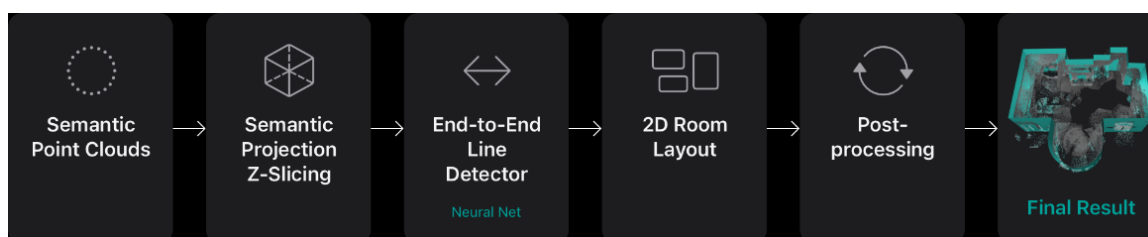
Setelah transformasi koordinat dilakukan, jarak antara dua titik dalam *point cloud* dihitung menggunakan rumus Euclidean, yang memberikan jarak langsung antara dua titik dalam ruang tiga dimensi. Estimasi volume ruangan juga dilakukan berdasarkan data *point cloud*. Volume ruangan dihitung dengan mengukur dimensi ruangan, yaitu panjang, lebar, dan tinggi, yang diidentifikasi berdasarkan batas-batas dari *point cloud*. Panjang, lebar, dan tinggi ini diestimasi dengan mencari titik minimum dan maksimum dalam *point cloud*, dan kemudian volume dihitung dengan mengalikan ketiga dimensi tersebut.

$$\text{Panjang} = \max(x_i) - \min(x_i)$$

$$\text{Lebar} = \max(y_i) - \min(y_i)$$

$$\text{Tinggi} = \max(z_i) - \min(z_i)$$

Integrasi *RoomPlan Framework* dengan data yang diperoleh dari LiDAR merupakan langkah penting berikutnya dalam penelitian ini. *RoomPlan Framework* digunakan untuk mengelola sesi ARKit, yang mengumpulkan data dari sensor LiDAR dan memvisualisasikan peta ruangan secara *real-time*. *RoomPlan* adalah sebuah *Application Programming Interface* (API) yang dikembangkan oleh Apple dan didesain untuk bekerja dengan perangkat iPhone dan iPad yang dilengkapi dengan pemindai LiDAR. API ini memungkinkan pembuatan denah lantai tiga dimensi dari sebuah ruangan, termasuk identifikasi karakteristik utama seperti dimensi dan jenis furnitur yang ada.



Gambar 1. Alogaritma RoomPlan

Algoritma yang digunakan oleh *RoomPlan* dalam mendeteksi tembok dan *opening* dimulai dengan pembuatan *semantic point clouds*. *Point cloud* yang dihasilkan dari pemindaian dilabeli dengan informasi semantik, seperti jenis objek yang diidentifikasi (misalnya, dinding, pintu, jendela). Proses berikutnya adalah *semantic projection z-slicing*, di mana *point cloud* dipotong dalam irisan horizontal sepanjang sumbu Z untuk menghasilkan proyeksi dua dimensi dari data tiga dimensi.

$$P(x,y) = \sum_z v(x,y,z)$$

Di mana  $P(x,y)$  adalah proyeksi 2D dari point cloud, dan  $V(x,y,z)$  adalah nilai voxel pada koordinat  $(x, y, z)$  dalam point cloud.

Proyeksi ini memudahkan analisis data untuk langkah-langkah selanjutnya, termasuk penggunaan jaringan saraf tiruan (*neural network*) untuk mendeteksi garis-garis penting dalam proyeksi dua dimensi. Garis-garis ini merepresentasikan dinding, batas ruangan, dan elemen struktural lainnya. Neural network yang digunakan dilatih dengan *dataset* relevan dan menggunakan fungsi *loss* seperti *Mean Squared Error* (MSE) atau *Cross-Entropy Loss* untuk segmentasi dan deteksi. Setelah deteksi garis dilakukan, hasilnya digunakan untuk membentuk tata letak dua dimensi ruangan, yang mencakup penentuan posisi dinding, pintu, jendela, dan elemen struktural lainnya.

$$L = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2$$

Di mana  $L$  adalah fungsi loss,  $y_i$  adalah nilai sebenarnya, dan  $\hat{y}_i$  adalah prediksi dari neural network.

Langkah terakhir adalah *post-processing*, yang melibatkan pemrosesan lebih lanjut untuk memperbaiki hasil tata letak dua dimensi, seperti *smoothing*, penghilangan *noise*, dan penggabungan bagian-bagian yang terpisah.

$$G(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

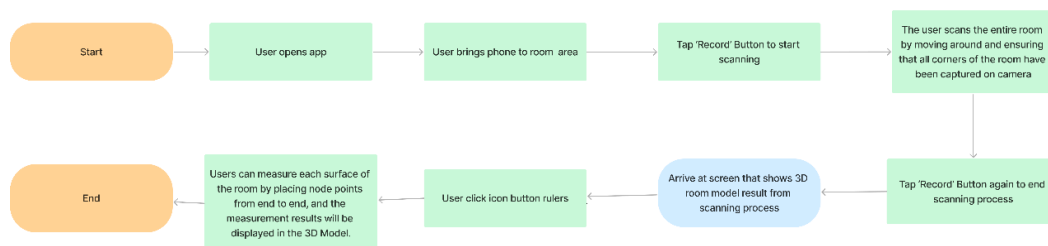
Di mana  $G(x,y)$  adalah fungsi Gaussian dan  $\sigma$  adalah deviasi standar

Teknik yang digunakan dalam proses ini termasuk *Gaussian filter* untuk *smoothing*, yang membantu dalam menghasilkan hasil akhir yang lebih halus dan lebih representatif dari kondisi nyata. Hasil akhir dari seluruh proses ini adalah representasi tiga dimensi yang telah diproses dari *point cloud* awal, yang mencakup informasi semantik lengkap dari lingkungan atau ruangan yang dipetakan. Hasil ini memberikan representasi visual yang sangat berguna untuk berbagai aplikasi, termasuk desain interior, pemetaan arsitektural, dan manajemen ruang. Dengan metode yang komprehensif ini, penelitian ini berhasil mengintegrasikan teknologi LiDAR dan *RoomPlan Framework* untuk menghasilkan model tiga dimensi yang akurat dan efisien dari ruangan, yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan praktis dan akademis.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Hasil

Hasil dari penelitian ini adalah berupa aplikasi yang bisa di jalankan oleh perangkat yang didukung oleh sensor LiDAR. Berikut adalah alur mengenai penggunaan aplikasi pemetaan ruangan otomatis berbasis LiDAR:



Gambar 2. Alur Penggunaan Aplikasi

Berdasarkan alur aplikasi diatas, berikut ini adalah perbandingan serta pembahasan secara detail mengenai aspek pengukuran, visualisasi serta hasil dari usability testing user.

1) Pengukuran dengan menggunakan LiDAR

Data yang kami gunakan untuk melakukan pemetaan serta pengukuran ruangan menggunakan LiDAR ini terdapat 10 ruangan seperti table dibawah ini:

Tabel 1. Pengukuran dengan menggunakan LiDAR

No	Nama Ruangan
1	Balkon belakang Rusunawa BPJS Kabil
2	Balkon depan Rusunawa BPJS Kabil
3	Ruang Tidur Rusunawa BPJS Kabil
4	Ruang Belakang rumah ibu Zinia
5	Ruang Meeting 1 Apple Academy
6	Ruang Meeting 2 Apple Academy
7	Ruang Meeting 3 Apple Academy
8	Ruang Belajar 2 Apple Academy
9	Balkon depan Appartement Nagoya
10	Ruang Tidur Appartement Nagoya

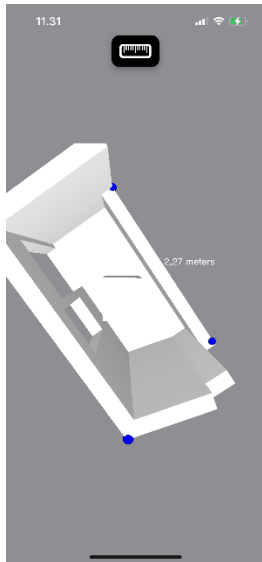
Dari 10 ruangan tersebut, berikut ini adalah hasil perbandingan pemetaan serta pengukuran ruangan yang dilakukan di balkon belakang rusunawa BPJS Kabil dengan ukuran 2.1 m x 1.3 m x 2.7 m, menghasilkan data berikut:

Tabel 2. Hasil Perbandingan Pemetaan

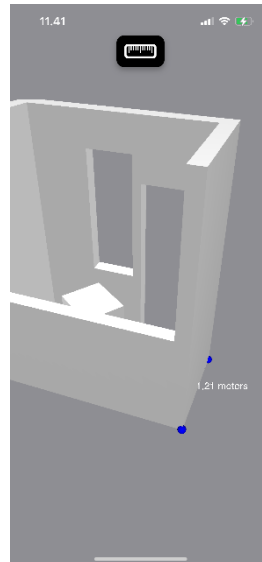
Aspek	Pengukuran Manual	Pengukuran LiDAR
Ukuran Panjang Ruangan	2.1 meter	2.2 Meter
Ukuran Lebar Ruangan	1.3 Meter	1.2 Meter
Ukuran Tinggi Ruangan	2.7 meter	2.8 Meter
Estimasi waktu pengukuran	5 – 10 Menit	1 – 2 Menit
Jumlah orang yang mengukur	1-2 Orang	1 Orang

Perbandingan antara pengukuran manual dan pengukuran menggunakan sistem berbasis LiDAR menunjukkan selisih rata-rata sebesar 0,2%. Selain itu, berdasarkan tabel di atas, pengukuran secara otomatis dapat menghemat waktu dan mengurangi jumlah sumber daya manusia yang diperlukan untuk melakukan pengukuran. Tingkat akurasi sebesar 0,2% menunjukkan bahwa sistem ini sangat dapat diandalkan untuk pemetaan ruangan. Faktor-faktor yang mempengaruhi akurasi termasuk kondisi pencahayaan yang konsisten dan permukaan ruangan yang tidak reflektif. Penggunaan sensor

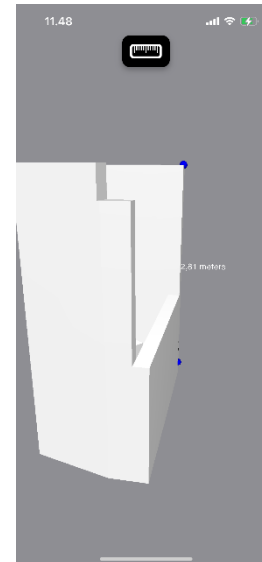
LiDAR dan framework RoomPlan secara signifikan mengurangi waktu yang diperlukan untuk pemetaan. Dalam skenario di mana waktu adalah faktor kritis, seperti dalam penataan ulang furnitur di ruang pameran, metode ini memberikan keuntungan besar. Berikut adalah dokumentasi pengukuran dengan menggunakan LiDAR, yang mana pengukuran dilakukan setelah pengguna aplikasi melakukan scanning ruangan serta mendapatkan 3D model ruangan tersebut.



Gambar 3. Pengukuran Panjang



Gambar 4. Pengukuran lebar



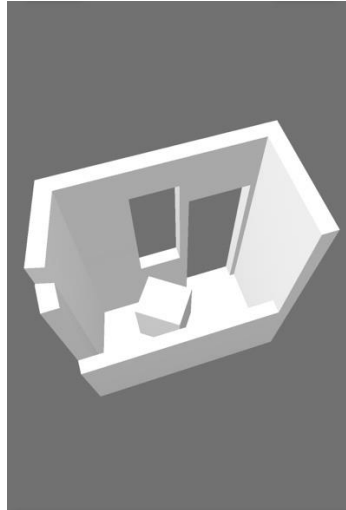
Gambar 5. Pengukuran Tinggi

- 2) Visualiasi hasil pemetaan ruangan dengan menggunakan Roomplan. Setelah melakukan perbandingan terhadap hasil pengukuran ruangan dengan menggunakan LiDAR, masalah yang sering dialami oleh masyarakat ketika melakukan pemetaan ruangan adalah kurangnya visualisasi dari bentuk ruangan tersebut, sehingga menyebabkan kurangnya kefahaman mengenai bentuk dan posisi ruangan tersebut. Oleh karena itu solusi ini hadir dengan menggunakan framework Roomplan yang dikembangkan oleh Apple. Berikut ini adalah bentuk balkon yang dilakukan pemetaan ruangan:



Gambar 6. Tampilan Balkon Depan

Berdasarkan dari gambar diatas, maka setelah dilakukan scanning menghasilkan 3D model sebagai berikut:



Gambar 7. Hasil 3D model balkon

Hasil pemindaian menunjukkan model 3D ruangan yang sangat detail, termasuk dimensi, bentuk, ukuran dan elemen-elemen seperti pintu dan jendela. Model ini memberikan representasi visual yang akurat dari ruangan yang dipindai. Selain dari balkon rusunawa BPJS tersebut, terdapat beberapa dokumentasi terkait penggunaan aplikasi ini dalam melakukan pemetaan ruangan sebagai berikut:

- a) Gambar menunjukkan proses pemindaian dalam kamar Rusunawa BPJS Kabil. Saat pemindaian ruangan, pengguna akan mengelilingi ruangan tersebut untuk mendapatkan dimensi panjang, lebar, dan tinggi. Selain itu, garis-garis putih yang muncul pada gambar di bawah ini akan memudahkan pengguna untuk mengetahui bagian mana saja yang sudah terdeteksi serta mendeteksi jenis objek di sekitarnya, seperti lemari, kursi, dan lain-lain.



Gambar 8. Pemindaian Ruang Kamar Rusunawa BPJS

- b) Gambar berikut adalah hasil pemindaian ruangan Apple Academy berupa model 3D yang lengkap dengan dimensi ruangan serta objek di dalamnya.



Gambar 9. Hasil 3D model ruangan Apple Academy

### 3) Pengujian / *Usability testing* aplikasi

Dalam pengembangan aplikasi ini, pengujian dilakukan untuk memastikan fungsionalitasnya serta membandingkan hasil pengukuran dari ruangan yang telah di-scan. Dari hasil wawancara dan pengujian kegunaan (*usability testing*), 90% partisipan menyatakan bahwa aplikasi ini mudah digunakan dan antarmuka penggunaannya intuitif. Partisipan juga mengapresiasi kecepatan pemindaian dan akurasi model 3D yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi yang dikembangkan tidak hanya efektif dari segi teknis, tetapi juga diterima dengan baik oleh pengguna.

Gambar 9. Dokumentasi *Usability Testing User*

## 3.2 Pembahasan

Penelitian ini berfokus pada penggunaan teknologi *Light Detection and Ranging* (LiDAR) yang diintegrasikan dengan *RoomPlan Framework* untuk menghasilkan model tiga dimensi ruangan yang akurat dan efisien. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi ini mampu memberikan solusi yang lebih unggul dibandingkan dengan metode pemetaan tradisional, baik dari segi akurasi maupun efisiensi waktu. Keunggulan teknologi LiDAR dalam menghasilkan data pengukuran yang akurat telah didokumentasikan secara luas dalam berbagai penelitian sebelumnya (Boniardi *et al.*, 2017; Bybee & Budge, 2019; Chan *et al.*, 2021). Penggunaan sensor LiDAR dalam penelitian ini terbukti menghasilkan data yang sangat akurat, dengan selisih pengukuran hanya sekitar 0,2% dibandingkan dengan ukuran nyata. Ini menunjukkan bahwa LiDAR merupakan alat yang andal untuk pemetaan ruangan, terutama dalam lingkungan yang membutuhkan presisi tinggi. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Boniardi *et al.* (2017), di mana LiDAR digunakan untuk *localization* yang robust pada denah lantai arsitektural, menunjukkan akurasi tinggi dalam berbagai kondisi lingkungan. Selain akurasi, efisiensi waktu juga menjadi salah satu keunggulan utama dari teknologi ini. Dalam

penelitian ini, proses pemetaan ruangan menggunakan LiDAR hanya memerlukan waktu 1-2 menit, jauh lebih cepat dibandingkan dengan metode manual yang dapat memakan waktu hingga 10 menit atau lebih. Efisiensi waktu ini bukan hanya meningkatkan produktivitas tetapi juga mengurangi kebutuhan sumber daya manusia. Sebagaimana dicatat oleh Bybee dan Budge (2019), integrasi LiDAR dengan teknologi kamera dan perangkat lunak memungkinkan rekonstruksi adegan 3D yang cepat dan efisien, mendukung temuan penelitian ini.

Visualisasi model tiga dimensi yang dihasilkan juga memberikan manfaat signifikan dalam berbagai aplikasi, mulai dari desain interior hingga manajemen ruang. Model yang dihasilkan mampu menampilkan detail dimensi, tata letak, dan elemen struktural seperti dinding, pintu, dan jendela dengan akurat. Teknologi ini juga memungkinkan deteksi otomatis elemen-elemen dalam ruangan, yang sangat membantu dalam perencanaan dan pengoptimalan penggunaan ruang. Temuan ini diperkuat oleh penelitian Cui *et al.* (2019), yang menunjukkan bahwa rekonstruksi 3D menggunakan LiDAR dan pemindaian laser seluler dapat menghasilkan model yang sangat detail dan akurat, bahkan dalam lingkungan dalam ruangan yang kompleks. Namun, meskipun hasil penelitian ini menunjukkan keberhasilan dalam menggunakan LiDAR dan *RoomPlan Framework*, terdapat beberapa tantangan yang perlu diatasi untuk pengembangan lebih lanjut. Salah satu tantangan utama adalah ketergantungan pada kondisi lingkungan, seperti pencahayaan dan sifat reflektif dari permukaan yang dipindai. Dalam penelitian ini, kondisi pencahayaan yang tidak konsisten atau permukaan yang sangat reflektif dapat mempengaruhi kualitas data yang dihasilkan. Dong dan Chen (2017) menekankan pentingnya mempertimbangkan faktor-faktor lingkungan dalam aplikasi LiDAR untuk memastikan hasil yang optimal.

Selain itu, pengembangan lebih lanjut dalam algoritma pemrosesan data juga diperlukan untuk meningkatkan kecepatan dan akurasi pemetaan. Penerapan kecerdasan buatan, seperti *neural network*, dalam mendeteksi elemen struktural, menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan kinerja sistem pemetaan ini. Penelitian oleh He *et al.* (2019) menyoroti bahwa penggunaan *neural network* dalam pemetaan menggunakan LiDAR dapat mengurangi kesalahan deteksi dan meningkatkan kecepatan pemrosesan data. Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pemahaman dan pengembangan teknologi pemetaan ruangan menggunakan LiDAR. Temuan-temuan ini tidak hanya menegaskan keunggulan LiDAR dalam hal akurasi dan efisiensi tetapi juga membuka jalan untuk inovasi lebih lanjut dalam integrasi teknologi LiDAR dengan sistem cerdas lainnya. Dengan terus berkembangnya teknologi ini, diharapkan akan ada peningkatan lebih lanjut dalam kemampuan pemetaan dan manajemen ruang, baik dalam konteks penelitian akademis maupun aplikasi industri. Seperti yang dicatat oleh Fang *et al.* (2021) dalam penelitian mereka tentang generasi denah dari *point clouds*, integrasi teknologi ini memiliki potensi besar untuk merevolusi cara kita memetakan dan mengelola ruang dalam berbagai konteks.

## 4. Kesimpulan

Penelitian ini membahas penerapan teknologi *Light Detection and Ranging* (LiDAR) dan *RoomPlan Framework* untuk pemetaan dan pengukuran ruangan secara otomatis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem berbasis LiDAR mampu menghasilkan model tiga dimensi (3D) ruangan dengan tingkat akurasi yang sangat tinggi, dengan selisih rata-rata hanya sebesar 0,2% dibandingkan dengan pengukuran manual. Selain itu, penggunaan teknologi ini terbukti lebih efisien dalam hal waktu dan sumber daya manusia, di mana waktu yang diperlukan untuk melakukan pengukuran berkurang dari 5-10 menit menjadi hanya 1-2 menit, serta membutuhkan lebih sedikit tenaga kerja. Implementasi LiDAR dan *RoomPlan Framework* dalam aplikasi mobile juga mempermudah proses pemetaan ruangan, memungkinkan pengguna untuk memanfaatkan ruang secara optimal dan efisien. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada pengembangan teknologi pemetaan ruangan yang lebih canggih dan praktis di masa mendatang.

## 5. Daftar Pustaka

- Aziz, F. N., & Zakariyah, M. (2022). Analisis Kinerja Sensor TF-Mini LiDAR untuk Pengukuran Jarak. *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, 11(3), 192-198. DOI: <https://doi.org/10.22146/jnteti.v11i3.3814>.
- Boniardi, F., Caselitz, T., Kümmerle, R., & Burgard, W. (2017, September). Robust LiDAR-based localization in architectural floor plans. In *2017 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)* (pp. 3318-3324). IEEE. DOI: 10.1109/IROS.2017.8206168.
- Bybee, T. C., & Budge, S. E. (2019). Method for 3-D scene reconstruction using fused LiDAR and imagery from a texel camera. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 57(11), 8879-8889. DOI: 10.1109/TGRS.2019.2923551.
- Chan, T. H., Hesse, H., & Ho, S. G. (2021, April). Lidar-based 3d slam for indoor mapping. In *2021 7th international conference on control, automation and robotics (ICCAR)* (pp. 285-289). IEEE. DOI: 10.1109/ICCAR52225.2021.9463503.
- Cui, Y., Li, Q., Yang, B., Xiao, W., Chen, C., & Dong, Z. (2019). Automatic 3-D reconstruction of indoor environment with mobile laser scanning point clouds. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 12(8), 3117-3130. DOI: 10.1109/JSTARS.2019.2918937.
- Dong, P., & Chen, Q. (2017). *LiDAR remote sensing and applications*. CRC Press.
- Erturan, A. M., Durdu, A., & Erturan, E. M. (2019). The Use of LIDAR Technology in Architectural Offices. *European Journal of Engineering Science and Technology*, 2(2), 40-48.
- Fang, H., Lafarge, F., Pan, C., & Huang, H. (2021). Floorplan generation from 3D point clouds: A space partitioning approach. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 175, 44-55. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2021.02.012>.
- He, Z., Hou, J., & Schwertfeger, S. (2019, December). Furniture free mapping using 3d lidars. In *2019 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO)* (pp. 583-589). IEEE.
- Li, Z., Chen, J., & Baltasvias, E. (Eds.). (2008). *Advances in photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences: 2008 ISPRS congress book* (Vol. 7). CRC Press.
- Mana, S. M., Gabra, K. G., Kouhini, S. M., Hinrichs, M., Schulz, D., Hellwig, P., ... & Jungnickel, V. (2022). LiDAR-assisted channel modelling for LiFi in realistic indoor scenarios. *IEEE Access*, 10, 59383-59399. DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3176353.
- Maulana, I., Rusdinar, A., & Priramadhi, R. A. (2018). Lidar application for mapping and robot navigation on closed environment. *JMECS (Journal of Measurements, Electronics, Communications, and Systems)*, 4(1), 20-26. DOI: <https://doi.org/10.25124/jmeecs.v4i1.1696>.
- Parent, J. R., Witharana, C., & Bradley, M. (2021). Mapping building interiors with LiDAR: Classifying the point cloud with ArcGIS. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 44, 133-137.

- Poux, F., & Billen, R. (2019). A smart point cloud infrastructure for intelligent environments. In *Laser Scanning* (pp. 127-149). CRC Press.
- Prayoga, S., Budiarto, A., & Atmaja, A. B. K. (2017). Sistem Pemetaan Ruang 2D Menggunakan Lidar. *Jurnal Integrasi*, 9(1), 73-79. DOI: <https://doi.org/10.30871/ji.v9i1.273>.
- Song, S., & Myung, H. (2021, July). Floorplan-based localization and map update using lidar sensor. In *2021 18th International Conference on Ubiquitous Robots (UR)* (pp. 30-34). IEEE. DOI: 10.1109/UR52253.2021.9494685.
- Teo, T. A., & Yang, C. C. (2023). Evaluating the accuracy and quality of an iPad Pro's built-in lidar for 3D indoor mapping. *Developments in the Built Environment*, 14, 100169.
- Turner, E., Cheng, P., & Zakhor, A. (2014). Fast, automated, scalable generation of textured 3D models of indoor environments. *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, 9(3), 409-421. DOI: 10.1109/JSTSP.2014.2381153.
- Ungureanu, V. I., Trutiu, B. A., Silea, I., Negîrla, P., Zimbru, C., & Miclea, R. C. (2019, May). Automatic Mapping of a Room Using LIDAR-Based Measuring Sensor. In *2019 22nd International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS)* (pp. 689-695). IEEE. DOI: 10.1109/CSCS.2019.00123.
- Wang, C., Yang, X., Xi, X., Nie, S., & Dong, P. (2024). *Introduction to LiDAR remote sensing*. CRC Press.
- Wang, Q., Tan, Y., & Mei, Z. (2020). Computational methods of acquisition and processing of 3D point cloud data for construction applications. *Archives of computational methods in engineering*, 27(2), 479-499.
- Wen, C., Tan, J., Li, F., Wu, C., Lin, Y., Wang, Z., & Wang, C. (2021). Cooperative indoor 3D mapping and modeling using LiDAR data. *Information Sciences*, 574, 192-209. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ins.2021.06.006>.
- Yan, J., Zhang, K., Zhang, C., Chen, S. C., & Narasimhan, G. (2014). Automatic construction of 3-D building model from airborne LiDAR data through 2-D snake algorithm. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 53(1), 3-14. DOI: 10.1109/TGRS.2014.2312393.
- Yao, W., & Wei, Y. (2013). Detection of 3-D individual trees in urban areas by combining airborne LiDAR data and imagery. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 10(6), 1355-1359. DOI: 10.1109/LGRS.2013.2241390.
- Zimmerman, N., Guadagnino, T., Chen, X., Behley, J., & Stachniss, C. (2022). Long-term localization using semantic cues in floor plan maps. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 8(1), 176-183. DOI: 10.1109/LRA.2022.3223556.