

Menggabungkan Teknik Pemrosesan Gambar dengan Data dari Sensor Seluler untuk Membuat Rekonstruksi Produk Tanpa Penanda Menggunakan Augmented Reality

Juni Kusuma Hadi
R&D

PT. Indonesia Power UJP Jabar 2
Pelabuhan Ratu
Sukabumi, Indonesia
junikh19@gmail.com

Abstrak—Rekonstruksi tanpa penanda yang memanfaatkan Augmented Reality (AR) dan perangkat seluler adalah pekerjaan yang hampir mustahil. Ini karena kurangnya kapasitas pemrosesan di perangkat seluler ketika mempertimbangkan pendekatan pelacakan berbasis penglihatan, dan karena kurangnya akurasi dalam Sistem Pemosisian Global portabel ketika mempertimbangkan pendekatan pelacakan berbasis sensor seluler (GPS). Studi ini mengusulkan metode unik yang menggabungkan teknik pemrosesan gambar dengan data sensor seluler untuk mencapai lokalisasi posisi yang tepat dan rekonstruksi berbasis augmented reality menggunakan perangkat seluler untuk menyelesaikan masalah ini. Teknik pemrosesan gambar yang digunakan untuk menentukan skala objek dalam gambar tertentu yang diambil dari perangkat seluler pengguna adalah inti dari metodologi yang diusulkan ini. Tempat paling optimal untuk lokasi pengguna tertentu diklasifikasikan menggunakan informasi sensor seluler. Temuan yang diperoleh dengan menggunakan perangkat Real-Time Kinematic (RTK) akurat 10 cm dan hasil yang diperoleh hanya dengan menggunakan chip Assisted Global Positioning System (A-GPS) di perangkat seluler dibandingkan dengan yang diperoleh dengan menggunakan metodologi yang diusulkan. Meskipun metodologi yang diusulkan ini membutuhkan lebih banyak waktu pemrosesan daripada chip A-GPS, tingkat akurasi mengungguli chip A-GPS. Hasil eksperimen yang dilakukan semakin meyakinkan kami bahwa metodologi yang diusulkan ini memfasilitasi peningkatan akurasi lokalisasi posisi untuk rekonstruksi berbasis augmented reality menggunakan perangkat seluler di bawah batasan tertentu.

Kata Kunci—rekonstruksi berbasis augmented reality, lokalisasi posisi, pemrosesan gambar, informasi sensor seluler

I. PENGANTAR

Secara real-time, augmented reality memadukan informasi digital dengan lingkungan pengguna [1]. Tidak seperti realitas virtual, yang menghasilkan lingkungan virtual, augmented reality menggunakan dunia alami dan menambahkan informasi digital baru. Mayoritas data ini berupa animasi atau informasi kontekstual digital [1]. Melalui beberapa gadget (kacamata, ponsel, Head Mounted Displays), informasi digital ditambahkan ke lingkungan

alam dalam augmented reality, dan informasi yang diberikan seringkali memerlukan lokasi spesifik pengguna. Sebagai contoh, ketika mengunjungi beberapa reruntuhan, seseorang dapat melihat gambaran dari tempat yang dulu terlihat seperti ditumpangkan di atas reruntuhan. Ini penting untuk representasi dan pengajaran sejarah (arsitek, insinyur) [2]. Selama dekade terakhir, popularitas augmented reality telah meroket. Salah satu penemuan paling inovatif, menurut beberapa orang, adalah augmented reality [3]. Kapasitas uniknya untuk menyampaikan persepsi yang dimediasi dari lingkungan alam dengan menggabungkannya dengan konten yang dihasilkan komputer adalah salah satu faktor daya tarik yang berkembang [4]. Penelitian ini menggunakan augmented reality untuk merestorasi artefak yang relatif masif, seperti reruntuhan bersejarah sebagian yang hancur. Berkat pendekatan yang diusulkan ini, pengguna akan dapat melihat batu nisan tengara secara keseluruhan di situs aslinya. Hasilnya, pengguna akan dapat menghidupkan kembali kemegahan dan kemegahan landmark kuno ini. Ketepatan posisi, stabilitas, dan dukungan perangkat keras merupakan faktor penting ketika merenungkan rekonstruksi berbasis augmented reality untuk objek sebesar itu [5].

Meskipun banyak bentuk penelitian dan studi augmented reality sedang dilakukan, augmentasi yang akurat dengan perangkat seluler menggunakan pendekatan tanpa penanda tetap menjadi kesulitan yang berkelanjutan [1]. Kamera dan sensor lainnya biasanya digunakan dalam augmented reality untuk mendeteksi lokasi absolut pengguna sehingga objek tetap berada di tempat yang diprogram saat pengguna bergerak [6]. Namun, karena perangkat seluler memiliki daya pemrosesan yang terbatas dan dilengkapi dengan chip GPS berbiaya rendah [7], lokalisasi GPS memerlukan garis pandang ke empat atau lebih satelit, sehingga semakin sulit untuk melakukan lokalisasi posisi yang akurat di beberapa lingkungan perkotaan [8]. Akibatnya, augmentasi yang tepat menggunakan pendekatan tanpa penanda untuk perangkat seluler telah menjadi masalah yang lebih besar dalam beberapa tahun terakhir. Meskipun aplikasi augmented reality seluler di masa depan akan membutuhkan latensi sangat rendah dan kecepatan data aktual, teknologi koneksi 5G yang akan datang akan menjadi pendukung penting. Pada saat yang sama, Multi-access Edge

Computing (MEC) melengkapi augmented mobile reality dengan membawa peningkatan kapasitas komputasi lebih dekat ke konsumen [9]. Teknologi konektivitas 5G tidak kompatibel dengan semua perangkat seluler. Perangkat seluler apa pun dengan kamera dan chip GPS adalah tempat kami memfokuskan upaya kami. Untuk mengatasi kelemahan menggunakan satu proses, penelitian ini akan mengintegrasikan dua pendekatan augmented reality berbasis informasi sensor seluler dan pelacakan berbasis visi untuk augmented reality luar ruangan. Lebih lanjut, pendekatan konvensional untuk pelokalan posisi menggunakan perangkat seluler, yang menggunakan teknik pemrosesan gambar dan informasi sensor seluler, telah meningkatkan efisiensi dan akurasi konstruksi ulang berbasis augmented reality.

II. PEKERJAAN YANG BERHUBUNGAN

A. Data sensor digunakan untuk membuat augmented reality

Augmented reality luar ruangan sering memerlukan pelacakan di lingkungan yang tidak siap, menurut studi tentang estimasi posisi global menggunakan fusi multi-sensor [10]. Teknologi penginderaan terbesar untuk pendaftaran internasional adalah GPS, tetapi presisi dan kecepatan pembaruan tidak cukup untuk pelacakan berkualitas tinggi. Untuk meningkatkan osilasi transien, para peneliti memperkenalkan metode penyaringan Kalman untuk menggabungkan Sistem Pemosisian Global Diferensial (DGPS) atau GPS berbasis RTK dengan ketinggian barometrik dan unit pengukuran inersia termasuk giroskop, magnetometer, dan akselerometer. Mereka menciptakan modul pelacakan perangkat keras yang menggunakan GPS diferensial atau GPS kinematik waktu nyata. Karena ukurannya yang ringan dan kecil, modul pelacak perangkat keras ini sangat ideal untuk perangkat augmented reality genggam [10]. Keakuratan penerima DGPS tipikal kurang dari satu meter [11]. Hasilnya, para peneliti ini mencapai tingkat akurasi yang lebih baik untuk pelokalan posisi menggunakan modul perangkat keras. Ada sistem hybrid yang menggabungkan kompas, akselerometer, dan data GPS untuk menghitung di mana objek harus ditambah di bidang penglihatan tanpa pemrosesan gambar yang sebenarnya [10]. Kompas dapat digunakan untuk menentukan ke arah mana perangkat menunjuk, dan akselerometer dapat digunakan untuk menghitung orientasi perangkat dengan memanfaatkan gravitasi [12]. Di sisi lain, sensor inersia cenderung melayang, dan medan elektromagnetik di lingkungan menghasilkan magnetometer miring.

B. Pelacakan berbasis visi untuk augmented reality berbasis penanda

Penanda fidusia dapat ditambahkan dan di lokalisasi di lingkungan, memungkinkan pelokalan online hanya dengan mendeteksinya dengan bantuan pipa penginderaan yang sesuai [1]. LED berwarna kecil (Light Emitting Diode) atau potongan kertas biasanya digunakan sebagai penanda fiducial. Jenis pelacakan ini dapat menghasilkan temuan lokalisasi yang lebih tepat daripada pendekatan pembuat yang lebih sedikit [1]. Namun, itu memerlukan penempatan penanda yang mengganggu dan akurat di dalam lingkungan, dan fitur dapat menyumbat lingkungan fisik [1]. Selanjutnya, pengaruh lingkungan dapat menyebabkan pengidentifikasi ini seluruhnya atau sebagian dihilangkan dari waktu ke waktu.

C. Pelacakan berbasis visi memungkinkan augmented reality tanpa penanda

Sebagai kekuatan komputasi perangkat yang digunakan untuk aplikasi augmented reality meningkat, menjadi mungkin untuk mendaftarkan pose kamera dalam fitur operasi real-time yang sudah ada di lingkungan alam [1]. Algoritma pemrosesan gambar yang rumit digunakan untuk mendeteksi fitur dalam gambar yang diambil yang unik di sekitarnya, seperti titik, sudut, dan perpotongan garis. Dalam penelitian yang dilakukan pada tahun 2014, "deskriptor" khusus dihitung untuk masing-masing fitur ini, yang memungkinkan identifikasi dan diferensiasi setiap komponen [1]. Dengan mencocokkan fitur yang terdeteksi dalam adegan dengan yang terlihat pada objek yang akan dilacak, pose dapat dihitung menggunakan algoritma yang sama seperti yang digunakan dalam teknik penanda Fidusia [1]. Beberapa algoritma deteksi dan deskripsi fitur alami yang lebih umum termasuk Scale Invariant Feature Transform (SIFT), Speeded Up Robust Features (SURF), Binary Robust Independent Elementary Feature (BRIEF), Oriented FAST and Rotated BRIRF (ORB), Binary Robust Invariant Scalable Titik Kunci (BRISK) dan Titik Kunci Retina Cepat (FREAK) [13]. Performa adalah masalah kritis saat mempertimbangkan pelacakan berbasis visi untuk augmented reality luar ruangan. Jumlah gambar referensi harus ditingkatkan untuk meningkatkan tingkat akurasi sistem pelacakan berbasis visi. Ketika jumlah gambar referensi meningkat, jumlah perbandingan juga akan meningkat [5]. Oleh karena itu, waktu pelacakan akan meningkat dengan cepat. Karena ponsel tidak dilengkapi dengan daya komputasi yang tinggi (tentang laptop dan perangkat lain yang digunakan untuk augmented reality), ini adalah masalah besar yang perlu dipecahkan. Juga, mempertimbangkan lingkungan luar, kondisi pencahayaan menjadi perhatian [5].

D. Untuk lingkungan interior, penentuan posisi lokasi

Dalam penelitian yang dilakukan pada tahun 2010 oleh Gerhard Reitmayr et al., para peneliti telah mempresentasikan sistem penentuan posisi lokasi berbasis visi menggunakan teknik augmented reality untuk navigasi dalam ruangan [14]. Metode yang diusulkan dalam makalah ini secara otomatis mengenali lokasi menggunakan urutan gambar dari lingkungan dalam ruangan itu, dan mewujudkan augmented reality dengan melapisi tampilan pengguna dengan informasi lokasi secara mulus. Untuk mendapatkan posisi lokasi tersebut dalam penelitian ini, peneliti telah menggunakan database citra yang telah dibangun sebelumnya dan model lokasi yang terdiri dari lokasi dan jalur antar tempat dalam lingkungan indoor. Lokasi dikenali dengan menggunakan pengetahuan sebelumnya tentang tata letak lingkungan dalam ruangan. Untuk melakukan eksperimen penelitian ini, para peneliti telah menggunakan peralatan yang sangat canggih seperti kamera nirkabel, dan komputer pribadi bergerak telah digunakan bersama dengan Head-Mounted Display. Dalam penelitian ini, peneliti belum banyak menggunakan sistem penentuan posisi lokasi berbasis GPS karena sinyal radio GPS sulit menembus dinding bangunan. Karena pendekatan yang diusulkan ini adalah untuk penggunaan dalam ruangan dan lingkungan dalam ruangan biasanya terdiri dari sejumlah besar divisi, tingkat akurasi yang diberikan oleh sistem penentuan posisi lokasi berbasis GPS akan relatif rendah. Eksperimen yang dilakukan dalam penelitian ini

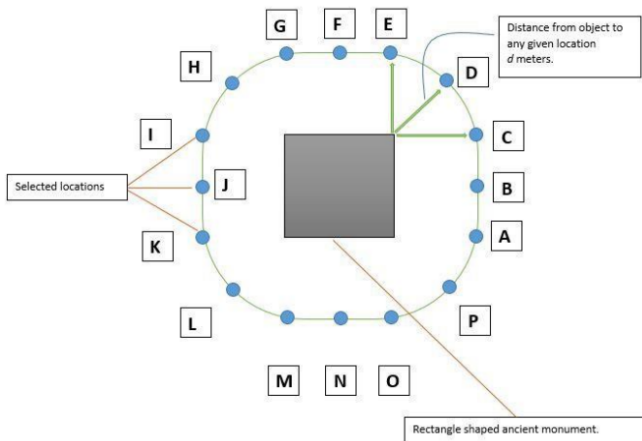
telah menunjukkan bahwa sistem yang diusulkan ini menghasilkan tingkat keberhasilan pengenalan lokasi rata-rata sebesar 89% di lingkungan dalam ruangan.

III. DESAIN DAN IMPLEMENTASI PENELITIAN

Metodologi yang diusulkan dalam makalah ini terdiri dari beberapa fase, yang akan dijelaskan dalam beberapa bagian berikutnya. Beberapa fase tersebut merupakan proses satu kali untuk situs tertentu (khususnya dua fase pertama), dan beberapa tahapan perlu dilakukan berulang kali untuk setiap pengguna yang mengunjungi situs tersebut.

A. Mendapatkan gambar referensi

Awalnya, satu set lokasi dipilih dari situs yang akan direkonstruksi. Beri nama lokasi tersebut sebagai lokasi referensi (untuk tujuan penjelasan) dan hitung koordinat GPS akuratnya menggunakan perangkat RTK 10cm yang tepat. Masing-masing lokasi yang dipilih ini adalah jarak yang telah ditentukan sebelumnya dari objek. Selain itu, masing-masing lokasi referensi ini dikaitkan dengan nilai bantalan, yaitu sudut di mana seseorang akan melihat sesuatu dari lokasi tertentu. Dari masing-masing lokasi yang dipilih ini, sebuah gambar diambil. Gambar ini diperbesar ke dalam objek sehingga lebih dari 90% gambar adalah objek itu sendiri. Saat melakukan pencocokan template, gambar ini diberi nama sebagai gambar referensi dan digunakan sebagai gambar template. Gambar 1 lebih lanjut menggambarkan bagaimana set lokasi tersebut dipilih. Saat menerapkan fase desain penelitian ini, kumpulan 32 lokasi ditetapkan, dan masing-masing lokasi berjarak 5m dari objek. Jumlah lokasi referensi dan jarak ke entitas dari setiap lokasi referensi sangat bergantung pada skala benda (objek 6 kaki x 6 kaki x 6 kaki digunakan selama eksperimen).



Gambar 1. Mendapatkan lokasi referensi.

B. Untuk setiap titik referensi, buat fungsi

Setelah gambar referensi diperoleh, fase selanjutnya dari desain penelitian adalah menurunkan fungsi untuk setiap lokasi referensi yang dipilih. Fungsi-fungsi ini mewakili deviasi skala objek dalam gambar terhadap jarak ke objek dari tempat pengguna mengambil gambar itu. Fungsi-fungsi ini akan berguna ketika menentukan jarak dari lokasi pengguna ke objek ketika skala objek dalam gambar pengguna diketahui. Fungsi turunan ini akan memiliki ruang untuk benda dari area tertentu sebagai domain dan peringkat objek dalam gambar sebagai co-domain. Saat menurunkan fungsi ini, tiga bidikan diambil masing-masing pada jarak

5m, 6m, dan 7m dari objek, untuk masing-masing lokasi referensi yang dipilih. Meningkatkan jumlah tiga ini (gambar per lokasi referensi) akan meningkatkan akurasi fungsi turunan. Setelah kumpulan tiga bidikan ditangkap, algoritma yang baru diterapkan digunakan untuk mengidentifikasi skala objek di setiap gambar yang diambil. Data ini kemudian digabungkan dengan regresi linier dengan teknik estimasi kuadrat terkecil [15] untuk mendapatkan fungsi untuk setiap lokasi referensi.

C. Memilih titik referensi terbaik.

Setelah pengguna tiba di situs dengan ponsel mereka, diasumsikan bahwa pengguna mengambil gambar situs yang diberi tag geo tanpa memperbesar atau memperkecil. Dipercaya juga bahwa gambar ini memiliki seluruh bagian objek. Oleh karena itu, membandingkan gambar pengguna dengan semua gambar referensi yang diambil bukanlah metode yang paling optimal karena efisiensi adalah salah satu faktor yang harus dipertimbangkan dalam jenis rekonstruksi berbasis augmented reality ini. Oleh karena itu, delapan lokasi referensi terdekat dipilih berdasarkan perkiraan lokasi pengguna, yang dihasilkan oleh geotag dari gambar pengguna yang diambil. Saat menghitung delapan lokasi terdekat, metode pencarian jarak lingkaran yang sangat baik dengan persamaan Vincenty [16] digunakan.

D. Untuk mengidentifikasi posisi referensi yang sesuai, Anda dapat menggunakan pencocokan template

Mengurangi delapan gambar referensi optimal yang dipilih menjadi satu gambar referensi tertentu yang paling cocok dengan lokasi pengguna dilakukan melalui algoritma yang diterapkan. Algoritma baru yang diimplementasikan ini telah melihat penggunaan algoritma pencocokan templat tipikal yang sudah ada sebelumnya. Perubahan drastis dalam kondisi pencahayaan siang hari akan merusak algoritma pencocokan template yang diterapkan ini. Sebelum mendekati algoritma yang diimplementasikan ini, skala gambar yang diambil oleh pengguna dikurangi menjadi 20% dari skala aslinya untuk meningkatkan kinerja algoritma yang diimplementasikan. Nilai skala ini sangat bergantung pada skala objek yang digunakan untuk evaluasi, dan dapat menjadi nilai yang berbeda untuk objek dengan skala yang berbeda. Meskipun algoritma yang diimplementasikan ini telah memberikan hasil yang sangat akurat selama proses evaluasi dan telah dioptimalkan dengan cara tertentu, pendekatan ini mirip dengan mekanisme brute force yang khas. Oleh karena itu, ada peningkatan di masa depan untuk mengoptimalkan algoritma ini untuk meningkatkan efisiensi.

Langkah-langkah berikut adalah pendekatan yang diterapkan untuk mengurangi himpunan delapan lokasi referensi optimal untuk menemukan lokasi referensi yang paling cocok berdasarkan perkiraan lokasi pengguna. Pertama,

- Dapatkan gambar pengguna dan atur sebagai gambar sumber.
- Kecilkan gambar sumber ke nilai yang telah ditentukan sebelumnya untuk mengurangi jumlah piksel pada gambar pengguna dan meningkatkan kinerja algoritme ini.
- Dapatkan kumpulan gambar referensi paling optimal berdasarkan geolokasi pengguna saat ini.

- Turunkan semua gambar referensi optimal ke nilai tertentu (nilai ini tergantung pada skala objek) dan atur sebagai gambar template untuk iterasi awal.
- Lakukan algoritma pencocokan template biasa menggunakan gambar pengguna dan masing-masing gambar template yang diperkecil dan hitung skor korelasinya.
- Tingkatkan skala gambar template secara minimal dan gunakan sebagai gambar template untuk iterasi berikutnya dan lakukan pencocokan template.
- Sampai skala gambar template mencapai nilai yang telah ditentukan (nilai ini tergantung pada skala objek), ulangi dua langkah sebelumnya.
- Dapatkan sepuluh skor korelasi tertinggi dari setiap template dan pilih template dengan jumlah paling signifikan dari sepuluh skor korelasi tertingginya dan atur sebagai template yang paling cocok. Algoritma 1 adalah pseudocode dari algoritma yang diimplementasikan. Ini juga digunakan untuk mengidentifikasi skala objek dalam gambar pengguna yang diambil oleh pengguna.

E. Mencari tahu seberapa besar objek dalam gambar pengguna

Hasil dari fase sebelumnya memberi kita gambar template yang paling cocok dan lokasi referensi tempat gambar template itu diambil. Lebih dari 90% dari semua gambar template (Gambar referensi) diisi dengan objek. Oleh karena itu, skala gambar template ketika paling cocok dengan gambar sumber dapat diasumsikan sebagai skala benda di gambar pengguna. Sepuluh nilai korelasi teratas dari template pencocokan terbaik diperoleh saat menerapkan fase ini. Nilai skala rata-rata dari template yang paling cocok, yang memiliki sepuluh skor korelasi tertinggi, diambil dan diasumsikan sebagai skala objek pada citra pengguna.

F. Menunjukkan lokasi pengguna secara akurat

Karena nilai skala citra pengguna telah diidentifikasi dan lokasi pencocokan terbaik berdasarkan lokasi pengguna diketahui, dapatkan fungsi pada lokasi pencocokan terbaik dan selesaikan fungsi tersebut menggunakan skala objek pada citra pengguna untuk mendapatkan jarak dari lokasi pengguna ke benda tersebut. Lokasi referensi dipilih sehingga setiap area memiliki jarak yang telah ditentukan sebelumnya dari item. Lokasi yang paling cocok juga merupakan salah satu lokasi referensi tersebut. Oleh karena itu jarak dari item ke lokasi yang paling cocok diketahui. Karena jarak dari pengguna ke benda itu diketahui dan jarak dari lokasi yang paling cocok ke benda itu juga diketahui, untuk mendapatkan jarak dari pengguna ke lokasi yang paling cocok, kurangi panjang dari lokasi yang paling cocok dengan benda itu. dari area ke objek dari pengguna. Karena koordinat GPS akurat (tepat 10cm) dari lokasi pencocokan terbaik diketahui bersama dengan nilai bantalan yang terkait dengan lokasi pencocokan terbaik, gunakan metode pencarian jarak lingkaran yang sangat baik dengan persamaan Vincenty [16] bersama dengan jarak dari pengguna ke lokasi pencocokan terbaik untuk mendapatkan koordinat GPS akurat pengguna.

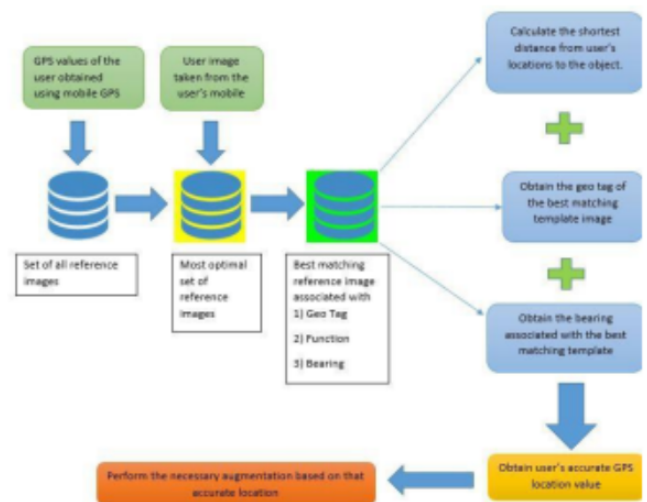
G. Augmentasi

- Koordinat GPS akurat pengguna sekarang diperoleh karena fase sebelumnya.

- Geolokasi dari objek yang hancur sebagian dikenal sebagai pra-pengetahuan.
- Oleh karena itu, lokasi akurat pengguna relatif terhadap objek dapat dihitung.
- Dengan menggunakan posisi relatif ini, augmentasi awal dapat dibutuhkan.
- Untuk melacak objek tiga dimensi yang diperbesar, gunakan mekanisme pelacakan yang diperluas.

H. Tampilan metodologi yang disarankan pada tingkat tinggi

Gambar 2 menggambarkan pandangan tingkat tinggi dari proses yang dilakukan dalam metodologi yang diusulkan untuk melakukan rekonstruksi berbasis augmented reality yang diperlukan menggunakan perangkat seluler.



Gambar 2. Gambaran desain penelitian.

IV. Hasil dan Evaluasi

Masalah utama ketika mempertimbangkan rekonstruksi berbasis augmented reality menggunakan perangkat seluler adalah rendahnya akurasi lokalisasi posisi yang dicapai dengan menggunakan chip A-GPS di perangkat seluler. Makalah penelitian ini bertujuan untuk menjembatani kesenjangan itu dan memberikan metode pelokalan posisi yang akurat dan efisien yang dapat digunakan dengan perangkat seluler untuk rekonstruksi berbasis augmented reality. Kumpulan data yang sama digunakan untuk melakukan tiga eksperimen berbeda untuk mengevaluasi metodologi yang diusulkan. Berikut adalah penjelasan singkat dari ketiga eksperimen tersebut.

- 1) Eksperimen 1 - Pencocokan template menggunakan gambar asli dengan peningkatan ukuran gambar sebesar 0,01% di setiap iterasi (ukuran langkah 0,01%).
- 2) Eksperimen 2 - Pencocokan template menggunakan gambar asli dengan ukuran gambar meningkat sebesar 0,1% di setiap iterasi (ukuran langkah 0,1%).
- 3) Eksperimen 3 - Pencocokan template menggunakan gambar skala abu-abu dengan peningkatan ukuran gambar sebesar 0,01% di setiap iterasi (ukuran langkah 0,01%).

V. KESIMPULAN

Meskipun metode yang digunakan dalam Eksperimen 1 dan Eksperimen 3 tidak memberikan umpan balik yang

tepat waktu, metode yang digunakan dalam Eksperimen 2 memberikan umpan balik yang memakan waktu minimal dibandingkan dengan dua percobaan lainnya. Mempertimbangkan tingkat akurasi nilai pelokalan, metodologi yang diusulkan ini mendapatkan beberapa hasil yang menjanjikan yang secara substansial lebih baik daripada metodologi pelokalan posisi perangkat seluler yang ada. Dari 26 lokasi yang dievaluasi, nilai pelokalan posisi menggunakan perangkat seluler tidak memiliki tempat yang cocok dengan tingkat akurasi minimal 40cm. Sebaliknya, ketika menggunakan metodologi yang diusulkan, 70,51% dari lokasi yang dievaluasi dibandingkan dengan tingkat akurasi 40cm atau lebih baik. Dari 26 tempat yang dinilai, 92,31% tidak cocok dengan tingkat akurasi setidaknya 150cm saat menggunakan chip A-GPS di perangkat seluler untuk melakukan pelokalan posisi. Tetapi ketika mempertimbangkan metodologi yang diusulkan, hanya rata-rata 5,13% dari lokasi yang dievaluasi tidak cocok dengan akurasi setidaknya 150cm. Tujuan definitif dari proyek penelitian ini adalah untuk menggabungkan teknik pemrosesan gambar dan informasi sensor seluler untuk mencapai pelokalan posisi yang lebih sedikit memakan waktu dan akurat menggunakan perangkat seluler untuk rekonstruksi objek besar berbasis augmented reality. Dengan hasil Eksperimen 1, Eksperimen 2, dan Eksperimen 3 dapat dikatakan bahwa tujuan utama penelitian ini tercapai. Mempertimbangkan tujuan dan sasaran sekunder, algoritma yang diterapkan pada bagian III adalah algoritma yang digunakan untuk mengidentifikasi skala suatu objek dalam citra pengguna, dan dikembangkan lebih lanjut dan dilatih menggunakan regresi linier untuk secara akurat menghitung posisi pengguna dari posisi tertentu. citra pengguna baru dan metodologi yang diusulkan berhasil dievaluasi berdasarkan asumsi data kebenaran dasar yang diperoleh dengan menggunakan perangkat RTK. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa tujuan dan sasaran sekunder telah dicapai dalam kondisi tertentu. Oleh karena itu metodologi yang diusulkan akan sangat membantu untuk pelokalan posisi untuk rekonstruksi berbasis augmented reality menggunakan perangkat seluler.

REFERENSI

- [1] Mark Billinghurst, Adrian Clark, Gun Lee. (2014). A Survey of Augmented Reality (Vol. 8). Foundations and Trends in Human-Computer Interaction. doi:10.1561/11000000049
- [2] Slater Mel, Gonzalez-Liencres Cristina, Haggard Patrick, Vinkers Charlotte, Gregory-Clarke Rebecca, Jelley Steve, Watson Zillah, Breen Graham, Schwarz Raz, Steptoe William, Szostak Dalila, Halan Shiv-ashankar, Fox Deborah, Silver Jeremy. (2020). The Ethics of Realism in Virtual and Augmented Reality. *Frontiers in Virtual Reality*, vol. 1 (2020). <https://doi.org/10.3389/frvir.2020.00001>
- [3] He, Z., Wu, L., Li, X. (2018). When are meets tech: The role of augmented reality in enhancing museum experiences and purchase intentions. *Tourism MANAGEMENT*, 68, 127139.
- [4] Han, D. I. D., tom Dieck, M. C., Jung, T. (2019). Augmented Reality Smart Glasses (ARSG) visitor adoption in cultural tourism. *Leisure Studies*, 116.
- [5] Didier Stricker, Thomas Kettenbach. (2001). Real-time and Markerless VisionBased Tracking for Outdoor Augmented Reality Applications. *IEEE and ACM International Symposium on Augmented Reality (ISAR01)*
- [6] Miller MR, Jun H, Herrera F, Yu Villa J, Welch G, Bailenson JN (2019) Social interaction in augmented reality. *PLoS ONE* 14(5): e0216290. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216290>
- [7] Paul A. Zandbergen, Sean J. Barbeau. (2011, JULY). Positional Accuracy of Assisted GPS Data from High-Sensitivity GPS-enabled Mobile Phones. *THE JOURNAL OF NAVIGATION*, 64, 381399.
- [8] Du, H., Zhang, C., Ye, Q. et al. A hybrid outdoor localization scheme with high-position accuracy and low-power consumption. *J Wireless Com Network* 2018, 4 (2018). <https://doi.org/10.1186/s13638-017-1010-4>
- [9] Y. Siriwardhana, P. Porambage, M. Liyanage and M. Ylianttila, "A Survey on Mobile Augmented Reality With 5G Mobile Edge Computing: Architectures, Applications, and Technical Aspects," in *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, vol. 23, no. 2, pp. 1160-1192, Secondquarter 2021, doi: 10.1109/COMST.2021.3061981.
- [10] Gerhard Schall, Daniel Wagner, Gerhard Reitmayr, Elise Taichmann, Manfred Wieser, Dieter Schmalstieg, Bernhard Hofmann-Wellenhof. (2009). Global Pose Estimation using Multi-Sensor Fusion for Outdoor Augmented Reality. *IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality 2009*, (pp. 153- 162). Orlando, Florida, USA.
- [11] Vassilios Vlahakis, John Karigiannis, Manolis Tsotros, Michael Gounaris, Luis Almeida, Didier Stricker, . . . Nikos Ioannidis. (2001). ARCHEOGUIDE: First results of an Augmented Reality, Mobile Computing System in Cultural Heritage Sites. doi:10.1145/584993.585015
- [12] Qing Hong Gao, Tao Ruan Wan, Wen Tang, Long Chen. (2017). A Stable and Accurate Marker-less Augmented Reality Registration Method. *International Conference on Cyberworlds*, (pp. 41-47).
- [13] Ebrahim Karami, Siva Prasad, Mohamed Shehata. (2015). Image Matching Using SIFT, SURF, BRIEF and ORB: Performance Comparison for Distorted Images. *Newfoundland Electrical and Computer Engineering Conference*. St. Johns, Canada
- [14] Gerhard Reitmayr, Tobias Langlotz, Daniel Wagner, Alessandro Mulletti, Gerhard Schall, Dieter Schmalstieg, Qi Pan. (2010, July 7-10). Simultaneous Localization and Mapping for Augmented Reality. *International Symposium on Ubiquitous Virtual Reality*.
- [15] A. F. Seber, G., J. Lee, A. (2003). *Linear Regression Analysis*. Auckland, New Zealand: WILEY
- [16] Kifana, B. D., Abdurrohman, M. (2012, APRIL 04). Great Circle Distance Method for Improving Operational Control System Based on GPS Tracking System. *International Journal on Computer Science and Engineering (IJCSE)*, 04.