

GPS-BASED TRACKING IN ARMAPS: THE EFFECT OF DEGREE SLANT SMARTPHONE TO DISPLAY AUGMENTED REALITY OBJECTS

Anna Syahrani^{*1}, Dede Wira Trise Putra², Aulia Rahma³

^{1,2,3}Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Informatika, Institut Teknologi Padang, Padang, Indonesia
Email: ¹annasyahrani@itp.ac.id, ²dedewtp339@yahoo.com, ³aulyihaa@gmail.com

(Naskah masuk: 22 Desember 2020, diterima untuk diterbitkan: 09 Januari 2021)

Abstract

This paper discusses the functionality testing of the augmented reality (AR) application, namely ARmaps. ARmaps is an AR application for directions that uses GPS-based tracking technology (GPS-based tracking). GPS-based tracking is one of the basic techniques in AR, which does not require special media to scan visual objects (marker-less) GPS-based tracking is used to display data digitally. Digital data displayed in the form of user location and directions. Based on the test results, it was found that there was an effect of the degree slant smartphone on the delay time in displaying 3D AR graphic objects. The test is done statically by adjusting the degree slant, namely acute, right-angle, and obtuse. Each test was carried out 30 times. Smartphones that support ARmaps performance should have an accelerometer, proximity, gyroscope, compass, A-GPS with Glonass and BDS sensors, as well as a camera. Smartphones that are placed with a large degree slant of 90° (obtuse angle) have a faster delay time in displaying 3D AR graphic objects, which is 12.7 seconds. This research becomes the basis for developing ARmaps as a guiding application (visualization guiding).

Keywords: ARmaps, augmented reality, GPS-based tracking, mobile application, tracking techniques

GPS-BASED TRACKING PADA ARMAPS: PENGARUH DERAJAT KEMIRINGAN SMARTPHONE UNTUK MENAMPILKAN OBJEK AUGMENTED REALITY

Abstrak

Paper ini membahas tentang pengujian fungsionalitas aplikasi *augmented reality* (AR) ARmaps. ARmaps merupakan aplikasi AR penunjuk arah yang menggunakan teknologi *tracking* berbasis GPS (*GPS-based tracking*). *GPS-based tracking* merupakan salah satu teknik dasar dalam AR yang tidak memerlukan media khusus untuk memindai objek visual (*marker-less*). *GPS-based tracking* digunakan untuk menampilkan data secara digital. Data digital yang ditampilkan berupa lokasi pengguna dan penunjuk arah. Berdasarkan hasil pengujian, ditemukan adanya pengaruh derajat kemiringan *smartphone* terhadap waktu tunda (*delay*) dalam menampilkan objek grafis AR 3D. Pengujian dilakukan secara statis dengan mengatur derajat kemiringan dari *smartphone*, yakni lancip, siku-siku, dan tumpul. Setiap pengujian dilakukan sebanyak 30 kali. *Smartphone* yang mendukung kinerja ARmaps hendaknya memiliki sensor *accelerometer*, *proximity*, *gyroscope*, *compass*, A-GPS dengan Glonass dan BDS, serta kamera. *Smartphone* yang ditempatkan dengan derajat kemiringan besar dari 90° (sudut tumpul), memiliki waktu tunda yang lebih cepat dalam menampilkan objek grafis AR 3D, yakni 12,7 detik. Penelitian ini selanjutnya menjadi dasar pengembangan ARmaps sebagai aplikasi pemandu menuju ke suatu lokasi (*visualization guiding*).

Kata kunci: aplikasi mobile, ARmaps, augmented reality, GPS-based tracking, tracking techniques

1. PENDAHULUAN

Pada akhir 2019, lebih dari 95 persen populasi dunia memiliki *smartphone* dengan tingkat penetrasi yang melebihi 100 persen di sebagian besar negara maju [1]. *Smartphone* telah menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari kegiatan masyarakat saat ini. Selain untuk sarana *games* edukasi [2] dan membantu mobilitas, *smartphone* juga digunakan untuk penelitian. Hal ini terlihat dari banyaknya penelitian

yang menggunakan teknologi yang ditanamkan dalam *smartphone*. Ragam teknologi dan sensor yang tertanam dalam *smartphone* yaitu: GPS, *cell tower identification* dan *Wi-Fi positioning*, teknologi *proximity* seperti *bluetooth* dan *radio frequency identification* (RFID), *accelerometer*, *gyroscope*, *magnetometer* (kompas), sensor cahaya, mikrofon, barometer, *ambient thermometer*, sensor kelembapan, pedometer dan kamera [3], [4].

Teknologi *smartphone* tersebut kemudian dikombinasikan dengan kemajuan teknologi jaringan komputer (akses internet), *mobile cloud computing*, dan *computer vision* menghasilkan teknologi yang mengintegrasikan grafis virtual ke dunia nyata (*reality*) secara *real time* [5], [6], [7]. Teknologi tersebut saat ini dikenal dengan *augmented reality* (AR). Topik penelitian AR yang paling banyak dilakukan adalah *tracking techniques* [8], [9], [10]. Topik tersebut menarik untuk diteliti karena termasuk dalam teknik dasar teknologi AR. Salah satu metode *tracking* yang terdapat pada teknologi AR adalah *GPS-based tracking*. *GPS-based tracking* termasuk dalam kategori *markerless* AR. Marker tersebut lebih interaktif dari pada kategori AR lainnya, yaitu *marker based* AR [11]. Beragam aplikasi AR telah dibuat dengan menggunakan *GPS-based tracking* [12], [13], namun belum banyak penelitian yang membahas tentang hasil *tracking* dengan *latency* yang rendah namun memiliki presisi dan akurasi yang tinggi [14]. Berkaitan dengan hal tersebut, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh derajat kemiringan atau sudut penempatan *smartphone* ketika menampilkan objek AR.

Pada penelitian ini, digunakan aplikasi ARmaps yang telah terinstal pada *smartphone* dengan sistem operasi Android Marshmallow (6.0.1). ARmaps telah dirancang dengan menerapkan metode *GPS-based Tracking*. ARmaps merupakan aplikasi navigasi yang dirancang untuk nantinya membantu pengguna menuju ke suatu lokasi atau tempat dengan bantuan objek 3D yang tampil secara *real time* [12]. Adapun jenis sensor dan teknologi tertanam pada *smartphone* yang mendukung kinerja ARmaps adalah *accelerometer*, *proximity*, *gyroscope*, *compass*, A-GPS dengan Glonass dan BDS, serta kamera. Untuk mengetahui pengaruh derajat kemiringan *smartphone* terhadap kemunculan objek AR, maka dilakukan pengujian statis dengan menggunakan tiga jenis derajat kemiringan, yaitu 45°, 90°, dan 135°. Tujuannya untuk mengetahui derajat kemiringan yang paling cepat menampilkan objek AR 3D, sehingga pengguna aplikasi ARmaps tidak terlalu lama menunggu kemunculan objek AR 3D ketika digunakan untuk bernavigasi atau menentukan lokasi suatu tempat.

Penelitian ini dapat dijadikan rekomendasi pengembangan aplikasi ARmaps untuk menjadi salah satu alternatif aplikasi *visualization guiding* berbasis AR. Makalah ini terdiri dari empat bagian, bagian 1 menjelaskan latar belakang dilakukannya penelitian ini, bagian 2 berkaitan dengan tahapan penelitian, bagian 3 membahas hasil pengujian, dan bagian 4 merupakan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan saat ini, kontribusi, dan rencana penelitian selanjutnya (*future work*).

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif eksperimental dengan sumber datanya berupa data internal. Data diperoleh dengan melakukan beberapa kali simulasi untuk memperoleh hasil pengujian. Merujuk pada tahapan rancangan aplikasi ARmaps (Gambar 1), maka fokus penelitian ini terletak pada *layer 3*, yaitu *context of evaluation*, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 1.

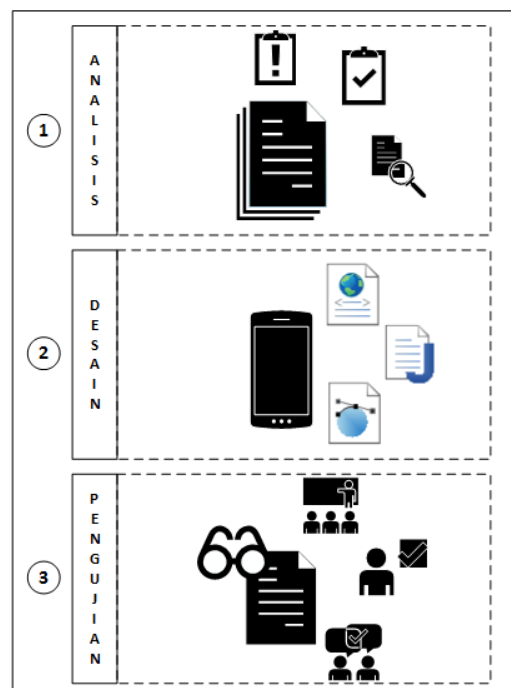
Data hasil pengujian dihitung dengan menggunakan Persamaan (1).

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

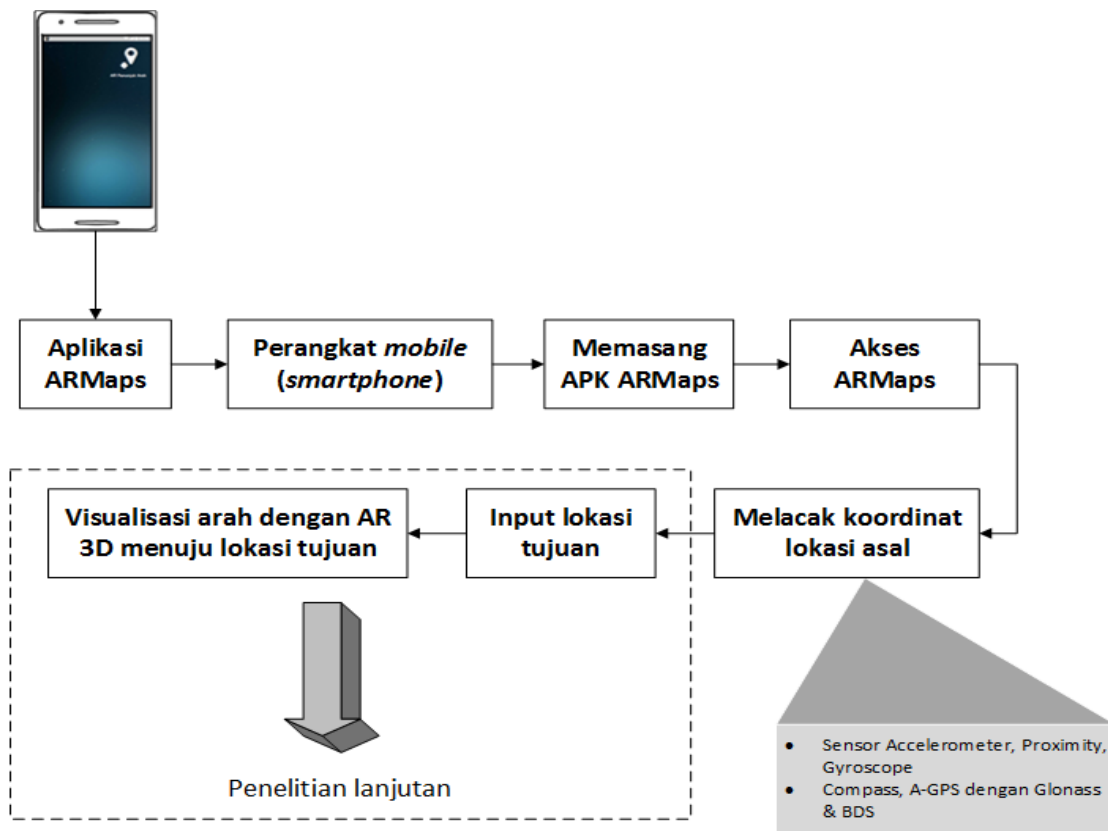
Pada Persamaan (1), \bar{x} merupakan rata-rata hitung untuk waktu tunda (*delay*) yang diperoleh dari keseluruhan pengujian yang telah dilakukan.

2.2 ARmaps

Aplikasi ARmaps dirancang dengan konsep *egocentric view*. Konsep tersebut menghasilkan tampilan peta dua dimensi (2D). Adapun *user interface*-nya didesain dengan konsep *real world camera view*, artinya pengguna akan melihat tampilan navigasi seperti aslinya (lingkungan nyata). Sementara itu, penanda navigasinya dirancang dengan objek 3D. Untuk teknologi pendukung *tracking*-nya, digunakan kombinasi GPS dan Glonass. Kemampuan ARmaps saat ini baru sampai pada pendeteksian koordinat awal (lokasi asal/lokasi pengguna pada saat menggunakan aplikasi). Diagram sistem ARmaps dapat dilihat pada Gambar 2. ARmaps dirancang dalam tiga tahapan atau *layer*, yaitu *layer 1* (*Context of Use*), *layer 2* (*Context of Medium*), dan *layer 3* (*Context of Evaluation*), seperti yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Layer Perancangan ARmaps [12]



Gambar 2. Diagram Sistem ARmaps [12]

Layer 1 merupakan tahapan analisis kebutuhan pengguna. Seluruh informasi yang berkaitan dengan perancangan aplikasi dirinci pada tahap ini. Layer 2 merupakan tahapan perancangan antarmuka ARmaps [12] dan layer 3 merupakan tahapan pengujian aplikasi.

ARmaps yang saat ini telah dirancang baru sampai pada tahap membaca/melacak koordinat lokasi asal pengguna. Adapun detail dari diagram sistem ARmaps, dapat dilihat pada Gambar 2. Untuk dapat menggunakan aplikasi ARmaps, pengguna perlu mempersiapkan *smartphone* dengan spesifikasi sensor dan teknologi tertanam sebagai berikut: *accelerometer, proximity, gyroscope, compass, A-GPS dengan Glonass dan BDS*, serta kamera. Selanjutnya, pengguna memasang (*install*) APK ARmaps pada *smartphone*-nya. ARmaps yang telah dipasang di *smartphone* dapat diakses seperti membuka aplikasi *mobile* pada umumnya.

2.3 GPS-based Tracking

Teknologi GPS umumnya digunakan untuk pelacakan posisi di luar ruangan [15]. Sehingga, banyak penelitian yang telah dilakukan terkait akurasi GPS sebagai pelacakan posisi/lokasi. Berdasarkan

dari penelitian yang pernah ada, rata-rata akurasi GPS berbasis satelit kurang dari 3 meter. Namun, seiring dengan kemajuan teknologi satelit, akurasinya kian meningkat hingga mencapai 1 meter. Selain itu, adanya teknologi *Real Time Kinematic (RTK)*, berpotensi untuk meningkatkan akurasi hingga sentimeter [8]. Teknologi GPS yang digunakan pertama kali pada aplikasi AR adalah *Touring Machine* [16], dilanjutkan untuk keperluan militer [17], *games* [18], [19], [20], dan visualisasi data [21], [22]. Penelitian ini menggunakan *GPS-based tracking* dalam aplikasi ARmaps. Untuk meningkatkan akurasinya, maka GPS dikombinasikan dengan GLONASS. Sehingga terdapat 55 satelit yang tersedia untuk melayani akses geolokasi. GPS pada ARmaps tidak akan berarti apa-apa jika tidak menyertakan sensor *smartphone* untuk menampilkan penunjuk lokasi. Sensor yang memaksimalkan fungsionalitas sistem ARmaps adalah *accelerometer* dan *gyroscope*. Pada ARmaps, GPS dan *accelerometer* akan melakukan pengukuran terhadap gravitasi bumi, atau yang dikenal sebagai pengukuran statik. Sehingga, pengguna dapat melihat tampilan UI dalam kondisi *landscape* atau potret pada layer *smartphone*-nya. Sementara itu, *gyroscope* tidak dipengaruhi oleh gravitasi. Sensor ini memiliki

kemampuan untuk mengukur tingkat rotasi di sekitar sumbu. Dengan kata lain, sensor *gyro* yang bekerja sama dengan teknologi GPS *smartphone* pada ARmaps, berfungsi untuk menentukan orientasi gerak dengan bertumpu pada sumbu (berotasi). Sehingga, pengguna dapat melihat lingkungan sekitarnya secara *real time*, tentunya dengan tambahan perangkat kamera.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian terhadap ARmaps yang menggunakan *GPS-based tracking* telah dilakukan. ARmaps diinstallkan pada *smartphone* yang memiliki sensor *accelerometer*, *proximity*, *gyroscope*, *assisted-GPS*, *glonass*, dan *BSD*. Hasil pemasangan pada *smartphone* tersebut (*install*), diketahui bahwa ARmaps berjalan dengan baik. Perlu diketahui, bahwa ARmaps dapat berjalan dengan baik pada spesifikasi minimum sistem operasi *Android Kitkat* (v.4.4.4) [12]. Pada tahap evaluasi atau pengujian ini, sistem operasi yang digunakan adalah *Android Marshmallow* (v.6.0.1). Artinya, ARmaps diinstall pada sistem operasi yang setingkat lebih tinggi dari spesifikasi minimumnya.

Penelitian ini memfokuskan evaluasi pada tiga jenis variabel. Variabel penelitian tersebut yaitu variabel terikat, variabel bebas, dan variabel kontrol. Adapun keterangan dari variabel penelitian ini, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis Variabel Penelitian

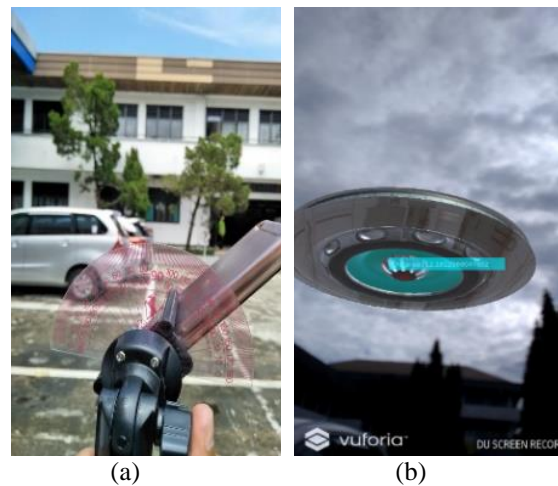
Jenis Variabel	Keterangan
Terikat	<i>delay</i>
Bebas	Derajat kemiringan <i>smartphone</i>
Kontrol	Sensor <i>smartphone</i>

Tabel 1 menampilkan jenis variabel penelitian berikut dengan penjelasannya. Variabel terikat merupakan faktor-faktor yang diamati dan diukur. Variabel tersebut perlu dimasukkan dalam tahap evaluasi karena berkaitan dalam menentukan adanya pengaruh dari variabel bebas. Sementara itu, variabel bebas merupakan variabel yang memengaruhi faktor-faktor yang diukur. Variabel ini dipilih karena dapat menunjukkan hubungan antara fenomena yang diamati. Terakhir, variabel kontrol yang berupa sensor-sensor yang terlibat dalam tahapan evaluasi atau pengujian penelitian ini.

Pengujian dilakukan sebanyak 30 kali untuk setiap derajat kemiringan di ruang terbuka. Selama melakukan pengumpulan data uji, *smartphone* harus terhubung ke jaringan internet. Pada saat pengujian dilakukan, jaringan internet yang digunakan adalah 4G (LTE). Derajat kemiringan *smartphone* yang merupakan variabel bebas dalam pengujian ini terdiri dari tiga kategori, yaitu 45° (lancip), 90°, 135° (tumpul). Rincian hasil pengujiannya dijelaskan pada subbab berikut.

3.1 Hasil Pengujian 45°

Derajat kemiringan *smartphone* diatur menggunakan busur, seperti pada Gambar 3(a). Dari hasil pengujian, diketahui bahwa derajat kemiringan ini membutuhkan rata-rata waktu tunda (*delay*) selama 16,867s untuk menampilkan objek AR 3D. Rata-rata waktu tunda diperoleh dengan menggunakan Persamaan (1).

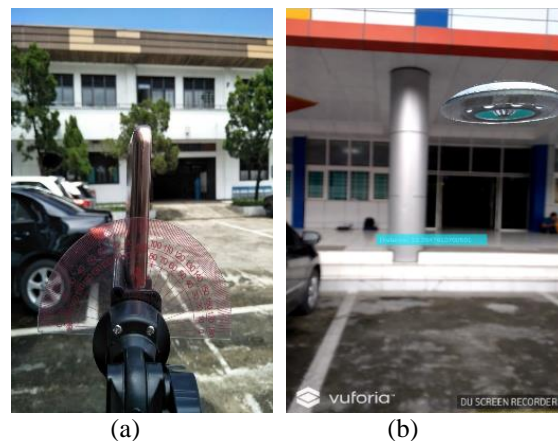


Gambar 3. (a) Pengaturan Derajat Kemiringan *Smartphone*, (b) Objek AR 3D pada Kemiringan 45°

Adapun bentuk tampilan objek AR 3D tersebut dapat dilihat pada Gambar 3(b). Grafis AR 3D yang ditampilkan pada pengujian ini berbentuk lingkaran.

3.2 Hasil Pengujian 90°

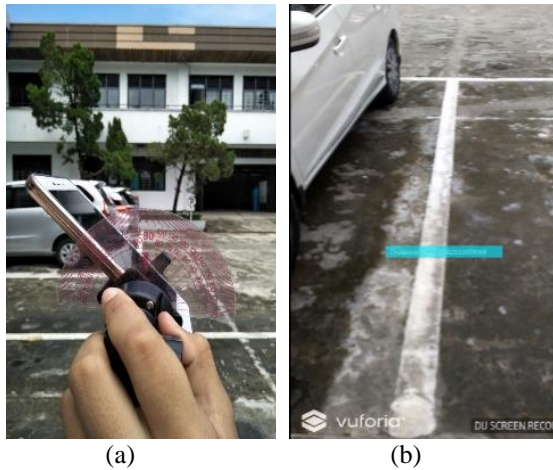
Teknis pengujian untuk kemiringan 90° tidak berbeda dengan pengujian sebelumnya (45°). Gambar 4 (a) dan (b) menampilkan proses pengujiannya. Berdasarkan hasil pengujian dengan derajat kemiringan tersebut, diketahui bahwa rata-rata waktu tunda yang diperoleh dalam menampilkan objek 3D AR lebih singkat 0,3s dari kemiringan 45°.



Gambar 4. (a) Pengaturan Derajat Kemiringan *Smartphone*, (b) Objek AR 3D pada Kemiringan 90°

3.3 Hasil Pengujian 135°

Untuk setiap pengujian, *cache* pada *smartphone* dihapus terlebih dahulu. Hal ini bertujuan agar aplikasi ARmaps dapat dimulai dari awal, tidak menyimpan *history* data pada ruang penyimpanan, dan tentunya *smartphone* tidak berjalan lambat. Gambar 5 (a) dan (b), menampilkan prosedur penetapan derajat kemiringan *smartphone* dan hasil pendeteksian titik koordinat lokasi awal yang ditandai dengan kemunculan objek AR 3D.



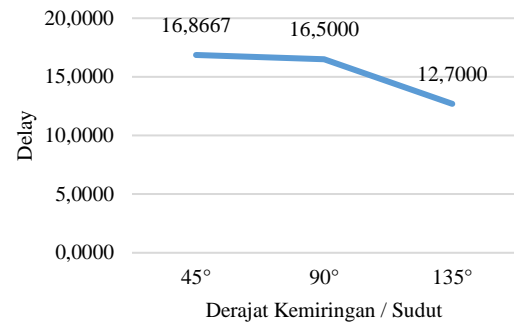
Gambar 5. (a) Pengaturan Derajat Kemiringan *Smartphone*, (b) Objek AR 3D pada Kemiringan 135°

Tabel 2. Hasil Pengujian Pengaruh Derajat Kemiringan *Smartphone* Terhadap Waktu Tunda (*delay*)

Pengujian	Delay (s)		
	45°	90°	135°
1	65	28	13
2	12	11	11
3	11	13	16
4	12	12	10
5	10	7	11
6	10	16	25
7	21	12	11
8	17	10	12
9	64	22	24
10	35	12	21
11	12	14	13
12	11	12	9
13	8	12	19
14	8	15	13
15	21	48	11
16	14	20	6
17	5	13	7
18	11	10	9
19	10	11	12
20	12	12	11
21	11	23	11
22	8	14	22
23	29	20	11
24	17	15	9
25	11	17	10
26	11	21	11
27	13	15	11
28	12	22	13
29	15	20	11
30	10	18	8
Total	16,867	16,500	12,7

Ketika *smartphone* diatur dengan kemiringan 135°, diketahui bahwa rata-rata waktu tunda kemunculan objek AR 3D jauh lebih cepat dari dua pengujian sebelumnya, yakni sebesar 12,7s.

Rincian hasil pengujian yang telah dilakukan untuk ketiga jenis derajat kemiringan *smartphone*, disajikan dalam Tabel 2.



Gambar 6. Pengaruh Derajat Kemiringan Terhadap Waktu Tunda (*Delay*)

Rangkuman hasil pengujian disajikan dalam Tabel 2 dan Gambar 6, membuktikan bahwa, semakin besar derajat kemiringan penempatan *smartphone*, maka waktu tunda yang diperoleh ketika menampilkan objek AR 3D akan semakin kecil. Pengujian terhadap waktu tunda tersebut penting dilakukan untuk mengetahui kinerja dari aplikasi ARmaps. Semakin singkat waktu tunda kemunculan objek AR 3D, maka kebergunaan aplikasi tersebut dapat dirasakan oleh penggunanya.

Ada beberapa hal yang memengaruhi kemunculan objek AR 3D, yaitu sensor, jenis sistem operasi, dan penggunaan API. Sensor yang terdapat pada *smartphone* memiliki andil dalam mempercepat kemunculan objek AR 3D. Semakin lengkap sensor pembacaan koordinat lokasi, maka akan semakin cepat lokasi tersebut terlacak dan menampilkan objek AR 3D. Namun tidak tertutup kemungkinan adanya pengaruh dari jenis sistem operasi *smartphone*-nya, mengingat pengujian ini hanya menggunakan satu jenis sistem operasi saja. Penggunaan API dari sistem operasi diduga juga memberikan pengaruh terhadap pembacaan sensor pada *smartphone*. Tentunya butuh penelitian lanjutan untuk memastikan kebenaran dugaan tersebut.

4. KESIMPULAN

GPS-based tracking dapat digunakan sebagai penanda dalam aplikasi ARmaps untuk menentukan koordinat suatu lokasi. Memanfaatkan sensor yang terdapat dalam *smartphone*, ARmaps yang menggunakan salah satu konsep *markerless* tersebut dapat melacak dan membaca koordinat awal secara *real time*. Hasil pembacaan koordinat berupa grafis AR 3D. Pengujian juga telah dilakukan, diketahui bahwa derajat kemiringan *smartphone* memberikan pengaruh terhadap kemunculan grafis AR 3D. Direkomendasikan kepada pengguna, untuk melacak

koordinat suatu lokasi, *smartphone* perlu diposisikan dengan derajat kemiringan besar dari 90° (tumpul).

Pengujian *GPS-based tracking* ini merupakan awal untuk penelitian selanjutnya, yaitu menerapkan algoritma perhitungan akurasi lokasi untuk mendukung akurasi koordinat yang akan divisualkan dalam objek grafis AR 3D. Selain itu, perlu pengujian menggunakan sistem operasi *smartphone* lainnya, analisis mendalam tentang optimalisasi *GPS-based tracking* dalam aplikasi AR, khususnya sebagai alternatif memvisualisasi penunjuk lokasi dalam bentuk grafis AR 3D, kemungkinan terjadinya resiko dalam tahap implementasi, dan solusi mengatasi resiko tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] World Bank, "World Development Indicators," 2019. <https://data.worldbank.org/indicator/IT.CEL.SETS.P2> (accessed Dec. 07, 2020).
- [2] F. Y. Al Septiani, Khusnul Rahmah Eka Irsyadi, "Game Edukasi Tari Tradisional Indonesia Untuk Siswa Indonesian Traditional Dance Introduction Education Game for," *J. Tek. Inform.*, vol. 1, no. 1, pp. 7–12, 2020, doi: <https://doi.org/10.20884/1.jutif.2020.1.1.11>.
- [3] A. Birenboim and N. Shoval, "Mobility Research in the Age of the Smartphone," *Ann. Am. Assoc. Geogr.*, vol. 106, no. 2, pp. 1–9, Jan. 2016, doi: [10.1080/00045608.2015.1100058](https://doi.org/10.1080/00045608.2015.1100058).
- [4] B. H. Limbu, H. Jarodzka, R. Klemke, and M. Specht, "Using sensors and augmented reality to train apprentices using recorded expert performance: A systematic literature review," *Educ. Res. Rev.*, vol. 25, pp. 1–22, 2018, doi: [10.1016/j.edurev.2018.07.001](https://doi.org/10.1016/j.edurev.2018.07.001).
- [5] Di. Chatzopoulos, C. Bermejo, Z. Huang, and P. Hui, "Mobile Augmented Reality Survey: From Where We Are to Where We Go," *IEEE Access*, vol. 5, no. c, pp. 6917–6950, 2017, doi: [10.1109/ACCESS.2017.2698164](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2698164).
- [6] D. Amin and S. Govilkar, "Comparative Study of Augmented Reality SDK's," *Int. J. Comput. Sci. Appl.*, vol. 5, no. 1, pp. 11–26, 2015, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Sharvari_Govilkar/publication/276855764_Comparative_Study_of_Augmented_Reality_Sdk's/links/57c5993908ae6db2cc769c36/Comparative-Study-of-Augmented-Reality-Sdks.pdf.
- [7] R. Palmarini, J. A. Erkoyuncu, R. Roy, and H. Torabmostaedi, "A systematic review of augmented reality applications in maintenance," *Robot. Comput. Integr. Manuf.*, vol. 49, no. June 2017, pp. 215–228, 2018, doi: [10.1016/j.rcim.2017.06.002](https://doi.org/10.1016/j.rcim.2017.06.002).
- [8] M. Billinghurst, A. Clark, and G. Lee, "A Survey of Augmented Reality," *Found. Trends@in Human-Computer Interact.*, vol. 8, no. 2–3, pp. 73–272, 2015, doi: [10.1561/11000000049](https://doi.org/10.1561/11000000049).
- [9] S. K. Kim, S. J. Kang, Y. J. Choi, M. H. Choi, and M. Hong, "Augmented-Reality Survey: From Concept to Application," *KSII Trans. Internet Inf. Syst.*, vol. 11, no. 2, pp. 982–1004, 2017, doi: [10.3837/tiis.2017.02.019](https://doi.org/10.3837/tiis.2017.02.019).
- [10] G. Bhorkar, "A Survey of Augmented Reality Navigation," *arXiv*, 2017, [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1708.05006>.
- [11] A. Katiyar, K. Kalra, and C. Garg, "Marker Based Augmented Reality," *Adv. Comput. Sci. Inf. Technol.*, vol. 2, no. 5, pp. 441–445, 2015, doi: [10.1145/2771839.2771842](https://doi.org/10.1145/2771839.2771842).
- [12] A. Syahrani, D. W. T. Putra, and A. Rahma, "Perancangan Aplikasi ARmaps Berdasarkan Real Environment dan Real World Camera View untuk Visualisasi Penunjuk Arah," in *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATi)*, 2017, pp. 19–23, [Online]. Available: <https://journal.uui.ac.id/Snati/article/view/8488>.
- [13] M. A. Muchtar, M. F. Syahputra, N. Syahputra, S. Ashrafia, and R. F. Rahmat, "Augmented Reality for Searching Potential Assets in Medan using GPS based Tracking," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 755, no. 1, pp. 0–6, 2016, doi: [10.1088/1742-6596/755/1/011001](https://doi.org/10.1088/1742-6596/755/1/011001).
- [14] K. Kim, M. Billinghurst, G. Bruder, H. B. L. Duh, and G. F. Welch, "Revisiting trends in augmented reality research: A review of the 2nd Decade of ISMAR (2008-2017)," *IEEE Trans. Vis. Comput. Graph.*, vol. 24, no. 11, pp. 2947–2962, 2018, doi: [10.1109/TVCG.2018.2868591](https://doi.org/10.1109/TVCG.2018.2868591).
- [15] F. Manuri and A. Sanna, "A Survey on Application of Augmented Reality," *Adv. Comput. Sci. an Int. J.*, vol. 5, no. 1, pp. 18–27, 2016, [Online]. Available: <http://www.acsij.org/acsij/article/view/400/350>.
- [16] C. Arth *et al.*, "The History of Mobile Augmented Reality," Graz, 2015. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1505.01319>.
- [17] X. You, W. Zhang, M. Ma, C. Deng, and J. Yang, "Survey on Urban Warfare Augmented Reality," *ISPRS Int. J. Geo-Information*, vol. 7, no. 2, pp. 1–16, 2018, doi: [10.3390/ijgi7020046](https://doi.org/10.3390/ijgi7020046).
- [18] G. S. Von Itzstein, M. Billinghurst, R. T. Smith, and B. H. Thomas, "Encyclopedia of Computer Graphics and Games,"

- Encyclopedia of Computer Graphics and Games*. Springer International Publishing, 2017, doi: 10.1007/978-3-319-08234-9.
- [19] E. C. E. Vidal, J. F. Ty, N. R. Caluya, and M. M. T. Rodrigo, "MAGIS: mobile augmented-reality games for instructional support," *Interact. Learn. Environ.*, vol. 0, no. 0, pp. 1–13, 2018, doi: 10.1080/10494820.2018.1504305.
- [20] L. F. Maia *et al.*, "LAGARTO: A LocAtion based Games AuthoRing TOol enhanced with augmented reality features," *Entertain. Comput.*, vol. 22, pp. 3–13, 2017, doi: 10.1016/j.entcom.2017.05.001.
- [21] W. Li, A. Y. C. Nee, and S. K. Ong, "A State-of-the-Art Review of Augmented Reality in Engineering Analysis and Simulation," *Multimodal Technol. Interact.*, vol. 1, no. 3, pp. 1–22, 2017, doi: 10.3390/mti1030017.
- [22] C. Bermejo, Z. Huang, T. Braud, and P. Hui, "When Augmented Reality meets Big Data," *Proc. - IEEE 37th Int. Conf. Distrib. Comput. Syst. Work. ICDCSW 2017*, pp. 169–174, 2017, doi: 10.1109/ICDCSW.2017.62.