

PEMETAAN CITRA 3D UNTUK PERENCANAAN KOTA BERBASIS FOTOGRAMETRI MENGGUNAKAN KAMERA DAN RASPBERRY PI

Setyawan Ajie Sukarno¹, Aris Budiarto², Muhammad Fadrial³

^{1,2,3} Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Politeknik Manufaktur Bandung
Email: ¹ajie@ae.polman-bandung.ac.id, ²aris@ae.polman-bandung.ac.id,
³muhammad.fadrial@mhs.polmanbandung.ac.id

Abstrak

Saat ini Indonesia sedang dalam upaya pembangunan digital, salah satunya adalah *smart city*. Perencanaan tata ruang membutuhkan data yang akurat agar hasilnya sesuai dengan kondisi faktual. Maka, Untuk mendapatkan peta suatu kota maka diperlukan data geospasial yang didapatkan dengan cara melakukan pemetaan. Saat ini pemetaan yang dilakukan masih secara dominan menggunakan cara yang konvensional. Pada peta yang diolah dengan pemetaan konvensional sangat terbatas dan tidak bisa diolah lebih lanjut. Pada penelitian kali ini dilakukan pemetaan digital menggunakan teknologi udara. Pemetaan digital dilakukan menggunakan metode foto udara yang dilakukan dengan memanfaatkan UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*). Metode foto udara/fotogrametri dengan kamera yang dilakukan dapat memberikan informasi terkait lokasi dan bentuk objek dalam resolusi sangat tinggi. Hasil dari penangkapan metode tersebut digunakan membentuk peta 3D. Hasil pada pengujian ketinggian pengambilan foto memiliki nilai RMSE altitude sebesar 2,321 MDPL dan 2,295 MDPL. Pada pengujian yang dilakukan telah memenuhi syarat untuk tingkat LOD 1, yaitu memiliki nilai RMSE dibawah 5 meter. Pada pengujian kondisi cahaya 60 LUX/1 dan 600 LUX, lalu dengan tingkat resolusi yang berbeda untuk hasil peta 3D. dapat disimpulkan bahwa dengan kondisi pengujian yang pencahayaan yang baik dan resolusi foto yang tinggi memiliki nilai akurasi peta 3D terendah sebesar 14,3% dan tertinggi sebesar 100%.

Kata Kunci: Fotogramteri, Pemetaan, *Smart City*, LOD, Peta 3D

Abstract

Indonesia is currently undergoing digital development efforts, one of which is smart city. Spatial planning requires accurate data so that the results match the factual conditions. So, to get a map of a city, geospatial data is needed which is obtained by mapping. Currently, the mapping carried out is still predominantly using conventional methods. The maps processed by conventional mapping are very limited and cannot be processed further. In this research, digital mapping was carried out using aerial technology. Digital mapping is carried out using the aerial photography method which is carried out by utilizing a UAV (Unmanned Aerial Vehicle). The aerial photography/photogrammetry method with a camera can provide information related to the location and shape of objects in very high resolution. The results of the capture method are used to form a 3D map. the results in testing the height of the photo taking have an altitude RMSE value of 2.321 MDPL and 2.295 MDPL. The tests carried out have met the requirements for LOD level 1, which has an RMSE value below 5 meters. In testing light conditions of 60 LUX and 600 LUX, then with different resolution levels for 3D map results. It can be concluded that with good lighting test conditions and high photo resolution, the lowest 3D map accuracy value is 14.3% and the highest is 100%.

Keywords: *Fotogrametry, mapping, smart city, LOD, 3D Map*

I. PENDAHULUAN

Pada zaman modern yang serba digital saat ini, menjadi sebuah era dimana pembangunan telah bergerak secara cepat dari tahun ke tahun. Berhubung saat ini Indonesia sedang dalam upaya pembangunan *smart city*. Gerakan Menuju 100

Smart city merupakan program yang dimulai sejak 2017 untuk mendampingi 100 kota/kabupaten sebagai percontohan dalam Menyusun rencana induk (master plan) *Smart city* dan menerapkannya pada masing-masing daerah (*Gerakan Menuju Smart City*, n.d.). Lalu, Kota Cerdas (*smart city*) mempunyai 6 dimensi,

yaitu *Smart Government, Smart Economy, Smart Live, Smart Living, Smart People, dan Smart Mobility (Kriteria Smart City, n.d.)*. Pada pembangunan smart mobility dan smart living diperlukan peta kota yang presisi serta akurat. Perencanaan tata ruang membutuhkan data yang akurat agar memperoleh hasil yang sesuai dengan kondisi faktual (Putri et al., n.d.). Maka, untuk mendapatkan peta suatu kota maka diperlukan data geospasial yang didapatkan dengan cara melakukan pemetaan. Saat ini pemetaan yang dilakukan secara dominan masih menggunakan cara yang konvensional (Putri et al., n.d.). Pemetaan yang dilakukan masih menggunakan teknologi atau belum terkomputerisasi. Pada peta yang diolah dengan cara pemetaan konvensional penggunaannya pun sangat terbatas dan tidak bisa diolah lebih lanjut. Pada peta konvensional pun, kita tidak dapat mengetahui pembaruan atau perkembangan yang terjadi pada suatu wilayah, ketinggian bangunan yang ada pada suatu wilayah, jumlah bangunan yang ada pada suatu wilayah saat kondisi terkini, dan perubahan bentuk dataran yang terjadi pada wilayah tersebut (Putri et al., n.d.).

Sebagai solusi untuk menangani masalah yang telah dijabarkan sebelumnya, peta yang dihasilkan harus lebih akurat dan faktual maka perlu dilakukan pemetaan digital yang dilakukan dengan observasi lapangan dan pengolahan data yang dilakukan dengan menggunakan komputerisasi. Sebagaimana penelitian sebelumnya bahwa pemetaan digital memberikan kedetailan informasi berdasarkan pada persil bangunan, sehingga tingkat keakuratan lebih tinggi dibandingkan pemetaan yang dilakukan secara konvensional (Putri et al., n.d.). Pemetaan digital saat ini dapat menggunakan teknologi udara salah satunya yaitu dengan memanfaatkan teknologi UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*), yang merupakan kendaraan udara tanpa awak (Potolea et al., n.d.). UAV telah menjadi solusi untuk banyak permasalahan-permasalahan sipil (Sukarno et al., 2018), dan aplikasinya telah digunakan dalam beberapa aspek kegiatan baik dalam bidang pertahanan, pertanian, logistic, SAR dan geomatika (Sukarno & Erdani, 2020). UAV terbukti menjadi metode akuisisi data kompetitif yang dirancang untuk beroperasi tanpa pilot manusia di dalamnya (Aldalil et al., 2019). Pemanfaatan UAV menjadi solusi yang efisien untuk tujuan pemetaan ataupun pengumpulan informasi geospasial (Lee & Park, 2019a). Kamera digunakan dalam melakukan pekerjaan-pekerjaan foto udara dengan memanfaatkan UAV. Kamera

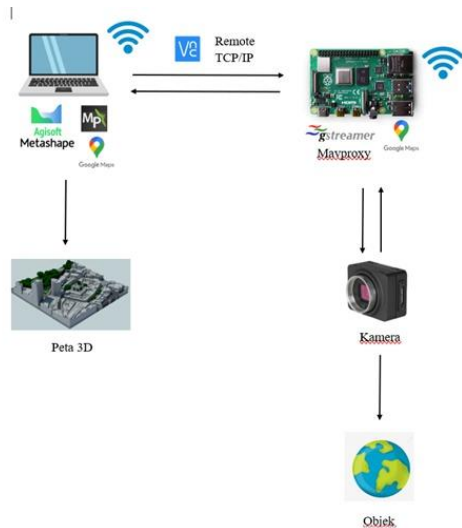
biasa dipakai untuk pekerjaan udara dengan memanfaatkan UAV digunakan untuk melakukan pemetaan 3D suatu wilayah (Lee & Park, 2019b). Pemanfaatan UAV digunakan untuk mengukur objek dari langit sebagai metode yang mudah dan terjangkau untuk menggantikan pengukuran udara konvensional menggunakan pesawat terbang (Suzuki et al., 2021). Dalam membuat model pemetaan 3D tentu diperlukan data-data yang mendukung seperti data koordinat foto dan tingkat ketajaman gambar peta 3D yang dihasilkan. Data tersebut dapat diperoleh dari foto udara (Firdaus, 2020). Dan terdapat beberapa penelitian terdahulu yaitu pada penggunaan Foto udara dengan metode fotogrametri, seperti pada, (Shaw et al., 2019) analisis survei pemantauan pantai yang dilakukan dengan menggunakan teknik fotogrametri mengidentifikasi bahwa metode survei tersebut mampu mengidentifikasi pergerakan garis pantai dan mendeteksi perubahan elevasi muka pantai dari waktu ke waktu.

Dari masalah dan penelitian-penelitian sebelumnya dapat kita amati dan kembangkan penggunaannya dari kekurangan – kekurangan yang didapat, sehingga dapat dikombinasikan menjadi suatu rancangan sistem yang lebih baik. Pada penelitian ini dibuat dengan sistem kamera untuk melakukan fotogrametri yang bersifat *open source* dan untuk pemanfaatan perencanaan kota. Dengan harapan dapat memberikan model pemetaan 3D yang akurat untuk membuat perencanaan pembangunan suatu kota menjadi kota yang modern dan *smart city* dan memudahkan surveyor untuk bisa membuat sistem pemetaan.

II. METODE

A. Gambaran Umum Sistem

Gambaran umum sistem yang dibuat digambarkan pada Gambar 1. Gambar 1 menjelaskan sistem secara umum, pada langkah pertama yaitu membuat sambungan antara laptop dengan raspberry pi 4 melalui VNC player untuk melakukan kontrol jarak jauh. Apabila laptop telah tersambung maka selanjutnya membuka software *mission planner* pada laptop. Lalu, pada raspberry pi kita membuka path untuk mengakses mavproxy. Apabila mavproxy telah tampil pada layar maka, selanjutnya kita sambungkan mavproxy dengan *mission planner*. Dengan memasukan IP pada raspberry dan juga portnya. Setelah mavproxy terhubung dengan *mission planner*, maka kita telah berhasil menghubungkan alih-alih drone secara *remote*

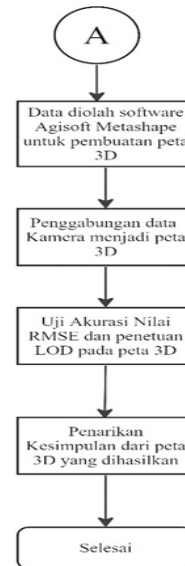
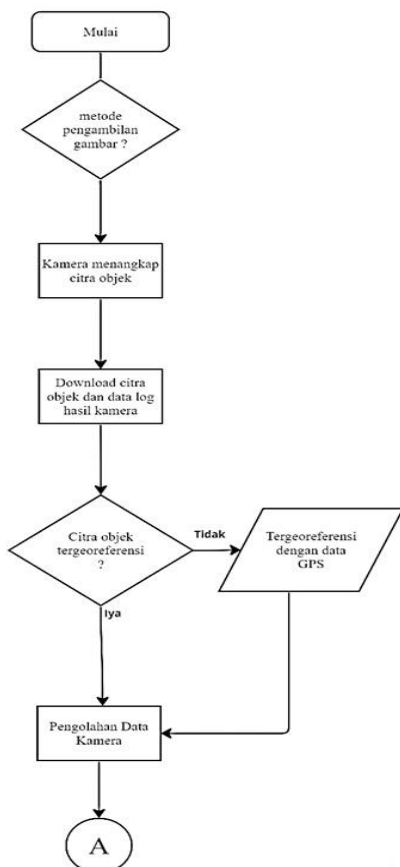


Gambar 1. Gambaran Umum Sistem

Pada *mission planner* kita membuat alur misi untuk pemetaan dengan menentukan *altitude*, *overlap* dan *sidelap*. Setelah misi berhasil dibuat maka selanjutnya adalah menjalankan misi tersebut untuk mengambil data gambar dan data GPS. Setelah misi berhasil dilakukan, selanjutnya adalah pengambilan data GPS dan data gambar untuk diolah pada laptop untuk dijadikan peta 3D.

B. Diagram Alir Sistem

Berikut merupakan gambar aliran sistem secara umum:



Gambar 2. Diagram Alir Sistem

Pada gambar 2 menunjukkan bagaimana sistem pemetaan 3D untuk perencanaan kota berbasis *smart city* dilakukan. Dimulai dari pengambilan objek bumi yang dilakukan oleh UAV, kemudian ditangkap oleh kamera. Citra objek akan diambil secara manual dengan bantuan status *message* saat sedang *mission planning* oleh kamera melalui GCS. Setelah UAV selesai melakukan misi, data kamera bisa diambil pada raspberry pi dan data GPS dapat diunduh pada file log yang kemudian data citra hasil kamera akan di georeferensikan terlebih dahulu. apabila belum tergeoreferensi maka harus secara manual agar memiliki kordinat yang sama sesuai dengan satelit. Setelah data citra dari kamera saat foto udara telah tergeoreferensi maka selanjutnya adalah pengolahan data tersebut.

Setelah data kamera telah siap diolah, maka selanjutnya data kamera tersebut akan diolah oleh software agisoft metashape untuk pengolahan peta 3D lebih lanjut. Didalam software Agisoft data kamera hasil dari foto udara akan dikombinasi menjadi peta 3D untuk diuji keakurasian dari data yang diperoleh tersebut. Uji keakurasian akan dinilai dari nilai RMSE yang diperoleh, kemudian setelah nilai RMSE dari uji akurasi didapat maka dapat kita tentukan peta 3D yang dihasilkan termasuk kelas LOD seberapa. Dan terakhir, akan dilakukan penarikan kesimpulan dan selesai.

C. Skenario Area Pengamatan

Pengamatan dilakukan pada sebuah prototipe kampus POLMAN Bandung berupa peta miniatur dengan skala 1:400. Kamera menangkap citra foto dan kordinat foto diatas prototipe/peta miniature tersebut. Penangkapan citra foto dan kordinat foto

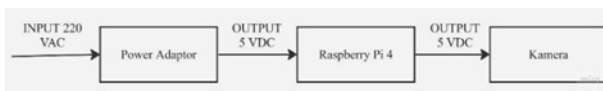
dilakukan pada ketinggian 22,5 cm. dengan begitu pada jarak sebenarnya memiliki ketinggian 90 m.



Gambar 3. Area Pengujian

D. Perancangan Elektrik

Berdasarkan diagram blok rangkaian elektrik pada Gambar 2. *Input* tegangan sebesar 220 VAC akan masuk ke *power adaptor*. Lalu, *output* 5 VDC dari *power adaptor* akan masuk pada Raspberry Pi 4. Kemudian kamera akan menerima *power* 5VDC dari raspberry pi 4 sebesar 5VDC.



Gambar 4. Rangkaian Elektrik

E. Perancangan Informatik

Perancangan informatik dibagi menjadi 6 sub-bagian, yaitu misi pemetaan, pengambilan data citra foto dan koordinat foto, konversi data, *geotagging* data, konversi peta 3D, dan *output*.

1. Misi Pemetaan

Misi pemetaan dilakukan pada integrasi antara Raspberry Pi dengan Laptop. Melalui komunikasi TCP/IP, laptop akan memasukkan IP dan port dari raspberry pi ke GCS yang dijalankan untuk memberikan perintah sekaligus monitoring raspberry pi sebagai drone.

2. Pengambilan Data Citra Foto dan Koordinat Foto

Ketika misi telah berjalan maka banyaknya data koordinat foto akan diambil sesuai dengan overlap dan sidalap yang telah ditentukan.

3. Konversi Data Citra Foto

Pada proses konversi data, data citra foto akan dikonversi terlebih dahulu setelah ditangkap berupa *video capture*. *Video capture* akan dikonversi menjadi potongan frame dengan

format .jpg dan piksel yang sama sesuai dengan pengujian.

4. Geotagging Data Citra Foto

Pada proses geotagging data citra foto, data koordinat foto yang dihasilkan akan digabungkan dengan data citra foto yang telah ditangkap melalui kamera. Tahap ini akan dilakukan pada *software* mission planner dibagian *georeferencing*.

5. Konversi Peta 3D

Gambar yang telah dilakukan geotagging siap untuk dikonversi pada *software* agisoft metashape. Dengan melakukan align pada semua foto yang akan dieksekusi untuk membentuk peta 3D.

6. Output

Output akhir dari sistem ini adalah peta 3D yang dihasilkan dari hasil penangkapan misi pemetaan yang dilakukan. Peta 3D tersebut dapat digunakan sebagai informasi untuk perencanaan pembangunan suatu wilayah.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Pengaruh Kondisi Cahaya dan Resolusi saat Pengambilan Data Citra Foto.

Pengujian ini dilakukan dengan mengubah kondisi cahaya dengan 2 kondisi, yaitu 60 LUX dan 600 LUX. Lalu, pada resolusi gambar diubah dengan 2 kondisi, yaitu 2080x1552, dan 2448x2048. Pengujian ini dilakukan sebanyak 4 kali, yaitu 2 kali dengan resolusi 2080x1552 dan 2 kondisi cahaya yang berbeda. Lalu, 2 kali dengan resolusi 2448x2048 dan 2 kondisi cahaya yang berbeda. Dilakukan dalam 4 kali misi pemetaan yang sama pada overlap 60% dan sidalap 80%.

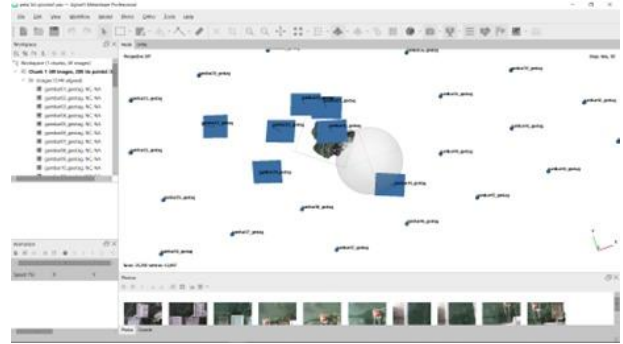
1. Pada resolusi 2080x1552 dengan kondisi cahaya 60 LUX.



Gambar 5. Peta 3D yang dihasilkan pada resolusi 2080x1552 dengan cahaya 60 LUX

Tabel 1. Hasil uji coba resolusi 2080x1552 dengan kondisi cahaya 60 LUX

No	Nama	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Allign
1	gambar01.jpg	-6.876464	107.6213847	887.19	No Allign
2	gambar02.jpg	-6.876474	107.6211311	887.32	No Allign
3	gambar03.jpg	-6.876476	107.6208776	887.4	No Allign
4	gambar04.jpg	-6.87648	107.6206234	887.43	No Allign
5	gambar05.jpg	-6.876483	107.6203693	887.43	No Allign
6	gambar06.jpg	-6.876486	107.6201159	887.42	No Allign
7	gambar07.jpg	-6.876489	107.6198618	887.41	No Allign
8	gambar08.jpg	-6.87666	107.6198085	887.41	No Allign
9	gambar09.jpg	-6.876669	107.6200619	887.41	No Allign
10	gambar10.jpg	-6.876665	107.620316	887.41	No Allign
11	gambar11.jpg	-6.876662	107.6205701	887.41	No Allign
12	gambar12.jpg	-6.876659	107.6208241	887.4	No Allign
13	gambar13.jpg	-6.876656	107.6210776	887.4	No Allign
14	gambar14.jpg	-6.876653	107.621331	887.4	No Allign
15	gambar15.jpg	-6.876822	107.6213819	887.4	No Allign
16	gambar16.jpg	-6.876838	107.621129	887.4	No Allign
17	gambar17.jpg	-6.876841	107.6208756	887.39	No Allign
18	gambar18.jpg	-6.876844	107.6206214	887.4	No Allign
19	gambar19.jpg	-6.876847	107.6203672	887.4	No Allign
20	gambar20.jpg	-6.87685	107.620113	887.4	No Allign
21	gambar21.jpg	-6.876853	107.6198593	887.39	No Allign
22	gambar22.jpg	-6.877024	107.6197997	887.4	No Allign
23	gambar23.jpg	-6.877033	107.6200535	887.4	Allign
24	gambar24.jpg	-6.87703	107.6203074	887.4	Allign
25	gambar25.jpg	-6.877026	107.6205616	887.4	Allign
26	gambar26.jpg	-6.877023	107.620815	887.4	No Allign
27	gambar27.jpg	-6.87702	107.6210692	887.39	No Allign
28	gambar28.jpg	-6.877017	107.621323	887.39	No Allign
29	gambar29.jpg	-6.877186	107.6213805	887.4	No Allign
30	gambar30.jpg	-6.877202	107.621127	887.4	No Allign
31	gambar31.jpg	-6.877205	107.6208728	887.4	No Allign
32	gambar32.jpg	-6.877208	107.6206193	887.4	Allign
33	gambar33.jpg	-6.877211	107.6203651	887.4	Allign
34	gambar34.jpg	-6.877214	107.6201109	887.4	Allign
35	gambar35.jpg	-6.877217	107.6198571	887.39	No Allign
36	gambar36.jpg	-6.877388	107.6197908	887.39	No Allign
37	gambar37.jpg	107.61979	107.6200448	887.4	No Allign
38	gambar38.jpg	-6.877394	107.6202987	887.4	No Allign
39	gambar39.jpg	-6.877391	107.6205522	887.4	Allign
40	gambar40.jpg	-6.877388	107.6208062	887.4	No Allign
41	gambar41.jpg	-6.877385	107.6210604	887.4	No Allign
42	gambar42.jpg	-6.877382	107.6213144	887.39	No Allign
43	gambar43.jpg	-6.87755	107.6213789	887.39	No Allign
44	gambar44.jpg	-6.877566	107.6211256	887.39	No Allign
45	gambar45.jpg	6.8775688	107.6208716	887.4	No Allign
46	gambar46.jpg	-6.877572	107.6206182	887.4	No Allign
47	gambar47.jpg	-6.877575	107.620364	887.4	No Allign
48	gambar48.jpg	-6.877578	107.6201099	887.4	No Allign
49	gambar49.jpg	-6.877581	107.6198557	887.39	No Allign



Gambar 6. Data citra foto yang Allign/1pada resolusi 2080x1552 dengan cahaya 60 LUX

Dari percobaan pada resolusi 2080x1552 dengan cahaya 60 LUX dapat kita ketahui memiliki nilai akurasi 14,3% gambar yang saling berhubungan 1 sama lain. Dan peta 3D yang terbentuk hanya Sebagian kecil dari pengambilan data yang telah dilakukan.

2. Data foto Pada resolusi 2448x2048 dengan kondisi cahaya 60 LUX.



Gambar 7. Peta 3D yang dihasilkan pada resolusi 2448x2048 dengan cahaya 60 LUX



Gambar 8. Data citra foto yang Allign/1pada resolusi 2448x2048 dengan cahaya 60 LUX

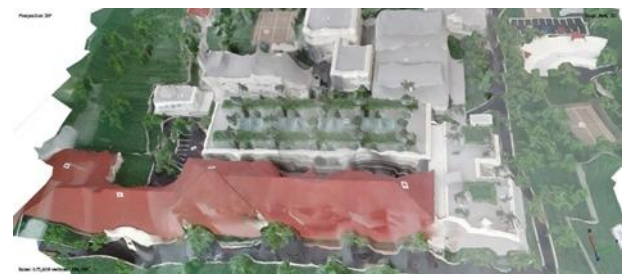
Dari percobaan pada resolusi 2448x2048 dengan cahaya 60 LUX dapat kita ketahui memiliki nilai akurasi 91,83% gambar yang saling berhubungan 1 sama lain. Dan peta 3D yang terbentuk sudah cukup sesuai dengan perencanaan pemetaan yang dilakukan.

Tabel 2. Hasil uji coba resolusi 2448x2048 dengan kondisi cahaya 60 LUX

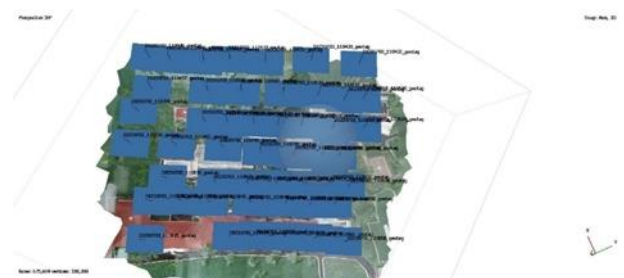
No	Nama	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Allign
1	gambar01.jpg	-6.8764632	107.6213844	887.2	Allign
2	gambar02.jpg	-6.8764733	107.6211308	887.32	Allign
3	gambar03.jpg	-6.8764761	107.6208774	887.43	Allign
4	gambar04.jpg	-6.8764792	107.6206239	887.42	Allign
5	gambar05.jpg	-6.8764822	107.6203703	887.41	Allign
6	gambar06.jpg	-6.8764853	107.6201169	887.4	Allign
7	gambar07.jpg	-6.8764884	107.6198634	887.4	No Allign
8	gambar08.jpg	-6.8766632	107.6198057	887.39	No Allign
9	gambar09.jpg	-6.8766683	107.6200594	887.38	Allign
10	gambar10.jpg	-6.8766652	107.6203128	887.39	Allign
11	gambar11.jpg	-6.8766621	107.6205664	887.39	Allign
12	gambar12.jpg	-6.8766591	107.6208201	887.4	Allign
13	gambar13.jpg	-6.876656	107.6210735	887.4	Allign
14	gambar14.jpg	-6.8766529	107.6213269	887.4	Allign
15	gambar15.jpg	-6.8768268	107.6213852	887.4	Allign
16	gambar16.jpg	-6.8768375	107.6211318	887.41	Allign
17	gambar17.jpg	-6.8768406	107.6208781	887.4	Allign
18	gambar18.jpg	-6.8768437	107.6206245	887.4	Allign
19	gambar19.jpg	-6.8768467	107.6203711	887.4	Allign
20	gambar20.jpg	-6.8768498	107.6201174	887.39	Allign
21	gambar21.jpg	-6.8768529	107.619864	887.4	No Allign
22	gambar22.jpg	-6.8770277	107.6197972	887.38	Allign
23	gambar23.jpg	-6.8770328	107.6200507	887.38	Allign
24	gambar24.jpg	-6.8770297	107.6203043	887.39	Allign
25	gambar25.jpg	-6.8770267	107.6205579	887.39	Allign
26	gambar26.jpg	-6.8770236	107.6208113	887.39	Allign
27	gambar27.jpg	-6.8770205	107.6210647	887.39	Allign
28	gambar28.jpg	-6.8770175	107.6213181	887.4	Allign
29	gambar29.jpg	-6.8771911	107.6213838	887.4	Allign
30	gambar30.jpg	-6.8772018	107.6211304	887.41	Allign
31	gambar31.jpg	-6.8772049	107.6208768	887.4	Allign
32	gambar32.jpg	-6.8772079	107.6206234	887.4	Allign
33	gambar33.jpg	-6.877211	107.6203698	887.4	Allign
34	gambar34.jpg	-6.8772141	107.6201163	887.4	Allign
35	gambar35.jpg	-6.8772172	107.6198629	887.39	Allign
36	gambar36.jpg	-6.877392	107.6197882	887.39	Allign
37	gambar37.jpg	-6.8773969	107.6200417	887.39	Allign
38	gambar38.jpg	-6.8773938	107.6202952	887.4	Allign
39	gambar39.jpg	-6.8773907	107.6205486	887.4	Allign
40	gambar40.jpg	-6.8773876	107.6208022	887.4	Allign
41	gambar41.jpg	-6.8773846	107.6210557	887.4	Allign
42	gambar42.jpg	-6.8773815	107.6213094	887.4	Allign
43	gambar43.jpg	-6.877555	107.621382	887.4	No Allign
44	gambar44.jpg	-6.8775657	107.6211287	887.41	Allign
45	gambar45.jpg	-6.8775688	107.6208716	887.4	Allign
46	gambar46.jpg	-6.8775719	107.6206182	887.4	Allign
47	gambar47.jpg	-6.877575	107.620364	887.4	Allign
48	gambar48.jpg	-6.8775781	107.6201099	887.39	Allign
49	gambar49.jpg	-6.8775812	107.6198557	887.4	Allign

Tabel 3. Hasil uji coba resolusi 2080x1552 dengan kondisi cahaya 600 LUX (1)

No	Nama	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Allign
1	gambar01.jpg	-6.8764632	107.6213845	887.25	Allign
2	gambar02.jpg	-6.8764733	107.6211313	887.32	Allign
3	gambar03.jpg	-6.8764761	107.6208776	887.43	Allign
4	gambar04.jpg	-6.8764793	107.6206239	887.42	Allign
5	gambar05.jpg	-6.8764825	107.6203704	887.41	Allign
6	gambar06.jpg	-6.8764856	107.6201168	887.4	Allign
7	gambar07.jpg	-6.8764887	107.6198632	887.4	Allign
8	gambar08.jpg	-6.8766635	107.619806	887.39	Allign
9	gambar09.jpg	-6.8766685	107.6200594	887.39	Allign
10	gambar10.jpg	-6.8766655	107.620313	887.39	Allign
11	gambar11.jpg	-6.8766624	107.6205667	887.39	Allign
12	gambar12.jpg	-6.8766593	107.6208204	887.39	Allign
13	gambar13.jpg	-6.8766562	107.6210738	887.39	Allign
14	gambar14.jpg	-6.8766532	107.6213275	887.39	Allign
15	gambar15.jpg	-6.8768269	107.6213854	887.4	Allign
16	gambar16.jpg	-6.8768376	107.6211319	887.41	Allign
17	gambar17.jpg	-6.8768406	107.6208782	887.4	Allign
18	gambar18.jpg	-6.8768437	107.6206246	887.4	Allign
19	gambar19.jpg	-6.8768467	107.620371	887.4	Allign
20	gambar20.jpg	-6.8768498	107.6201174	887.39	Allign
21	gambar21.jpg	-6.8768529	107.6198637	887.4	Allign
22	gambar22.jpg	-6.8770278	107.6197972	887.38	Allign
23	gambar23.jpg	-6.8770328	107.6200506	887.39	Allign
24	gambar24.jpg	-6.8770297	107.6203043	887.39	Allign
25	gambar25.jpg	-6.8770267	107.6205579	887.39	Allign
26	gambar26.jpg	-6.8770235	107.6208114	887.39	Allign
27	gambar27.jpg	-6.8770203	107.6210648	887.39	Allign
28	gambar28.jpg	-6.8770172	107.6213184	887.4	Allign
29	gambar29.jpg	-6.8771909	107.6213835	887.4	Allign
30	gambar30.jpg	-6.8772015	107.6211303	887.41	Allign
31	gambar31.jpg	-6.8772045	107.6208767	887.4	Allign
32	gambar32.jpg	-6.8772076	107.6206231	887.4	Allign
33	gambar33.jpg	-6.8772107	107.6203697	887.4	Allign
34	gambar34.jpg	-6.8772138	107.6201163	887.4	Allign
35	gambar35.jpg	-6.8772169	107.6198626	887.4	Allign
36	gambar36.jpg	-6.8773918	107.619788	887.39	Allign
37	gambar37.jpg	-6.8773969	107.6200417	887.39	Allign
38	gambar38.jpg	-6.8773938	107.6202954	887.4	Allign
39	gambar39.jpg	-6.8773907	107.6205491	887.4	Allign
40	gambar40.jpg	-6.8773876	107.6208026	887.4	Allign
41	gambar41.jpg	-6.8773846	107.6210561	887.4	Allign
42	gambar42.jpg	-6.8773815	107.6213095	887.39	Allign
43	gambar43.jpg	-6.877555	107.6213821	887.4	Allign
44	gambar44.jpg	-6.8775657	107.6211287	887.4	Allign
45	gambar45.jpg	-6.8775687	107.620875	887.4	Allign
46	gambar46.jpg	-6.8775718	107.6206214	887.4	Allign
47	gambar47.jpg	-6.877575	107.6203678	887.4	Allign
48	gambar48.jpg	-6.8775782	107.6201144	887.4	Allign
49	gambar49.jpg	-6.8775813	107.6198608	887.39	Allign



Gambar 9. Peta 3D yang dihasilkan pada resolusi 2080x1552 dengan cahaya 600 LUX



Gambar 10. Data citra foto yang Allign/1 pada resolusi 2080x1552 dengan cahaya 600 LUX

3. Data foto Pada resolusi 2080x1552 dengan kondisi cahaya 600 LUX

Dari percobaan pada resolusi 2080x1552 dengan cahaya 600 LUX dapat kita ketahui memiliki nilai akurasi 100% gambar yang saling berhubungan 1 sama lain. Dan peta 3D yang terbentuk sudah cukup sesuai dengan perencanaan pemetaan yang dilakukan.

4. Data foto Pada resolusi 2448x2048 dengan kondisi Cahaya 600 LUX.

Tabel 4. Hasil uji coba resolusi 2448x2048 dengan kondisi cahaya 600 LUX (1)

No	Nama	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Align
1	gambar01.jpg	-6.8764636	107.6213847	887.19	Align
2	gambar02.jpg	-6.8764735	107.6211311	887.32	Align
3	gambar03.jpg	-6.8764764	107.6208776	887.4	Align
4	gambar04.jpg	-6.8764795	107.6206234	887.43	Align
5	gambar05.jpg	-6.8764825	107.6203693	887.43	Align
6	gambar06.jpg	-6.8764856	107.6201159	887.42	Align
7	gambar07.jpg	-6.8764888	107.6198618	887.41	Align
8	gambar08.jpg	-6.8766596	107.6198085	887.41	Align
9	gambar09.jpg	-6.8766687	107.6200619	887.41	Align
10	gambar10.jpg	-6.8766652	107.620316	887.41	Align
11	gambar11.jpg	-6.8766621	107.6265701	887.41	Align
12	gambar12.jpg	-6.876659	107.6208241	887.4	Align
13	gambar13.jpg	-6.876656	107.6210776	887.4	Align
14	gambar14.jpg	-6.876653	107.621331	887.4	Align
15	gambar15.jpg	-6.8768221	107.6213819	887.4	Align
16	gambar16.jpg	-6.8768379	107.621129	887.4	Align
17	gambar17.jpg	-6.8768407	107.6208756	887.39	Align
18	gambar18.jpg	-6.8768437	107.6206214	887.4	Align
19	gambar19.jpg	-6.8768467	107.6203672	887.4	Align
20	gambar20.jpg	-6.8768498	107.620113	887.4	Align
21	gambar21.jpg	-6.8768529	107.6198593	887.39	Align
22	gambar22.jpg	-6.8770239	107.6197997	887.4	Align
23	gambar23.jpg	-6.877033	107.6200535	887.4	Align
24	gambar24.jpg	-6.8770295	107.6203074	887.4	Align
25	gambar25.jpg	-6.8770264	107.6205616	887.4	Align
26	gambar26.jpg	-6.8770233	107.620815	887.4	Align
27	gambar27.jpg	-6.8770202	107.6210692	887.39	Align
28	gambar28.jpg	-6.8770172	107.621323	887.39	Align
29	gambar29.jpg	-6.8771861	107.6213805	887.4	Align
30	gambar30.jpg	-6.8772021	107.621127	887.4	Align
31	gambar31.jpg	-6.8772049	107.6208728	887.4	Align
32	gambar32.jpg	-6.8772079	107.6206193	887.4	Align
33	gambar33.jpg	-6.877211	107.6203651	887.4	Align
34	gambar34.jpg	-6.8772141	107.6201109	887.4	Align
35	gambar35.jpg	-6.8772172	107.6198571	887.39	Align
36	gambar36.jpg	-6.8773879	107.6197908	887.39	Align
37	gambar37.jpg	-6.8773974	107.6200448	887.4	Align
38	gambar38.jpg	-6.877394	107.6202987	887.4	Align
39	gambar39.jpg	-6.8773909	107.6205522	887.4	Align
40	gambar40.jpg	-6.8773878	107.6208062	887.4	Align
41	gambar41.jpg	-6.8773847	107.6210604	887.4	Align
42	gambar42.jpg	-6.8773817	107.6213144	887.39	Align
43	gambar43.jpg	-6.8775503	107.6213789	887.39	Align
44	gambar44.jpg	-6.8775662	107.6211256	887.39	Align
45	gambar45.jpg	-6.8775688	107.6208716	887.4	Align
46	gambar46.jpg	-6.8775719	107.6206182	887.4	Align
47	gambar47.jpg	-6.877575	107.620364	887.4	Align
48	gambar48.jpg	-6.8775781	107.6201099	887.4	Align
49	gambar49.jpg	-6.8775812	107.6198557	887.39	Align



Gambar 11. Data citra foto yang Allign/1 pada resolusi 2448x2048 dengan cahaya 600 LUX



Gambar 12. Data citra foto yang Allign/1 pada resolusi 2448x2048 dengan cahaya 600 LUX

Dari percobaan pada resolusi 2448x2048 dengan cahaya 600 LUX dapat kita ketahui memiliki nilai akurasi 100% gambar yang saling berhubungan 1 sama lain. Dan peta 3D yang terbentuk sudah cukup sesuai dengan perencanaan pemetaan yang dilakukan.

B. Pengujian Nilai Posisi ketinggian Pengambilan Foto

Pengujian akan dilakukan dengan mengacu pada altitude MDPL daerah coblong yang sebenarnya yaitu 792 MDPL. Lalu, dilakukan dengan ketinggian 90m sehingga menjadi 882 MDPL.

Berdasarkan Tabel 5 dapat ditentukan nilai RMSE altitude yaitu sebesar 2,321 MDPL. Maka dari hasil RMSE tersebut menyatakan bahwa, nilai yang dihasilkan masih dibawah 5 meter dengan begitu hasil tersebut memenuhi kriteria untuk standar ketelitian pada level LOD 1 untuk perkotaan. Lalu, sesuai dengan tabel sampling oleh isaac dan micahel bahwa pada pengujian sampling dengan 42 data dari 49 memiliki tingkat error maksimal sebesar 10%.

Tabel 5. Data pengujian ketinggian pengambilan foto

No	Nama	Altitude Mission Planner (MDPL)	Altitude Sebenarnya (MDPL)	Error (MDPL)
1	gambar01.jpg	887.2	882	5.2
2	gambar02.jpg	887.32	882	5.32
3	gambar03.jpg	887.43	882	5.43
4	gambar04.jpg	887.42	882	5.42
5	gambar05.jpg	887.41	882	5.41
6	gambar06.jpg	887.4	882	5.4
7	gambar07.jpg	887.4	882	5.4
8	gambar08.jpg	887.39	882	5.39
9	gambar09.jpg	887.38	882	5.38
10	gambar10.jpg	887.39	882	5.39
11	gambar11.jpg	887.39	882	5.39
12	gambar12.jpg	887.4	882	5.4
13	gambar13.jpg	887.4	882	5.4
14	gambar14.jpg	887.4	882	5.4
15	gambar15.jpg	887.4	882	5.4
16	gambar16.jpg	887.41	882	5.41
17	gambar17.jpg	887.4	882	5.4
18	gambar18.jpg	887.4	882	5.4
19	gambar19.jpg	887.4	882	5.4
20	gambar20.jpg	887.39	882	5.39
21	gambar21.jpg	887.4	882	5.4
22	gambar22.jpg	887.38	882	5.38
23	gambar23.jpg	887.38	882	5.38
24	gambar24.jpg	887.39	882	5.39
25	gambar25.jpg	887.39	882	5.39
26	gambar26.jpg	887.39	882	5.39
27	gambar27.jpg	887.39	882	5.39
28	gambar28.jpg	887.4	882	5.4
29	gambar29.jpg	887.4	882	5.4
30	gambar30.jpg	887.41	882	5.41
31	gambar31.jpg	887.4	882	5.4
32	gambar32.jpg	887.4	882	5.4
33	gambar33.jpg	887.4	882	5.4
34	gambar34.jpg	887.4	882	5.4
35	gambar35.jpg	887.39	882	5.39
36	gambar36.jpg	887.39	882	5.39
37	gambar37.jpg	887.39	882	5.39
38	gambar38.jpg	887.4	882	5.4
39	gambar39.jpg	887.4	882	5.4
40	gambar40.jpg	887.4	882	5.4
41	gambar41.jpg	887.4	882	5.4
42	gambar42.jpg	887.4	882	5.4

IV. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, terdapat beberapa kesimpulan yang dapat ditarik diantaranya adalah Pemetaan 3D dapat dilakukan dengan metode fotogrametri yang dilakukan dengan Raspberry Pi dan Kamera. Kemudian, Pengambilan data citra foto dapat diambil dari raspberry pi dan data GPS dapat diambil log hasil misi pemetaan. Lalu, Pengujian pada kondisi/1dan resolusi yang berbeda dapat mempengaruhi ketajaman data citra foto. Semakin tinggi resolusi dan tingkat intensitas pencahayaan yang baik maka kualitas data citra photo semakin baik, apabila semakin rendah resolusi dan tingkat intensitas pencahayaan yang kurang baik maka kualitas data citra foto yang dihasilkan juga tidak baik. Nilai Akurasi hasil dari bentuk peta 3D yang dihasilkan memiliki nilai terendah sebesar 14,31% dan nilai tertinggi sebesar 100%, nilai akurasi tersebut menjadi parameter pendukung untuk keberhasilan pemetaan 3D dapat dilakukan dengan metode fotogrametri. Nilai RMSE yang dihasilkan pada pengujian ketinggian pengambilan foto memenuhi standar, yaitu sebesar 2,295 MDPL dan 2,321 MDPL nilai RMSE tersebut menjadi parameter pendukung untuk keberhasilan pemetaan 3D dapat dilakukan dengan metode fotogrametri. Nilai RMSE dari pengujian memiliki nilai dibawah 5 meter. Peta 3D yang dihasilkan dapat dijadikan analisis untuk perencanaan kota, karena telah memenuhi syarat RMSE yang ditentukan.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan yang diperoleh, maka saran yang dapat diberikan untuk melakukan pengembangan lebih lanjut antara lain:

1. Untuk penggunaan kamera selanjutnya, sebaiknya menggunakan kamera USB/1yang/1memiliki library open source dan support pada linux agar mudah terbaca.
2. Diharapkan untuk pengembangan selanjutnya dapat diimplementasikan pada drone/UAV secara langsung.

V. DAFTAR PUSTAKA

Aldalil, M., Seedahmed, G., Ali, A. Y., Aldalil, M. A., Almukashfi, Y. A., & Seedahmed, G. H. (2019). UAV 3D Photogrammetric Mapping & GIS Development Case Study: Khartoum Railway Station Sustainability issue in structural design

- View project Automatic Alignment of Geospatial Data View project UAV 3D Photogrammetric Mapping & GIS Development Case Study: Khartoum Railway Station. In *Available online at www.ejournals.uofk.edu UofKEJ* (Vol. 9). <https://www.researchgate.net/publication/340850031>
- Firdaus, Z. (2020). *Pemodelan Kota Tiga Dimensi Menggunakan Data LiDAR dan Foto Udara dengan Metode Semi Automatis (Studi Kasus: Area Pakuwon Trade Center, Kota.* <https://repository.its.ac.id/77870/>
- Gerakan Menuju Smart City.* (n.d.). Retrieved January 6, 2023, from <https://aptika.kominfo.go.id/2022/07/gerakan-menuju-100-smart-city-2/>
- Kriteria Smart City.* (n.d.). Retrieved January 6, 2023, from <https://dpu.kulonprogokab.go.id/detil/70/smart-city-bagian-2#>
- Lee, K. W., & Park, J. K. (2019a). Comparison of UAV image and UAV lidar for construction of 3D geospatial information. *Sensors and Materials*, 31(10), 3327–3334. <https://doi.org/10.18494/SAM.2019.2466>
- Lee, K. W., & Park, J. K. (2019b). Comparison of UAV image and UAV lidar for construction of 3D geospatial information. *Sensors and Materials*, 31(10), 3327–3334. <https://doi.org/10.18494/SAM.2019.2466>
- Potolea, R., Slavescu, R. R., IEEE Romania Section, & Institute of Electrical and Electronics Engineers. (n.d.). *Proceedings, 2017 IEEE 13th International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP) : Cluj-Napoca, Romania, September 7-9, 2017.*
- Putri, R. A., Rahayu, P., & Pemanfaatan, A. (n.d.). *Identifikasi Bias dalam Pemetaan Konvensional pada Skala Lingkungan: Studi kasus Kelurahan Sewu dan Purwodiningratan Identifying the Bias in Conventional Mapping at Neighborhood Scale: The case of Purwodiningratan and Sewu,* Surakarta. <https://jurnal.uns.ac.id/region>
- Shaw, L., Helmholtz, P., Belton, D., & Addy, N. (2019). Comparison of uav lidar and imagery for beach monitoring. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 42(2/W13), 589–596. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W13-589-2019>
- Sukarno, S. A., Atitallah, R.B. & Djemai, M. (2018), Approximation Algorithm for 3-Dimensional Vehicle Routing Problem for Fleet of Multi-Agents. *2018 6th International Conference on Control Engineering & Information Technology (CEIT)*, Istanbul, Turkey, pp. 1-6. doi: <https://doi.org/10.1109/CEIT.2018.8751928>
- Sukarno, S. A., & Erdani, Y. (2020). Desain Antarmuka Pada Vehicle Routing Problem Untuk Manajemen Armada Multi-Drone. *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 6(2), 7–14.
- Suzuki, T., Shiozawa, S., Yamaba, A., & Amano, Y. (2021). Forest data collection by uav lidar-based 3d mapping: Segmentation of individual tree information from 3D point clouds. *International Journal of Automation Technology*, 15(3), 313–323. <https://doi.org/10.20965/ijat.2021.p0313>