

Pemetaan Kawasan Politeknik Pertanian Negeri Samarinda Menggunakan Drone

Mapping the Samarinda State Agricultural Polytechnic Area Using Drones

Andrew Stefano*, Fathiah, Zainal Abidin

Politeknik Pertanian Negeri Samarinda, Jl. Samratulangi Samarinda 75131, Indonesia

*Corresponding Author: andrew.stefano@politisanamarinda.ac.id

Abstrak

Perubahan penggunaan lahan pada dasarnya tidak dapat dihindarkan dalam pelaksanaan pembangunan. Politeknik Pertanian Negeri Samarinda berdiri 1989-2021 beralamatkan di Gunung Panjang Provinsi Kalimantan Timur. Penelitian ini bertujuan pemetaan kawasan Politeknik Pertanian Negeri Samarinda. Metode menggunakan *overlapping* data pengukuran GPS dengan Peta BAPPEDA Kota Samarinda 2011-2031, pengolahan data drone dengan agisoft photoscan, overlay data drone dengan hasil data GPS dan peta BAPPEDA, dan hasil analisis kawasan di *crosscheck* dengan Citra Quick Bird. Hasil penelitian diperoleh peta kawasan Politeknik Pertanian Negeri Samarinda seluas 28,44 Ha, dengan batas wilayah sebelah Utara Politeknik Negeri Samarinda, sebelah Selatan pemukiman penduduk, sebelah timur pemukiman penduduk dan sebelah barat jalan. Karena belum adanya peta pengukuhan kawasan sehingga penelitian ini perlu dibuat. Pengukuhan suatu kawasan harus berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2021 tentang hak pengelolaan, hak atas tanah, satuan rumah susun, dan pendaftaran tanah.

Kata kunci: Drone, Interpretasi, Pemetaan

Abstract

Changes in land use are basically unavoidable in the implementation of development. The Samarinda State Agricultural Polytechnic was established from 1989 to 2021 with its address at Gunung Panjang, East Kalimantan Province. This study aims to map the area of the Samarinda State Agricultural Polytechnic. The method uses overlapping GPS measurement data with the BAPPEDA Map of Samarinda City 2011-2031, drone data processing with agisoft photoscan, drone data overlay with GPS data and BAPPEDA maps, and cross-checked area analysis results with Quick Bird imagery. The results of the study obtained a map of the Samarinda State Agricultural Polytechnic area of 28.44 hectares, with the northern boundary of the Samarinda State Polytechnic, the south of residential areas, east of residential areas and west of the road. Due to the absence of an area gazette map, this research needs to be made. The establishment of an area must be based on Government Regulation of the Republic of Indonesia Number 18 of 2021 concerning management rights, land rights, apartment units, and land registration.

Keywords: Drone, Interpretation, Mapping

I. PENDAHULUAN

Perubahan penggunaan lahan pada dasarnya tidak dapat dihindarkan dalam pelaksanaan pembangunan (Doyle et al., 1998; Gad & Kusky, 2006; García-álvarez et al., 2019). Pertumbuhan penduduk yang pesat serta bertambahnya tuntutan kebutuhan masyarakat akan lahan, seringkali mengakibatkan benturan kepentingan atas penggunaan lahan serta terjadinya ketidaksesuaian antara penggunaan lahan dengan rencana peruntukan (Brown et al., 2013; Chen et al., 2019; Cobb & Oliver, n.d.).

Perencanaan Suatu wilayah perlu adanya pertimbangan dalam merumuskan kebijakan keruangan yang menjadi bagian penting dalam usaha penggunaan lahan

(Africa et al., 2020; Bradter et al., 2019; Brenner et al., 2012). Pemantauan dan evaluasi penggunaan lahan sebagai dasar dalam penelitian diperlukan adanya identifikasi perilaku manusia sesuai dengan kepentingannya. Jumlah penduduk terus meningkat sehingga dengan keberadaan Kampus Politeknik Pertanian Negeri Samarinda meningkatkan minat mahasiswa untuk menuntut ilmu ke jenjang pendidikan yang lebih tinggi. Bukan hanya mahasiswa dari daerah setempat bahkan juga banyak mahasiswa dari luar daerah yang menuntut Kampus Politeknik Pertanian Negeri Samarinda mengalami perkembangan dalam hal pembangunan yang akan berpengaruh pada kondisi penggunaan lahan kampus.

Kondisi Kampus Politeknik Pertanian Negeri Samarinda saat ini masih memiliki lahan vegetasi yang cukup bervariasi, bermanfaat dalam pengembangan dan fasilitas yang belum optimal. Namun, belum pernah dilakukan pengukuran secara rinci terhadap lahan yang telah dimanfaatkan maupun lahan kosong Kampus Politeknik Pertanian Negeri Samarinda.

Politeknik Pertanian Negeri Samarinda berdiri 1989-2021 berlokasi di Sungai Keledang, Kecamatan Samarinda Seberang, Kota Samarinda, Kalimantan Timur 75242, terus membangun hingga kini. Terdapat beberapa bidang studi dengan Jurusan Manajemen Pertanian, Budidaya Tanaman Perkebunan, Teknologi Geomatika, Pengelolaan Hutan, Pengelolaan Lingkungan, Teknologi Rekayasa Perangkat Lunak, Masjid Kampus, Gedung Kuliah Bersama, Jurusan Teknologi Pertanian, Teknologi Hasil Hutan, Teknologi Rekayasa Kayu, Teknologi Hasil Perkebunan, Teknologi Hasil Hutan Asrama Mahasiswa Putra dan Putri. Berdasarkan Rencana Induk Pengembangan Kampus, Politeknik Pertanian Negeri Samarinda terus berkembang dan membangun ke depannya. Sejak tahun 1989-2021 belum ada pengukuran batas kawasan yang jelas untuk dibuatkan SK Batas Politeknik Pertanian Negeri Samarinda.

Teknologi modern Sistem Informasi Geografi (SIG) dan penginderaan jauh (inderaja) dapat digunakan untuk mendapatkan data spasial digital dengan cepat dan akurat, sehingga mampu menjawab masalah kebutuhan informasi para pemangku kebijakan (Mason et al., 2013; P. Mitchell et al., 2018; P. J. Mitchell et al., 2018). Multi konsep dalam inderaja mampu memberikan berbagai informasi spasial dan multi informasi yang lain (multi spektral, multi sensor, multi spasial, multi waktu, multi polarisasi dan multi tahap (Ottosen et al., 2020; Petrognani & Robert, 2020; Puhr et al., 2014).

Dalam empat tahun terakhir, berbagai jenis peranti tanpa awak telah digunakan oleh kalangan sipil dan ilmiah (Rafaelli et al., 2001; Ryu et al., 2014; Smith, 2016). Peranti tersebut dilengkapi dengan berbagai macam peralatan untuk memberikan data dalam berbagai aplikasi. Salah satu nya adalah pesawat tanpa awak (*Unmanned Aerial Vehicle-UAV*)

yang berkembang pesat untuk aplikasi penginderaan jauh (Steiniger & Hunter, 2013; Thomas et al., 2015; Wang, 2005). UAV merupakan jenis pesawat terbang yang dikendalikan alat sistem kendali jarak jauh lewat gelombang radio (Werner et al., 2020; Yu et al., 2015; Zaslavsky et al., 2003). Banyak penelitian menggunakan *platform* ini.

Dengan menggunakan UAV, data dapat diperoleh dengan biaya relatif rendah, dalam waktu relatif cepat, dan aman dalam berbagai kondisi cuaca. UAV merupakan sistem tanpa awak (*Unmanned System*), yaitu sistem berbasis elektro-mekanik yang dapat melakukan misi-misi terprogram, dengan karakteristik: (i) tanpa awak pesawat, (ii) beroperasi pada mode mandiri baik secara penuh atau sebagian, (iii) Sistem ini dirancang untuk dapat dipergunakan secara berulang (Yu et al., 2015; Zaslavsky et al., 2003; Zeilhofer & Piazza, 2008).

Teknologi pemetaan tanpa awak menjadi pilihan alternatif di samping teknologi pemetaan lainnya seperti pemotretan udara baik skala besar dan kecil berawak serta pemetaan berbasis satelit (Thomas et al., 2015; Wang, 2005; Werner et al., 2020). Teknologi ini sangat menjanjikan untuk diaplikasikan dikembangkan dan sesuai karakteristik topografis dan geografis Indonesia (Ryu et al., 2014; Smith, 2016; Steiniger & Hunter, 2013). Salah satu contoh UAV disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. UAV dengan kemampuan membawa muatan sekitar 5 kg (kiri) dan kamera multispectral VNIR untuk pemetaan kawasan

UAV biasanya dilengkapi dengan alat atau sistem pengendali terbang melalui gelombang radio, navigasi presisi (*Ground Positioning System* GPS dan Pengukuran *Inertial Unit*), dan elektronik kontrol penerbangan, dan peralatan kamera resolusi tinggi (P. Mitchell et al., 2018; P. J. Mitchell et al., 2018; Ottosen et al., 2020). UAV dapat pula dilengkapi kamera multispectral. Kamera tersebut mempunyai

band merah, hijau, dan NIR (*Near Infra-Red*) mendekati band 2, 3, dan 4 pada citra Landsat TM, yang dapat digunakan untuk menghitung nilai kehijauan tanaman, seperti *Normalized Differences Vegetation Index* (NDVI), *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI), dan kanopi tanaman (Lu et al., 2011; Malczewski, 2004; Mason et al., 2013).

Selain itu, penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa sistem UAV juga memungkinkan dilengkapi dengan sensor laser untuk menghasilkan citra tiga dimensi, sebagai pendukung pemetaan elevasi lahan, *Digital Elevation Model* (DEM) (Hossain & Meng, 2020; Kabiri et al., 2018; Koshkarev et al., 2008).

Sensor laser yang berupa kamera super bersudut lebar (*super-wide-angle*) dari empat digital kamera yang dirancang khusus dan dipasang di berbagai arah sumbu optik, untuk mengambil gambar dari 4 sudut pandang yang berbeda agar gambar yang dihasilkan *overlapping* untuk dapat menghasilkan citra foto tiga dimensi (Africa et al., 2020; Bradter et al., 2019; Brenner et al., 2012). Salah satu jenis UAV, *Aerosonde*, telah dikembangkan secara komersial sejak tahun 1993 dan diperuntukkan untuk berbagai misi ilmiah (Gad & Kusky, 2006; García-álvarez et al., 2019; Hobbs & Chan, 1990). UAV ini dapat membawa berbagai jenis sensor termasuk pencitraan panchromatic, inframerah dan *barometric* (Chen et al., 2019; Cobb & Oliver, n.d.; Doyle et al., 1998).

UAV banyak digunakan untuk memonitor sumber daya alam. UAV mudah tersedia, dan dapat menjangkau areal yang luas, dengan perlengkapan sensor relatif kecil, GPS, dan perangkat keras yang terkait lainnya (Bradter et al., 2019; Brenner et al., 2012; Brown et al., 2013). Sejauh ini UAV telah digunakan untuk mendapatkan citra penginderaan jauh seperti pemantauan kebakaran dan bencana alam, pengamatan satwa liar, dan pengukuran an vegetasi dalam kebun anggur, tanaman, hutan, dan "*rangeland*" (Africa et al., 2020; Bradter et al., 2019; Brenner et al., 2012).

Kualitas dan resolusi citra yang dihasilkan UAV tergantung pada ketinggian terbang, dan jenis serta karakteristik sensor. Sebagai contoh, UAV

yang terbang pada 215 m di atas tanah, dilengkapi dengan kamera digital yang umum digunakan oleh masyarakat, dapat memperoleh citra beresolusi piksel sekitar 6 cm. Sedangkan kamera *Near Infra-Red* (NIR) dengan panjang vokal 8,5mm, ketinggian terbang 2.500 feet (H" 762 meter) di atas permukaan tanah, citra yang diperoleh mempunyai resolusi piksel sekitar 0,5 meter dengan cakupan citra 1,28 km (panjang) dengan lebar $\frac{3}{4}$ panjangnya.

Alat pengindera yang diterbangkan pada UAV antara lain kamera video, pengindera multispectral dan hyperspektral, pengindraan thermal, *synthetic aperture radar* (SAR), dan pengindraan atmosfer. Citra yang diperoleh dari UAV mirip dengan berbagai jenis foto udara.

Permasalahan Politeknik Pertanian Negeri Samarinda belum memiliki peta batas kawasan sejak tahun 1989, sehingga perlu adanya penelitian hal tersebut. Urgensi penelitian untuk menentukan batas serta pengukuhan kawasan kampus Politeknik Pertanian Negeri Samarinda.

Tujuan penelitian melakukan pemetaan kawasan Politeknik Pertanian Negeri Samarinda.

II. METODE

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kampus Politeknik Pertanian Negeri Samarinda selama 4 (empat) bulan Gambar 2.

Pengumpulan Data

Pelaksanaan pengumpulan data sebagai berikut:

- Data Primer, didapatkan dengan cara mengadakan survei lapangan dengan observasi, yaitu melakukan survei langsung ke lokasi. Hal ini mutlak diperlukan untuk mengetahui kondisi sebenarnya lokasi penelitian. Pengambilan data dengan menggunakan drone sebagai dasar pemetaan kawasan Kampus Politeknik Pertanian Negeri Samarinda
- Data Sekunder, didapatkan dari peta BAPPEDA Kota Samarinda 2011-2031, berbagai referensi, dan citra Quick Bird.

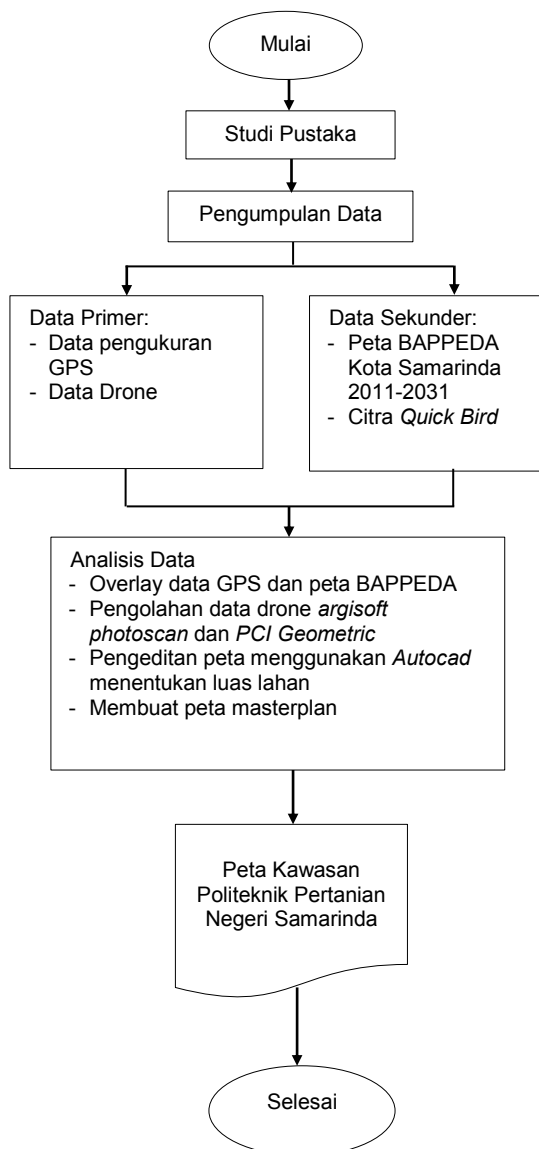
Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini:

- Peta BAPPEDA Kota Samarinda 2011-2031

- b. *Personal computer Intel Core i7, RAM 16 Gb, OS Windows 10*
- c. *Software yang digunakan Microsoft office 2013, Argisoft Photoscan, PCI Geometric 2015, dan Autocad.*
- d. *Drone Phantom 4*
- e. *Citra Quick bird*

Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian pemetaan kawasan lahan Kampus Politeknik Pertanian Negeri dapat dilihat pada Gambar 2.



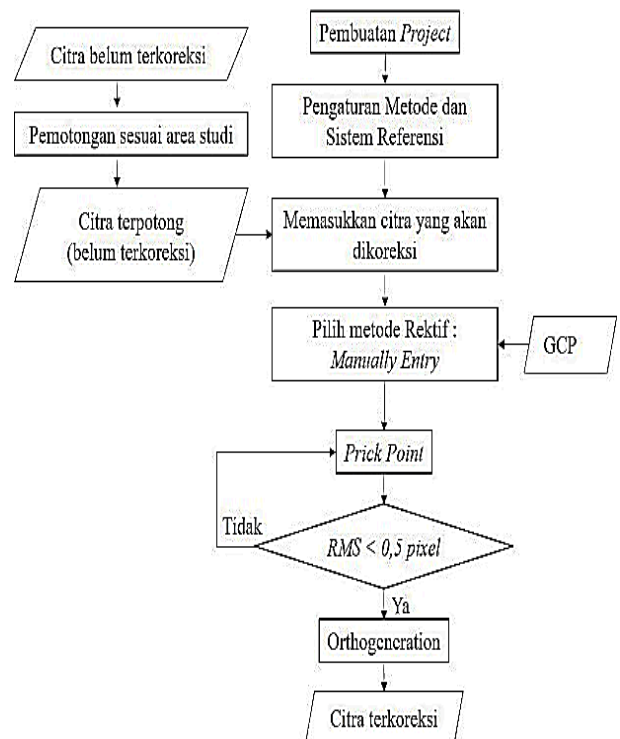
Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

Pengolahan data

- Hasil pengukuran data GPS, diolah dengan menggunakan *software Mapsource*, lalu ditransfer ke *Autodesk Map* untuk memperoleh peta batas kawasan Politeknik Pertanian Negeri Samarinda.
- Hasil pengukuran data GPS dioverlay dengan peta BAPPEDA untuk memperoleh batas kawasan.
- Data Drone diolah menggunakan *software Argisoft Photoscan* untuk mendapatkan citra drone 3D kawasan
- Data drone di *overlay* dengan Peta hasil *overlay* data GPS dan peta BAPPEDA untuk menganalisis kawasan menggunakan *Autodesk Map* (Gambar 5).
- Hasil analisis kawasan di *crosscheck* dengan *Citra Quick Bird*

Analisis data drone

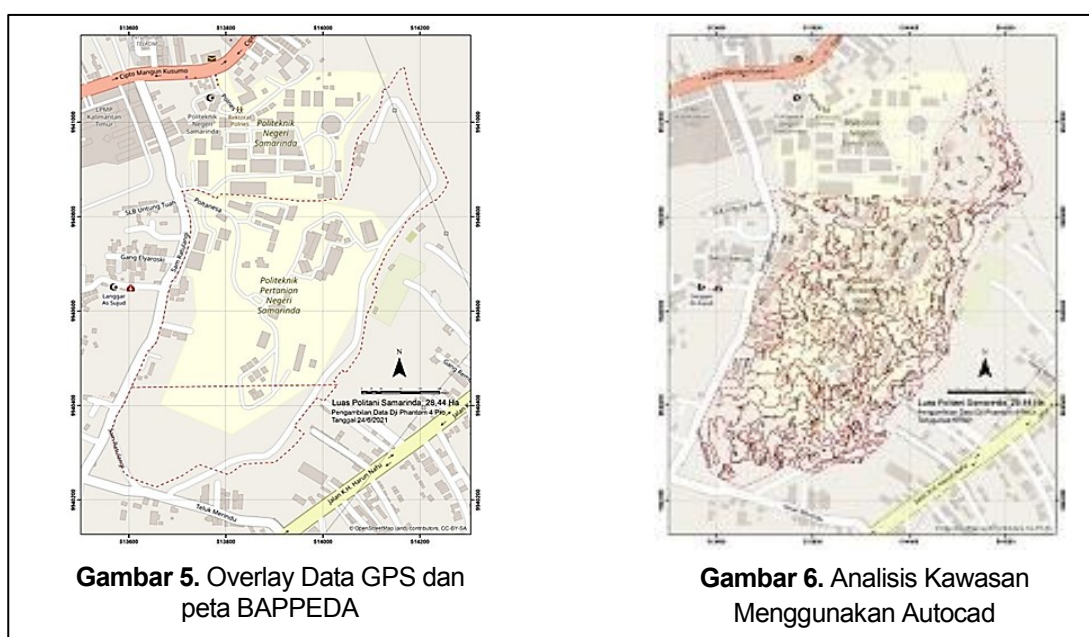
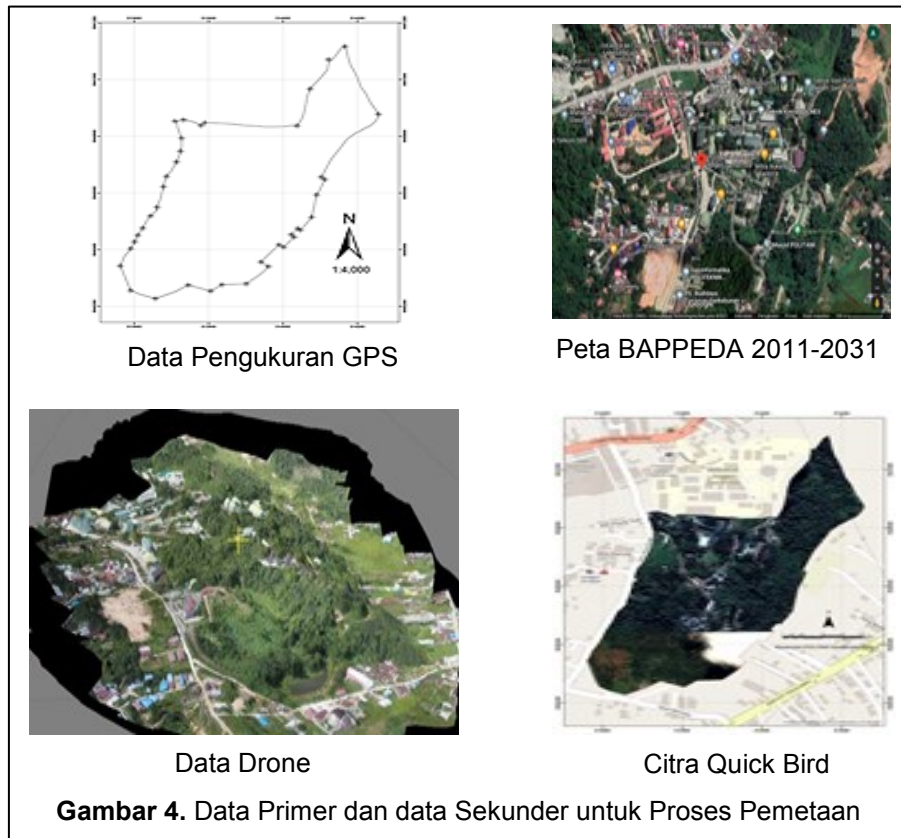
Data drone diolah dengan *Argisoft photoscan* dan koreksi koordinat dengan *PCI Geometric* (Gambar 3).



Gambar 3. Koreksi Geometrik Citra

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini adalah hasil pengumpulan data primer dan data sekunder yang digunakan untuk proses pemetaan kawasan Politeknik Pertanian Negeri Samarinda (Gambar 4). Overlay GPS dan peta BAPPEDA dapat dilihat pada Gambar 5. Adapun hasil akhir pemetaan dapat dilihat pada Gambar 7.





Gambar 7. Peta Kawasan Politeknik Pertanian Negeri Samarinda

Berdasarkan Gambar 5 menunjukkan hasil overlay data GPS dan peta BAPPEDA menentukan tata batas kawasan Politeknik Negeri Samarinda dengan diluar kawasan. Karena belum ada peta batas wilayah sehingga mengakibatkan penyerobotan kawan oleh masyarakat.

Kebutuhan masyarakat akan lahan, seringkali mengakibatkan benturan kepentingan atas penggunaan lahan antara penggunaan lahan dengan rencana peruntukan (Brown et al., 2013; Chen et al., 2019; Cobb & Oliver, n.d.).

Berdasarkan gambar 7 menunjukkan hasil analisis peta drone dan *crosscheck* citra *Quick bird* menggunakan software *Autodesk Map* diperoleh peta kawasan Politeknik Pertanian Negeri Samarinda seluas 28,44 Ha, dengan batas wilayah sebelah Utara Politeknik Negeri Samarinda, sebelah Selatan pemukiman penduduk, sebelah timur pemukiman penduduk dan sebelah barat jalan. Karena belum adanya peta pengukuhan kawasan sehingga penelitian ini perlu dibuat.

Pengukuhan suatu kawasan harus berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2021 tentang hak pengelolaan, hak atas tanah, satuan rumah susun, dan pendaftaran tanah.

IV. KESIMPULAN

Hasil overlay data GPS dan peta BAPPEDA menentukan tata batas kawasan Politeknik Negeri Samarinda dengan diluar kawasan. Karena belum ada peta batas wilayah sehingga mengakibatkan penyerobotan kawan oleh masyarakat.

Hasil analisis peta drone dan *crosscheck* citra *Quick bird* menggunakan software *Autodesk Map* diperoleh peta kawasan Politeknik Pertanian Negeri Samarinda seluas 28,44 Ha, dengan batas wilayah sebelah Utara Politeknik Negeri Samarinda, sebelah Selatan pemukiman penduduk, sebelah timur pemukiman penduduk dan sebelah barat jalan. Karena belum adanya peta pengukuhan kawasan sehingga penelitian ini perlu dibuat.

V. Ucapan Terima kasih

Penelitian ini di danai dari Sertifikasi Dosen Kementerian Ristek DIKTI Tahun 2021.

DAFTAR PUSTAKA

- Africa, S., Gyamfi-ampadu, E., Gebreslasie, M., & Mendoza-ponce, A. (2020). Remote Sensing Applications: Society and Environment Mapping natural forest cover using satellite imagery of Nkandla forest. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 18 (March), 100302. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100302>
- Bradter, U., Connell, J. O., Kunin, W. E., Boffey, C. W. H., Ellis, R. J., & Benton, T. G. (2019). Classifying grass-dominated habitats from remotely sensed data: the influence of spectral resolution, acquisition time and the vegetation classification system on accuracy and thematic resolution. *Science of the Total Environment*, 134584. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134584>
- Brenner, J. C., Christman, Z., & Rogan, J. (2012). Segmentation of Landsat Thematic Mapper imagery improves buffelgrass (*Pennisetum ciliare*) pasture mapping in the Sonoran Desert of Mexico. *Applied Geography*, 34, 569–575. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2012.02.008>
- Brown, M., Sharples, S., & Harding, J. (2013). Introducing PEGI: A usability process for the practical evaluation of Geographic Information. *Journal of Human Computer Studies*, 71(6), 668–678. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2013.01.004>
- Chen, S., Wang, W., & Liang, H. (2019). Evaluating the effectiveness of fusing remote sensing images with significantly different spatial resolutions for thematic map production. *Physics and Chemistry of the Earth*, 110(September 2018), 71–80. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2018.09.002>
- Cobb, D. A., & Oliver, A. (n.d.). *Online GE Service*. 0, 484–497.
- Doyle, S., Dodge, M., & Smith, A. (1998). *THE POTENTIAL OF WEB-BASED MAPPING AND VIRTUAL REALITY TECHNOLOGIES FOR MODELLING*

- URBAN ENVIRONMENTS. 22(2), 137–155.
- Gad, S., & Kusky, T. (2006). *Lithological mapping in the Eastern Desert of Egypt, the Barramiya area , using Landsat thematic mapper (TM). 44*, 196–202. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2005.10.014>
- García-álvarez, D., Lloyd, C. D., Delden, H. Van, Teresa, M., & Olmedo, C. (2019). Computers , Environment and Urban Systems Thematic resolution in fl uence in spatial analysis . An application to Land Use Cover Change (LUCCL) modelling calibration. *Computers, Environment and Urban Systems*, 78(April), 101375. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2019.101375>
- Hobbs, F., & Chan, C. (1990). *AutoCAD as a cartographic training tool : a case study*. 22(3).
- Hossain, M. K., & Meng, Q. (2020). Computers , Environment and Urban Systems A thematic mapping method to assess and analyze potential urban hazards and risks caused by flooding. *Computers, Environment and Urban Systems*, 79(August 2019), 101417. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2019.101417>
- Kabiri, K., Rezai, H., & Moradi, M. (2018). Mapping of the corals around Hendorabi Island (Persian Gulf), using WorldView-2 standard imagery coupled with fi eld observations. *Marine Pollution Bulletin*, 129(1), 266–274. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.02.045>
- Koshkarev, A. V., Antipov, A. N., Batuyev, A. R., Yermoshin, V. V., & Karakin, V. P. (2008). *Geo-portals as part of spatial data infrastructures : Russian Academy-supported resources and geoservices*. 29, 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.gnr.2008.04.005>
- Lu, D., Li, G., Moran, E., Batistella, M., & Freitas, C. C. (2011). ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing Mapping impervious surfaces with the integrated use of Landsat Thematic Mapper and radar data : A case study in an urban – rural landscape in the Brazilian Amazon. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 66(6), 798–808. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2011.08.004>
- Malczewski, J. (2004). *GIS-based land-use suitability analysis : a critical*. 62, 3–65. <https://doi.org/10.1016/j.progress.2003.09.002>
- Mason, P. J., London, I. C., Partnership, H. M. E., & Clacton, G. (2013). REMOTE SENSING | GIS ☆. In *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences* (Issue April). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.02955-9>
- Mitchell, P., Downie, A., & Diesing, M. (2018). How good is my map? A tool for semi-automated thematic mapping and spatially explicit confidence assessment. *Environmental Modelling and Software*. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.07.014>
- Mitchell, P. J., Downie, A., & Diesing, M. (2018). Environmental Modelling & Software How good is my map? A tool for semi-automated thematic mapping and spatially explicit confidence assessment. *Environmental Modelling and Software*, 108(October 2017), 111–122. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.07.014>
- Ottosen, T., Hanson, M., & Skjøth, C. A. (2020). *Int J Appl Earth Obs Geoinformation Tree cover mapping based on Sentinel-2 images demonstrate high thematic accuracy in Europe*. 84(June 2019), 101947. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.101947>
- Petrognani, S., & Robert, E. (2020). Journal of Archaeological Science: Reports Dating without dates: Stylistic and thematic chronologies in the Paleolithic painted caves of Les Bernoux and Saint-Front (Dordogne , France). *Journal of Archaeological Science: Reports*, 31(February), 102260. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102260>
- Puhr, K., Schultz, S., Pikelj, K., Petricioli, D., & Bakran-petricioli, T. (2014). Science of the Total Environment The

- performance , application and integration of various seabed classification systems suitable for mapping *Posidonia oceanica* (L .) Delile meadows. *Science of the Total Environment, The*, 470–471, 364–378. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.09.103>
- Rafaelli, S. G., Montgomery, D. R., & Greenberg, H. M. (2001). *A comparison of thematic mapping of erosional intensity to GIS-driven process models in an Andean drainage basin*. 244, 33–42.
- Ryu, J., Choi, J., & Lee, Y. (2014). Ocean & Coastal Management Potential of remote sensing in management of tidal flats: A case study of thematic mapping in the Korean tidal flats. *Ocean and Coastal Management*, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.03.003>
- Smith, D. A. (2016). *Computers , Environment and Urban Systems Online interactive thematic mapping: Applications and techniques for socio-economic research*. *CEUS*, 57, 106–117. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2016.01.002>
- Steiniger, S., & Hunter, A. J. S. (2013). *Computers , Environment and Urban Systems The 2012 free and open source GIS software map – A guide to facilitate research , development , and adoption*. *Computers, Environment and Urban Systems*, 39, 136–150. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2012.10.003>
- Thomas, R. F., Kingsford, R. T., Lu, Y., Cox, S. J., Sims, N. C., & Hunter, S. J. (2015). *Mapping inundation in the heterogeneous floodplain wetlands of the Macquarie Marshes , using Landsat Thematic Mapper*. 524, 194–213. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.02.029>
- Wang, X. (2005). *Integrating GIS , simulation models , and visualization in traffic impact analysis*. 29, 471–496. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2004.01.002>
- Werner, R., Agnol, D., Michelon, G. K., Bazzi, C. L., Sérgio, P., Magalhães, G., Godoy, E., Souza, D., Miguel, N., & Sobjak, R. (2020). Web applications for spatial analyses and thematic map generation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 172(October 2019), 105374. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105374>
- Yu, L., Shi, Y., & Gong, P. (2015). *Land cover mapping and data availability in critical terrestrial ecoregions: A global perspective with Landsat thematic mapper plus data*. 190, 34–42. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.05.009>
- Zaslavsky, I., Diego, S., & Diego, S. (2003). *Online Cartography with XML*. 1998.
- Zeilhofer, P., & Piazza, V. (2008). *GIS and ordination techniques for evaluation of environmental impacts in informal settlements: A case study from Cuiaba central Brazil*. 28, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2007.07.009>