

PENERAPAN APLIKASI ARCGIS DALAM PEMBUATAN PETA TOPOGRAFI PADA PENDIDIKAN NAVIGASI DARAT MPA JAMARSINGSIA IAIN BUKITTINGGI

Ilham Rosia¹, Sarwo Derta², Liza Efriyanti³, Riri Okra⁴

¹Universitas Islam Negeri Sjech M.Djamil Djambek Bukittinggi, Bukittinggi, Indonesia

^{2,3,4}Universitas Islam Negeri Sjech M.Djamil Djambek Bukittinggi, Bukittinggi, Indonesia
ilhamrosia98@gmail.com

Abstract: *The background of the author discusses the title because MPA Jamarsingsia in field practice still uses one topographic map simultaneously and the coverage area is quite wide, with the lack of field practice equipment causing difficulties for members and instructors in carrying out land navigation field education. The main issue that the authors study in the research in this thesis is how to design a topographic map using the ArcGIS application that is able to produce contour lines precisely and accurately. The general objective to be achieved in this research is to determine the design of a topographic map using the ArcGIS application that is able to produce precise and accurate contours. This research is a research with the RnD (Research and Development) method with the research method used to produce a particular product and test the effectiveness of a product. This RnD research uses the Luther-Sutopo version of the multimedia development model. The stages in Luther-Sutopo's research are concept (conception), design (design), Material collecting (data collection), assembly (manufacture), testing (testing), and distribution (distribution). This study produced a topographic map of Ngarai Sianok with a scale of 1:6000 and a 10-meter interval between contour lines and a topographic map of the IAIN Bukittinggi area with a scale of 1:500 and an interval between contour lines of 5 meters for media in Land Navigation Education MPA Jamarsingsia. Based on the results of the validity, practicality and effectiveness test, it is stated that the topographic map that the author designed in this study was declared very valid with an average value of 0.92, very practical with an average value of 0.96 and very effective with an average value of 0.79 . Keywords: ArcGIS Applications, Topographic Maps, Land Navigation*

Keywords: *ArcGIS Applications, Topographic Maps, Land Navigation*

Abstrak: Latar belakang penulis membahas judul tersebut karena MPA Jamarsingsia dalam praktik lapangan masih menggunakan satu peta topografi secara bersamaan dan daerah cangkupan yang lumayan luas, dengan kurangnya perlengkapan praktek lapangan mengakibatkan kesulitan bagi anggota maupun instruktur dalam melaksanakan pendidikan lapangan navigasi darat. Persoalan pokok yang menjadi kajian penulis dalam penelitian pada skripsi ini adalah bagaimana merancang sebuah peta topografi dengan menggunakan aplikasi ArcGIS yang mampu menghasilkan garis kontur dengan tepat dan akurat. Tujuan umum yang ingin dicapai dalam penelitian ini diantaranya adalah untuk mengetahui rancangan sebuah peta topografi dengan menggunakan aplikasi ArcGIS yang mampu menghasilkan kontur dengan tepat dan akurat. Penelitian ini merupakan penelitian dengan metode RnD (Research and Development) dengan metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan suatu produk tertentu dan menguji keefektifan suatu produk. Penelitian RnD ini dengan model pengembangan multimedia versi Luther-Sutopo. Adapun tahapan dalam penelitian Luther-Sutopo adalah konsep (pengonsepan), desain (perancangan), Material collecting (Pengumpulan data), assembly (pembuatan), testing (pengujian), dan distribution (penyebaran). Penelitian ini menghasilkan peta topografi Ngarai Sianok dengan skala 1:6000 dan interval 10 meter antar garis kontur dan peta topografi kawasan IAIN Bukittinggi dengan skala 1:1.500 dan interval antar garis kontur sebesar 5 meter untuk media dalam pendidikan Navigasi Darat MPA Jamarsingsia. Berdasarkan dari hasil uji validitas, praktilitas dan efektivitas menyatakan bahwa peta topografi yang penulis rancang dalam penelitian ini dinyatakan sangat valid dengan nilai rata-rata 0.92, sangat praktis dengan nilai rata-rata 0,96 dan sangat efektif dengan nilai rata-rata 0,79.

Kata kunci: Aplikasi ArcGIS, Peta Topografi, Navigasi Darat

Pendahuluan

Peta topografi menampilkan gambaran permukaan bumi yang dapat diidentifikasi,

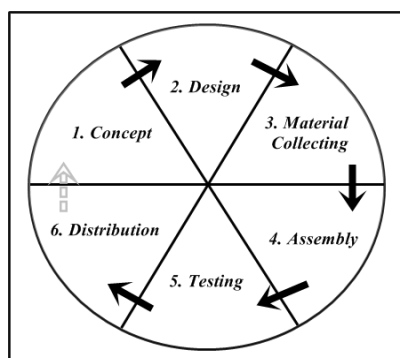
berupa obyek alami maupun buatan. Peta topografi menyajikan obyek-obyek dipermukaan bumi dengan ketinggian yang dihitung dari permukaan air laut dan digambarkan dalam bentuk garis-garis kontur, dengan setiap satu garis kontur mewakili satu ketinggian. Pada peta topografi dibutuhkan ilmu navigasi untuk dapat menentukan posisi maupun arah dalam peta maupun medan sebenarnya. Hal ini sejalan dengan pengertian navigasi. Navigasi merupakan cara menentukan posisi dan arah perjalanan baik di medan sebenarnya maupun di peta. Sedangkan navigasi darat merupakan bagian dari ilmu untuk menentukan posisi suatu objek dan arah perjalanan, baik pada medan sebenarnya maupun pada peta. Dari pengertian yang lain navigasi darat merupakan penentuan posisi dan arah perjalanan baik di arah sebenarnya maupun pada peta dengan menggunakan alat seperti kompas dan peta.

Demikian juga dengan perlunya peta topografi untuk pendidikan di sebuah lembaga/organisasi yang menggunakan peta topografi tersebut, seperti Organisasi Mahasiswa Pecinta Alam (MPA) Jamarsingsia Institut Agama Islam Negeri (IAIN) Bukittinggi, yang menggunakan peta topografi dalam Pendidikan Navigasi Darat. Pendidikan dan latihan dasar biasanya dilakukan pada lokasi yang tidak umum seperti hutan konservasi atau kawasan hutan yang memungkinkan untuk peserta mempelajari ilmu dasar pemahaman tentang olah raga alam bebas. Kegiatan ini biasanya menghabiskan waktu kurang lebih satu minggu di alam bebas. Dan dalam pelaksanaan tersebut biasanya memerlukan peralatan khusus seperti alat camp, navigasi, tali temali dan lain sebagainya. Terkhusus pada pendidikan navigasi darat memiliki kendala dalam pelaksanaannya yang disebabkan kurangnya perlengkapan pokok yaitu peta topografi sehingga menghambat anggota dalam memahami materi yang diajarkan. Padahal dengan perkembangan teknologi informasi saat sekarang seharusnya mampu memberikan banyak kemudahan, baik bagi anggota MPA Jamarsingsia maupun lembaga-lembaga yang membutuhkan peta topografi ini.

Salah satunya aplikasi dalam membuat peta yaitu aplikasi ArcGIS, ArcGIS yaitu Aplikasi yang dapat digunakan dalam membuat peta, mengolah, membuat dan menyusun. Dari pembuatan peta daerah aliran sungai disertai penggunaan lahannya dengan menggunakan ArcGis dapat menghasilkan langkah-langkah mencari data, proses hingga hasil akhirnya. ArcGIS adalah perangkat yang sangat populer dan andal dalam melakukan tugas-tugas Sistem Informasi Geografis (GIS). Keandalan ArcGIS tidak saja dalam hal membuat peta, melainkan yang lebih utama adalah membantu praktisi SIG melakukan analisis, pemodelan, dan pengelolaan data spasial secara efektif dan efisien. Salah satu bentuk data yang dapat diolah oleh ArcGIS adalah data DEM yang mampu menggambarkan geometri muka bumi. Oleh karena itu penulis bermaksud untuk membuat peta topografi agar kendala di atas bisa diminimalisir dan pendidikan navigasi darat di MPA Jamarsingsia bisa menjadi lebih efektif.

Metode

Jenis yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian dan pengembangan Research and Development (R&D). R&D didefinisikan sebagai metode penelitian yang secara sengaja, sistematis, bertujuan/diarahkan untuk mencari temuan, merumuskan, memperbaiki, mengembangkan, menghasilkan, menguji keefektifan produk, model, metode/strategi, prosedur tertentu yang lebih unggul, baru, efektif, efisien, produktif, dan bermakna. Definisi lain tentang Research and Development, yaitu penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut. Research and Development merupakan suatu proses atau langkah-langkah untuk mengembangkan suatu produk baru atau menyempurnakan yang telah ada yang dapat dipertanggungjawabkan. Dari beberapa model yang ada, penulis menerapkan model pengembangan multimedia versi Luther-Sutopo. Menurut Luther, model pengembangan multimedia terdiri dari enam tahap, yaitu Concept (pengonsepan), Design (pendesainan), Material Collecting (pengumpulan materi), Assembly (pembuatan), testing (pengujian), distribution (pendistribusian).



Gambar 1.

Tahapan Pengembangan Multimedia versi luther-sutopo

(1) Concept merupakan langkah awal dilakukan untuk penentuan tujuan yang meliputi tujuan media, identifikasi pengguna serta bentuk media. (2) Design adalah Pada tahap ini dilakukan untuk membuat spesifikasi dari arsitektur mobile learning, gaya, tampilan, dan kebutuhan material/bahan untuk media. (3) Material Collecting adalah tahap pengumpulan bahan yang sesuai dengan kebutuhan yang dikerjakan. Bahan-bahan tersebut, antara lain gambar clip art, foto, animasi, video, audio dan lain-lain yang dapat diperoleh secara gratis atau dengan pemesanan kepada pihak lain sesuai rancangannya. (4) Assembly adalah tahap pembuatan semua objek atau bahan media. (5) testing merupakan tahapan pengujian, dilakukan apabila selesai proses pembuatan dengan cara menjalankan aplikasi/program dan melihat apakah ada kesalahan pada aplikasi atau aplikasi tersebut berjalan sesuai dengan keinginan. (6) distribution merupakan tahap penyimpanan produk ke media penyimpanan.

Hasil dan Pembahasan

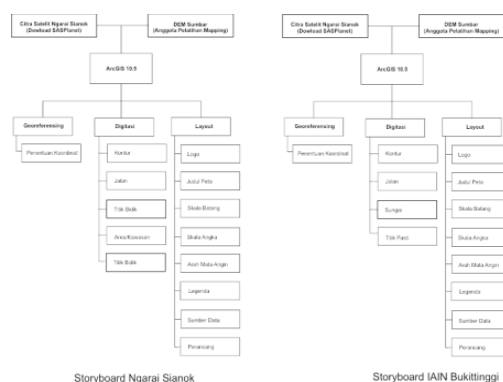
Hasil penelitian penerapan Aplikasi ArcGIS dalam pembuatan peta Topografi pada Pendidikan Navigasi Darat MPA Jamarsingsia IAIN Bukittinggi, Penelitian ini telah dilaksanakan dengan hasil berupa peta topografi Ngarai Sianok dengan skala 1:6.000 dan interval antar garis kontur sebesar 10 meter dan peta topografi kawasan IAIN Bukittinggi dengan skala 1:1.500 dan interval antar garis kontur sebesar 5 meter. Hasil penelitian ini juga diperkuat dengan adanya angket yang peneliti buat dan disebarakan untuk memperoleh hasil uji validitas, praktikalitas, dan efektifitas terhadap media berupa peta topografi yang dapat dilihat pada lampiran skripsi penelitian ini.

Concep (Pengonsepan)

Peta topografi yang penulis rancang adalah peta topografi Ngarai Sianok dan peta topografi IAIN Bukittinggi karena MPA Jamarsingsia pada saat ini membutuhkan peta topografi Ngarai Sianok dan IAIN Bukittinggi sebagai wahana dalam melakukan pendidikan navigasi darat. Perancangan peta topografi ini penulis menggunakan aplikasi ArcGIS 10.5.

Design (Perancangan)

Berikut penjelasan tahap design yang penulis gambarkan dengan storyboard :



Gambar 2. Storyboard

Citra satelit, untuk mendapatkan dengan cara mendownload menggunakan aplikasi SASPlanet



Gambar 3. (a) Citra Satelit IAIN Bukittinggi (b) Citra Satelit Ngarai Sianok

Digital Elevation Model (DEM) adalah model digital yang memberikan informasi bentuk permukaan bumi dalam bentuk data raster, vektor atau bentuk data lainnya. DEM memuat informasi ketinggian dan kemiringan yang mempermudah interpretasi. ArcGIS adalah aplikasi yang digunakan oleh penulis untuk melakukan pengolahan data sehingga menjadi sebuah peta topografi. Dalam melaksanakan pengolahan data pada arcgis terdapat 3 (tiga) tahapan yaitu tahap Georeferencing, tahap Digitasi, dan layout.

Material Collecting

Dalam tahap material collecting ini peneliti mengumpulkan bahan sesuai dengan kebutuhan yang dikerjakan pada tahap perancangan peta topografi. Data yang telah peneliti kumpulkan berupa Citra Ngarai Sianok dan Citra IAIN Bukittinggi (lokasi yang dibutuhkan MPA Jamarsingia melakukan pendidikan navigasi darat), dan Data DEM Sumbar. Tahapan ini dilaksanakan secara parallel dengan assembly.

Assembly (Pembuatan)

Download peta citra satelit, Untuk mendownload citra satelit biasa menggunakan aplikasi SasPlanet, Google Earth Pro, USGS dan Lainnya. Pada kali ini penulis mendownload peta citra satelit yaitu menggunakan aplikasi SASPlanet. Untuk melakukan penampilan dari peta yang di inginkan bisa menggunakan berbagai satelit seperti Google, Yandex, Kosmosnimki.ru, Bing, Yahoo!, Orther maps, Histic, Local maps dan lainnya. Namun pada kali ini penulis menggunakan satelit Bing Maps.

ArcGIS / ArcMaps, Setelah mendownload peta citra satelit menggunakan aplikasi SASPlanet, barulah masuk dalam pengeditan dengan menggunakan Aplikasi ArcGis/ArcMaps. ArcGis yang penulis gunakan saat ini yaitu ArcGis 10.5. (1) Digitasi merupakan bagian dari proses pemetaan digital. Secara umum dapat didefinisikan sebagai proses konversi data analog ke dalam format digital. Objek-objek tertentu seperti jalan, rumah, sawah, dan lain-lain yang sebelumnya dalam format raster maka menjadi objek-objek vektor.

Gambar 4. Digitasi

(1) Konversi Koordinat ke UTM, Cara konversi garis koordinat WGS menjadi garis koordinat UTM dengan langkah sebagai berikut :

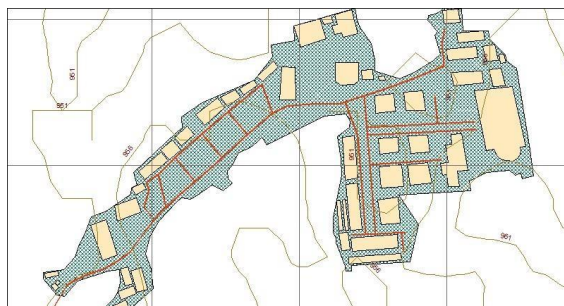
(2) Klik kanan (layar) XY → ~~coordinate system~~ projected coordinate system

UTM WGS 1984 Southern hemisphere WGS 1984 UTM Zone 47 S (Agam – Bukittinggi terletak



di zona 47). (3) Memanggil Data DEM, adalah model digital yang menampilkan permukaan topografi atau terrain. DEM biasanya dikembangkan dengan metode penginderaan jauh, bahkan juga dikembangkan dengan data survei lapangan. DEM sering digunakan dalam sistem informasi Geografi (SIG). (4) Membuat Kontur, Kontur atau garis kontur adalah garis pembatas bidang yang merupakan tempat kedudukan titik-titik dengan ketinggian sama terhadap referensi (pedoman/acuan) tertentu. Langkah yang dilakukan dalam membuat gariskontur yaitu, Tab Art Toolbox (menu) Raster surface Countur.

Gambar 5. Garis Kontur

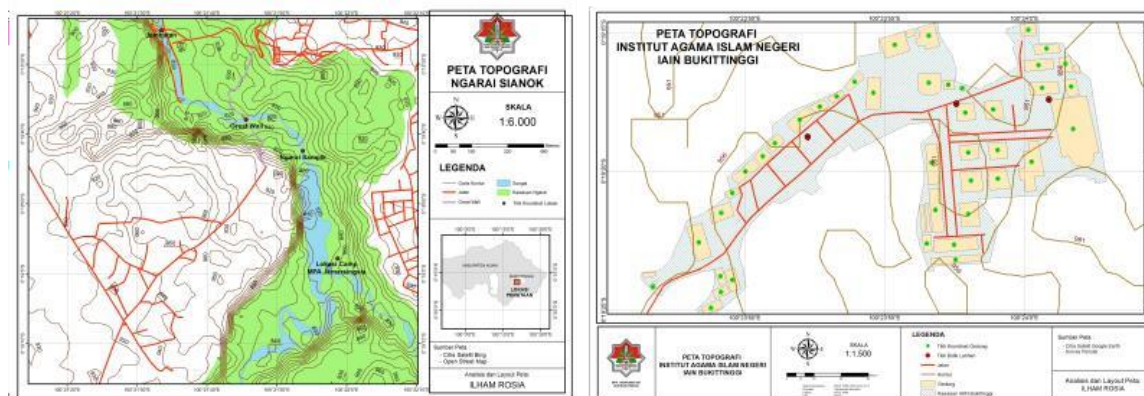


(5) Layot, dalam mendesain layout atau tata letak peta sesuai model rancangan layout yang merupakan perencanaan dari penulis, untuk ukuran kertas A3 dengan posisi landscape berskala 1:1.500. Layout yang penulis lakukan yaitu garis koordinat peta dengan cara:

Klik kanan (layar) properties → Grids → → New Grids Grids and graticules wizard → Create a graticule → Axes and label → Finish.

Layout selanjutnya yaitu judul peta, arah mata angin, skala batang, skala angka, legenda, sumber data, pembuat peta yang bisa di peroleh pada tab insert menu.

Gambar 6. Peta Topografi Ngarai Sianok dan IAIN Bukittinggi



Testing (Pengujian)

Tabel 1. Uji Validitas Produk

No	Aspek yang dinilai	Validator		Skala Rater		ΣS	n (c-1)	v
		Noor Fadli Marh	Ali Rahman	S1	S2			
1	Validitas Isi	4	5	3	4	7	8	0,88
2		5	5	4	4	8	8	1,00
3		4	4	3	3	6	6	1,00
4		5	5	4	4	8	8	1,00
1	Intruksional Desain	5	5	4	4	8	8	1,00
2		4	4	3	3	6	6	1,00
3		5	4	4	3	7	8	0,88
4		5	4	4	3	7	8	0,88
5		4	5	3	4	7	8	0,88
1	Tampilan	4	5	3	4	7	8	0,88
2		4	5	3	4	7	8	0,88
3		4	5	3	4	7	8	0,88
1	Kebahasaan	4	5	3	4	7	8	0,88
2		5	5	4	4	8	8	1,00
3		4	5	3	4	7	8	0,88
4		4	5	3	4	7	8	0,88
Rata - Rata		4,40	4,75	3,38	3,75	7,13	7,75	0,92

Hasil uji validitas yang peneliti lakukan dengan 2 orang dosen, di peroleh rat-rata 0.92. dengan demikian perancangan media pembelajaran peta topografi Sangat Valid.

Tabel 2. Uji Praktikalitas Produk

Aspek yang dinilai	Nama Praktikalitas		
	Widya Yudesra	Edgusnaldi	Muhammad Syarif
Tampilan	5	5	5
	5	5	5
	5	5	5
	4	4	3
	5	5	5
Isi	5	5	5
	5	5	5

	5	5	5
	5	5	5
Manfaat	4	4	5
	5	5	5
Skor Max	5	5	5
P	0,96	0,96	0,96
Pe	0,04	0,04	0,04
K	0,96	0,96	0,96
Kategori	Sangat Praktis	Sangat Praktis	Sangat Praktis
Jumlah	2,89		
Rata- rata	0,96		

Jadi nilai praktikalitas ini menggunakan rumus mment kappa yang berada pada rentang 0,81-1,00 maka media pembelajaran peta topografi ini Sangat Praktis.

Tabel 3. Uji Efektifitas Produk

No	Nama Efektifator																			
	Sharul Zikri				Perni Handayani				Wina Sari Fahdiani S				Mahyuda Adimas				Ahmad Zaki			
	prete s	Postes	prete s	postes	prete s	postes	prete s	postes	prete s	postes	prete s	postes	prete s	postes	prete s	postes				
1	3	60	4	80	2	40	4	80	2	40	4	80	3	60	4	80	2	40	4	80
2	2	40	4	80	1	20	4	80	1	20	5	100	3	60	4	80	1	20	4	80
3	2	40	5	100	2	40	4	80	3	60	5	100	2	40	4	80	2	40	4	80
4	4	80	5	100	4	80	5	100	4	80	5	100	3	60	5	100	3	60	5	100
5	1	20	4	80	1	20	5	100	3	60	5	100	2	40	4	80	1	20	5	100
Rata-rata	48		88		40		88		52		96		52		84		36		88	
G-Score	0,77				0,80				0,92				0,67				0,81			
Total Rata	0,79																			
Kategori	efektifitas tinggi (sangat efektif)																			

Nilai tersebut telah peneliti terapkan kedalam table patokan kesepakatan rumus Gain Score, maka peneliti memperoleh rata-rata 0.79. Jadi kriteria dari media pembelajaran peta topografi Sangat Efektif.

Distribution

Tahap distribution merupakan tahap terakhir pada penelitian ini, tahap distribution ini adalah tahap penyebaran produk media pembelajaran peta topografi. Penyebaran dilakukan yaitu dengan memberikan produk media pembelajaran kepada MPA Jamarsingsia IAIN Bukittinggi yang berupa hardcopy dan softcopy produk.

Kesimpulan

Penelitian ini menghasilkan peta topografi Ngarai Sianok dengan skala 1:6000 dan interval 10 meter antar garis kontur dan peta topografi kawasan IAIN Bukittinggi dengan skala 1:1.500 dan interval antar garis kontur sebesar 5 meter untuk media dalam pendidikan Navigasi Darat MPA Jamarsingsia. Berdasarkan dari hasil uji validitas, praktilitas dan efektivitas menyatakan bahwa peta topografi yang penulis rancang dalam penelitian ini dinyatakan valid, praktis dan efektif.

Referensi

- J. Santoso, "Pengamanan Batas-Batas Wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia Menurut UU NO 43 Tahun 2008 Tentang Wilayah Negara Dalam Perspektif Konstitusi Islam," UIN Syarif Hidayatullah, 2010.
- K. E. S. dan M. Nursa'ban, kartografi Dasar. yogyakarta: jurdik geografi-vise-umy, 2010.
- H. Yusuf, Survey dan Pemetaan, 1st ed. yogyakarta: CV. Budi Utama, 2014.
- H. Pramono, "Peta dan Perlengkapannya," Cakrawala Pendidik., vol. Vol VI, p. No.2, 1987.
- I. Handoyo, "Pemodelan Peta Topografi ke Objek Tiga Dimensi," J. Inform., vol. vol, 5, p. no.1, 2004.
- O. Pembuatan et al., "Optimalisasi Pembuatan Peta Kontur Skala Besar Menggunakan Kombinasi Data Pengukuran Terestris Dan Foto Udara Format Kecil," J. Geod. Undip, vol. 8, no. 1, pp.180–189, 2019.
- K. Sampang, "Analisis aplikasi arcgis 10.3 untuk pembuatan daerah aliran sungai dan penggunaan lahan di das samajid kabupaten sampang, madura," pp.
- S. Deni, "Optimalisasi Bernavigasi di KM. Mutiara Sentosa III Milik PT. Atosim Lampung Pelayaran," karya tulis, 2018.
- P. L. Nurjayanti, Navigasi Darat. Jawa Tengah: Media Karya Putra, 2020.
- Y. PelaGIS, Modul Pelatihan Sistem Informasi Geografis Tingkat Lanjut. Banda Aceh, 2011.
- S. B. Putra, "MPA Jamarsingsia," 2018.
- F. L. IRWANI, "PEMBUATAN PETA TOPOGRAFI DESA REJOSARI KECAMATAN GRABAG KABUPATEN PURWOREJO PROVINSI JAWA TENGAH MENGGUNAKAN FOTOGAMETRI," Univ. Gadjah Mada, 2020.
- D. Silvia Rostaningsih, "Pemodelan peta Topografi ke Objek tiga dimensi," Informatika, vol. vol 5 no1, pp. 14–21, 2004.
- D. Iqbal Yukha Nur Afan, "Optimalisasi pembuatan peta kontur skala besar menggunakan kombinasi data pengukuran terestris dan foto udara format kecil.," Geod. Undip, vol. vol.8 no.1, pp. 180–189, 2019.
- A. F. Tarmizi, "Pembuatan Peta Topografi Skala 1:500 Di Dusun Degan II RT 82 RW 41 Desa Banjararum Kecamatan Kalibawang Kabupaten Kulon Progo Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta," Univ. Gadjah Mada, 2017.
- Ari Nugroho, "Pembuatan Peta Digital Topografi Pulau Panjang , Banten, Menggunakan ArcGIS 9.2 dan Surfer 8.," J. Pengemb. Energi Nukl., vol. Vol 12, No, 2010.
- D. Adib Muhammad Shodiq, "Survei dan Pemetaan Topografi lahan dan gedung Pondok Pesantren Al-Ihsan Bentok Desa Bentok Kampung.," Politek. Negeri Banjarmasin, vol. Vol 3 No 1, 2020.
- N. Putra, Research & Devwlopment Penelitian Dan Pengembangan: Suatu Pengantar. Jakarta: PTRaja Grafindo Persada, 2012.

- T. A. F. and R. Okra, "Pengembangan Aplikasi Pembayaran dan Didukung oleh Pesan WA Sebagai Notifikasi Pembayaran di SMA INS Kayutanam," *Tek. Inf.*, vol. 9 no., 2021.
- A. N. Khomarudin, L. Efriyanti, and M. Tafsir, "Pengembangan Media Pembelajaran Mobile Learning Berbasis Android pada Mata Kuliah Kecerdasan buatan," *J. Educ. Stud.*, vol. 3, no. 1, pp. 72–86, 2018.
- M. S. Mustaqbal, R. F. Firdaus, and H. Rahmadi, "Pengujian Aplikasi Menggunakan Black Box Testing Boundary Value Analysis (Studi Kasus : Aplikasi Prediksi Kelulusan SNMPTN)," *J. Ilm. Teknol. Inf. Terap.*, vol. 1, no. 3, pp. 31–36, 2015, doi: ISSN : 2407 - 3911.
- N. Afriani, S. Derta, and Charles, "Perancangan Sistem Informasi Pengelolaan Praktik Kerja Lapangan (PKL) Di SMK Negeri 2 Bukittinggi," *J. SAINS, Inform. dan Ekon.*, vol. 2, no. 2, pp. 79–86, 2019.
- R. Sagita, F. Azra, and M. Azhar, "Pengembangan Modul Konsep Mol Berbasis Inkuiri Terstruktur dengan Penekanan Pada Interkoneksi Tiga Level Representasi Kimia Untuk Kelas X SMA," vol. 1, no. November, pp. 26–27, 2017.
- R. R. Hake, "Analyzing Change/Gain Scores," Unpubl. URL <http://www.physics.indiana.edu/~sdi/AnalyzingChange-Gain.pdf>, pp. 1–4, 1985.
- yustian dkk ekky rahanjani, "pemanaatan citra digital elevation model (DEM) untuk study evelusi geomorfologi gunung api merapi sebelum dan setelah erupsi gunung api merapi 2010," *J. Tek. Geol. Univ. gadjah mada*.