

BAB 2 **MAKALAH**

Makalah Pertama

Judul : Penentuan Luas Lahan Datar dengan Metode Pendekatan Lingkaran Berbasis *Google Earth/Google Maps*
Dipresentasikan pada : Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika UNS 2016 yang diselenggarakan oleh Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret pada tanggal 16 November 2016
Publikasi : Seminar dan Prosiding

Makalah Kedua

Judul : Penentuan Luas Lahan dengan Menggunakan Metode Pendekatan Segitiga Sferik (Teorema Girard) dengan Bantuan *Google Maps*
Dipresentasikan pada : Seminar Nasional Pendidikan Matematika UAD 2016 yang diselenggarakan oleh Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Ahmad Dahlan pada tanggal 31 Desember 2016
Publikasi : Seminar dan Prosiding/Jurnal (dalam proses)





MAKALAH 1

Penentuan Luas Lahan Datar dengan Metode Pendekatan Lingkaran Berbasis *Google Earth/Google Maps*

Penentuan Luas Lahan Datar dengan Metode Pendekatan Lingkaran Berbasis *Google Earth/Google Maps*

Devi¹, Adi Setiawan¹, Eko Sedyono²

¹Program Studi Matematika (Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana)

²Program Studi Magister Sistem Informasi (Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Satya Wacana)

¹devialolok@gmail.com, ¹adi_setia_03@yahoo.com, ²eko@staff.uksw.edu

Abstrak—Kebutuhan akan lahan sangatlah penting bagi setiap makhluk hidup karena lahan merupakan bagian dari permukaan bumi yang mempunyai karakter dan fungsi yang luas dengan berbagai macam kekayaan yang terkandung di dalamnya. Salah satu pemanfaatan lahan adalah melakukan pengukuran luas lahan. Pada penelitian ini, metode yang digunakan untuk menghitung luas lahan yaitu metode pendekatan lingkaran dengan berbasis *Google Earth/Google Maps*. Ada tiga objek penelitian yang dilakukan diantaranya yaitu: Lapangan Sepak Bola UKSW, Rawa Pening dan Kota Salatiga. Dengan bantuan *Google Earth* diperoleh titik-titik koordinat berupa garis lintang dan garis bujur untuk menghitung jarak antar dua titik dengan asumsi bumi berbentuk bola dan elipsoidal. Jarak antar dua titik diterapkan pada metode pendekatan luas lingkaran untuk memperoleh luas total dari ketiga lahan yang menjadi objek penelitian. Luas yang diperoleh dibandingkan dengan luas yang menjadi acuan. Untuk Lapangan Sepak Bola UKSW yang menjadi acuan adalah luas berdasarkan hasil perhitungan manual (6944.4 m^2), dan Rawa Pening luas acuan adalah *Google Maps* (19.79 km^2), serta Kota Salatiga luas acuan adalah data dari BPS Kota Salatiga (56.781 km^2). Dengan metode pendekatan lingkaran yang mengasumsikan bumi berbentuk bola dan elipsoidal maka luas Lapangan Sepak Bola UKSW, luas Rawa Pening, luas Kota Salatiga berturut-turut adalah 6877.965 m^2 dan 6864.261 m^2 , 19.29074 km^2 dan 19.2907 km^2 , 61.125395 km^2 dan 60.72022 km^2 . Prosentasi luas dari ketiga objek penelitian dibandingkan luas acuan masing-masing lahan diperoleh 97% sampai dengan 108%.

Kata kunci: Luas Lahan, *Google Earth*, *Google Maps*, Metode Pendekatan Lingkaran

PENDAHULUAN

Kebutuhan akan lahan sangatlah penting bagi setiap makhluk hidup karena lahan merupakan bagian dari permukaan bumi yang mempunyai karakter dan fungsi yang luas dengan berbagai macam kekayaan yang terkandung di dalamnya (Maulana, 2016). Setiap bidang lahan ini tentu memiliki fungsi sesuai peruntukannya seperti tertuang pada UURI Nomor 26 Tahun 2007 Tentang Penataan Ruang. Oleh karena itu pemanfaatan lahan harus dilakukan secara terencana dan terkendali. Salah satu pemanfaatan lahan yaitu dengan cara pengukuran dan menentukan posisi titik-titik batas dari suatu lahan.

Seiring berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi penentuan posisi suatu titik di permukaan bumi dapat dilakukan dengan mudah. Penentuan titik-titik dapat dilakukan dengan memanfaatkan media informasi. Salah satunya dengan memanfaatkan bantuan *Google Earth/ Google Maps*. Program ini memetakan bumi dari superimposisi gambar yang dikumpulkan dari pemetaan satelit, fotografi udara dan globe GIS 3D (Mohammed, et al., 2013).

Pada penelitian ini penulis memanfaatkan *Google Earth/ Google Maps* untuk memperoleh titik-titik koordinat berupa koordinat garis lintang (*latitude*) dan garis bujur (*longlitude*) yang digunakan untuk menentukan luas suatu lahan. Titik-titik koordinat yang telah diperoleh dihubungkan sehingga membentuk suatu poligon yang menyerupai lahan yang akan ditentukan luasnya. Untuk menentukan luas lahan dibutuhkan suatu metode yang dapat membantu untuk melakukan perhitungan lahan tersebut. Ada berbagai metode yang dapat diterapkan untuk menghitung luas suatu lahan. Pada penelitian ini peneliti menggunakan metode pendekatan lingkaran untuk menentukan luas suatu lahan.

Metode pendekatan lingkaran ini diterapkan untuk menentukan luas lahan datar diantaranya yaitu: lahan kecil adalah Lapangan Sepak Bola UKSW Salatiga, dan lahan yang berukuran sedang adalah Rawa Pening Kabupaten Semarang Jawa Tengah, terakhir lahan yang cukup luas adalah Kota Salatiga, Jawa Tengah. Hasil perhitungan luas lahan akan dibandingkan dengan luas yang sesungguhnya dari ketiga lahan tersebut.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode pendekatan lingkaran dengan asumsi bumi berbentuk bola dan berbentuk elipsoida yang memanfaatkan *Google Earth/Google Maps* untuk memperoleh titik-titik koordinat, dan dilengkapi data yang dibutuhkan dalam penelitian.

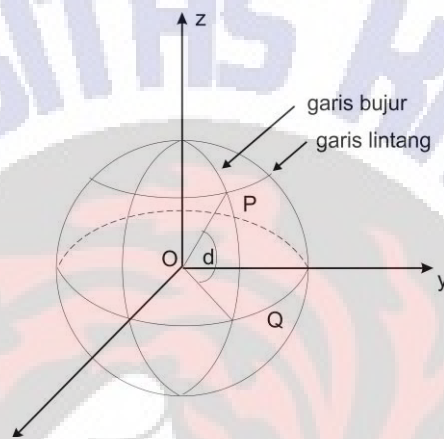
a. *Google Earth/Google Maps*

Google Earth merupakan sebuah program *globe virtual* yang sebenarnya disebut *Earth Viewer* dan dibuat oleh Keyhole, Inc. Program ini memetakan bumi dari superimposisi gambar yang dikumpulkan dari pemetaan satelit, fotografi udara dan globe GIS 3D (Mohammed, et al., 2013). *Google Maps* merupakan sebuah jasa peta global yang disediakan oleh Google secara gratis dan online (Mahdia & Noviyanto, 2013).

Google Earth/GoogleMaps memberi kemudahan bagi pengguna untuk memperoleh informasi lokasi. Lebih dari sekedar memberikan informasi lokasi, *Google Earth* memungkinkan pengguna untuk menambahkan konten mereka sendiri seperti foto atau deskripsi dari daerah atau *landmark* (Becek & Khairunnisa, 2011). Selain itu, *Google Earth* lebih menghemat biaya, waktu serta tenaga.

b. Bumi dianggap Berbentuk Bola

Menurut Meeus (1998) jika geografis dua titik di permukaan bumi diketahui, dengan jarak terpendek s antara titik-titik ini, diukur sepanjang permukaan bumi, maka jarak antar dua titik dapat dihitung. Jika tidak ada akurasi yang besar diperlukan, kita dapat mempertimbangkan bumi sebagai bola dengan rata-rata radius 6.371 kilometer.



GAMBAR 1. SUDUT JARAK d ANTAR DUA TITIK

Menentukan sudut jarak d antar dua titik yaitu $P(\varphi_1, L_1)$ dan $Q(\varphi_2, L_2)$ seperti pada GAMBAR 1 dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\cos d = \sin\varphi_1 \sin\varphi_2 + \cos\varphi_1 \cos\varphi_2 \cos(L_1 - L_2)$$

dengan,

φ_i = koordinat garis lintang, $i=1,2$,

L_i = koordinat garis bujur, $i=1,2$.

Jika sudut d dalam derajat, maka jarak kedua titik adalah s kilometer, yaitu

$$s = \frac{6371\pi d}{180}. \quad (1)$$

c. Bumi dianggap Berbentuk Elipsoida

Awalnya bumi diasumsikan berbentuk bola, kemudian lebih kompleks dari itu, bumi diasumsikan sebagai elipsoida (Meeus, 1998). Dengan menganggap bahwa kedua titik yang digunakan berada di bawah permukaan laut. Dalam hal ini adalah jari-jari bumi pada garis katulistiwa dan f adalah *flattening*, maka dapat dihitung

$$F = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}, \quad G = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}, \quad \lambda = \frac{L_1 - L_2}{2},$$

$$S = \sin^2 G \cos^2 \lambda + \cos^2 F \sin^2 \lambda,$$

$$C = \cos^2 G \cos^2 \lambda + \sin^2 F \sin^2 \lambda,$$

$$\tan \omega = \sqrt{\frac{S}{C}},$$

$$R = \sqrt{\frac{SC}{\omega}},$$

dengan ω dalam radian,

$$D = 2\omega a, H_1 = \frac{3R-1}{2C}, H_2 = \frac{3R+1}{2S},$$

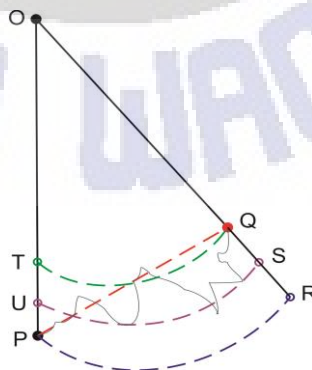
Jarak kedua titik tersebut adalah

$$s = D(1 + fH_1 \sin^2 F \cos^2 G - fH_2 \cos^2 F \sin^2 G). \quad (2)$$

d. Perhitungan Luas dengan Metode Pendekatan Lingkaran

Menurut Setiawan, et al., (2016), metode pendekatan lingkaran sebenarnya adalah pengembangan dari metode pendekatan poligon. Pada GAMBAR 2 titik O adalah titik pusat daerah perhatian. titik P dan Q adalah titik di perbatasan dan sudut simpul dari poligon. Daerah OPQ, yang merupakan bagian dari wilayah dapat didekati ke daerah OTS. Jari-jari lingkaran dengan panjang yang sama adalah OT atau OS dengan panjang OT adalah rata-rata dari OP dan OU serta $\theta = \angle OPQ$. Luas sektor lingkaran batas bawah adalah OUQ dengan jari-jari OQ dan batas atas adalah OPR dengan jari-jari lingkaran OP atau OR.

$$\begin{aligned} OU &\leq OT \leq OP \\ OU^2 &\leq OT^2 \leq OP^2 \\ \frac{\theta}{2\pi} \pi (OU)^2 &\leq \frac{\theta}{2\pi} \pi (OT)^2 \leq \frac{\theta}{2\pi} \pi (OP)^2 \end{aligned}$$



GAMBAR 2. SEKTOR LINGKARAN SEBAGAI DAERAH PERKIRAAN WILAYAH PERHATIAN

Pada TABEL 1 menunjukkan pengambilan koordinat titik-titik tepi Lapangan SepakBola UKSW yang dilakukan dengan menggunakan bantuan *Google Earth* yang kemudian dibandingkan dengan hasil perhitungan manual.

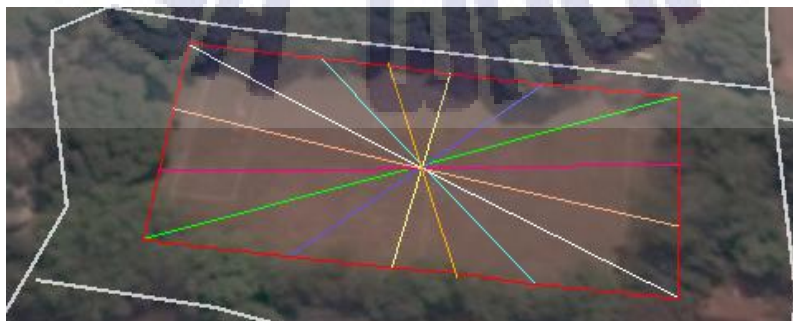
TABEL1. KOORDINAT TITIK-TITIK TEPI LAPANGAN BOLA UKSW PADA *GOOGLE EARTH*

No.	Lintang (Latitude)	Bujur (Longitude)	No.	Lintang (Latitude)	Bujur (Longitude)
1	-7.318532	110.498980	9	-7.318518	110.500031
2	-7.318389	110.498993	10	-7.318677	110.500010
3	-7.318207	110.499012	11	-7.318841	110.499989
4	-7.318247	110.499304	12	-7.318803	110.499704
5	-7.318266	110.499438	13	-7.318778	110.499573
6	-7.318289	110.499567	14	-7.318764	110.499449
7	-7.318289	110.499765	15	-7.318738	110.499264
8	-7.318353	110.500049	16	-7.318699	110.498965

Untuk data Rawa Pening terdiri dari 418 titik koordinat dan Salatiga terdiri dari 368 titik koordinat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, untuk menentukan luas daerah Lapangan Sepak Bola Universitas Kritis Satya Wacana (UKSW), Rawa Pening dan Kota Salatiga metode yang diusulkan adalah pendekatan lingkaran. Pada penelitian awal peneliti melakukan pengukuran manual di lapangan sepak bola dengan membentangkan pita ukur untuk menentukan panjang dan lebar lapangan. Dengan menggunakan rumus persegi panjang, maka luas lapangan diperoleh sebesar 6944.4 m^2 .



GAMBAR 3. POLIGON YANG DIGUNAKAN UNTUK MENDEKATI LAPANGAN UKSW
(SUBER: IMAGE 2016 DIGITALGLOBE)

TABEL 1 dihitung dengan menggunakan metode pendekatan lingkaran yang merupakan pengembangan dari metode pendekatan poligon dengan menganggap bahwa jarak antar dua titik berupa bola bumi dan elipsoida. Dalam hal ini, yang merupakan titik pusat dari lahan yang menjadi perhatian adalah -7.318533 dan 110.499500, titik-titik pada TABEL 1 merupakan titik tepi lahan seperti pada GAMBAR 3.

TABEL 2. JARAK ANTARA TITIK KOORDINAT PUSAT DAN TITIK KOORDINAT TEPI

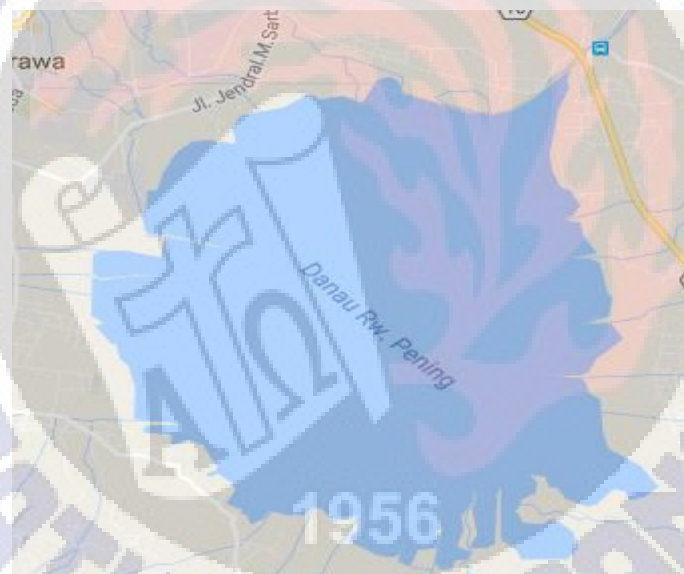
No.	Lintang (Latitude)	Bujur (Longitude)	Bola (m)	Elipsoida (m)
1	-7.318532	110.498980	57.35043	57.41781
2	-7.318389	110.498993	58.16405	58.20322
3	-7.318207	110.499012	64.89027	64.83272
4	-7.318247	110.499304	38.45301	38.32447
5	-7.318266	110.499438	30.46624	30.31105
6	-7.318289	110.499567	28.11976	27.97998
7	-7.318289	110.499765	39.87881	39.80373
8	-7.318353	110.500049	63.77109	63.80452
9	-7.318518	110.500031	58.58723	58.65577
10	-7.318677	110.500010	58.48215	58.52188
11	-7.318841	110.499989	63.88680	63.84057
12	-7.318803	110.499704	37.51758	37.40291
13	-7.318778	110.499573	28.40740	28.26838
14	-7.318764	110.499449	26.29468	26.15986
15	-7.318738	110.499264	34.59893	34.54029
16	-7.318699	110.498965	61.82439	61.86067
Jari-jari (r)			46.91830	46.87049
$L = \pi r^2$			6877.965 m ²	6864.261 m ²

Dengan menggunakan persamaan (1) dan (2) diperoleh jarak seperti pada TABEL 2, kemudin dirata-rata sehingga diperoleh jarak total. Dengan menggunakan rumus lingkaran, luas lapangan dengan asumsi bumi berbentuk bola diperoleh sebesar 6877.965 m². Sedangkan dengan asumsi bumi berbentuk elipsoida diperoleh luas lapangan sebesar 6864.261 m². Hal ini dapat dilakukan untuk perhitungan luas Rawa Pening dan Luas kota Salatiga.

Disisi lain, jika dilakukan pengambilan titik-titik koordinat selama 4 hari berturut-turut dengan mengambil 4 titik, 8 titik dan 16 titik koordinat. Untuk 4 titik koordinat dengan asumsi bumi berbentuk bola dan elipsoida diperoleh luas rata-rata sebesar 7190.162 m² dan 7182.201 m², dengan standar deviasi sebesar 303.597 dan 304.474. Dan untuk 8 titik koordinat dengan mengasumsikan bumi berbentuk bola dan elipsoida diperoleh luas rata-rata sebesar 7584.110 m² dan 7639.449 m², yang mempunyai standar deviasi sebesar 133.489 dan 194.888. Sedangkan untuk 16 titik koordinat dengan mengasumsikan bumi berbentuk bola dan elipsoida diperoleh luas rata-rata sebesar 6890.281 m² dan 6877.595 m². Dan

mempunyai standar deviasi sebesar 54.947 dan 54.793. Dapat disimpulkan bahwa sedikit atau banyaknya titik koordinat yang digunakan akan sangat berpengaruh terhadap hasil perhitungan luas. Semakin banyak titik yang digunakan akan semakin baik.

Hasil perhitungan luas lahan dengan menggunakan pendekatan lingkaran pada Google Earth dan hasil perhitungan manual menggunakan rumus persegi panjang diperoleh selisih. Selisih hasil perhitungan luas menggunakan metode pendekatan lingkaran dengan asumsi bumi berbentuk bola dan perhitungan manual adalah $66.435m^2$. Selanjutnya selisih hasil perhitungan luas menggunakan metode pendekatan lingkaran dengan asumsi bumi berbentuk elipsoidal dan perhitungan manual adalah $80.139m^2$. Pada perhitungan ini yang dijadikan acuan adalah luas perhitungan manual. Prosentase pengukuran luas menggunakan metode pendekatan lingkaran dengan asumsi bumi berbentuk bola dan elipsoidal adalah 99.043% dan 98.846%.



GAMBAR 4. PETA RAWA PENING (SUMBER: MAP DATA 2016 GOOGLE)

Penelitian selanjutnya adalah perhitungan luas Rawa Pening (GAMBAR 4) dengan menggunakan metode pendekatan lingkaran dengan asumsi bumi berbentuk bola dan elipsoidal. Hasil perhitungan yang diperoleh dibandingkan dengan luas perhitungan menggunakan *Google Maps*, berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Suwargana(2012). Dengan menggunakan program $R_{i386.3.3.1}$ untuk mengolah data yang terdiri dari 418 titik koordinat, baik garis lintang maupun garis bujur diperoleh luas dengan asumsi bumi berbentuk bola sebesar $19.29074 km^2$ dan luas dengan asumsi bumi berbentuk elipsoidal sebesar $19.19707 km^2$ dan Menurut Suwargana(2012) luas Rawa Pening terakhir pada tahun 2006 mencapai $26.7776 km^2$ dan berdasarkan perhitungan *Google Maps* luas Rawa Pening yaitu $19.79 km^2$. Sehingga terdapat selisih antara luas ketiganya. Pertama untuk metode

pendekatan lingkaran dengan asumsi bumi berbentuk bola dan luas berdasarkan penelitian Suwargana (2012) adalah 7.48686 km^2 , sedangkan selisi dengan asumsi bumi berbentuk elipsoidal adalah 7.58053 km^2 . Kedua untuk metode pendekatan lingkaran dengan asumsi bumi berbentuk bola dan luas berdasarkan perhitungan *Google Maps* adalah 0.49926 km^2 , sedangkan selisih dengan asumsi bumi berbentuk elipsoidal adalah 0.59293 km^2 . Terdapat selisih yang sangat besar antara hasil perhitungan dengan metode pendekatan lingkaran dan luas berdasarkan penelitian Suwargana (2012), namun untuk selisih luas perhitungan dengan metode pendekatan lingkaran dan luas hasil perhitungan menggunakan *Google Maps* tidak terlalu besar. Persentase pengukuran luas menggunakan metode pendekatan lingkaran dengan asumsi bumi berbentuk bola dan elipsoidal adalah 97.47% dan 97%.



GAMBAR 5. PETA KOTA SALATIGA (SUMBER: MAP DATA 2016 GOOGLE)

Terakhir penelitian dilakukan dengan menghitung luas Kota Salatiga (GAMBAR 5) menggunakan metode yang sama dengan penelitian sebelumnya. Hasil yang diperoleh dibandingkan dengan luas Kota Salatiga berdasarkan informasi yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Salatiga dan hasil perhitungan dengan menggunakan *Google Maps*. Jika bumi di asumsikan bola dan elipsoidal maka diperoleh luas Kota Salatiga sebesar 61.125395 km^2 dan 60.72022 km^2 . Berdasarkan (BPS, 2016) luas wilayah Kota Salatiga tercatat sebesar 56.781 km^2 , sedangkan berdasarkan hasil perhitungan menggunakan *Google Maps* luas Kota Salatiga sebesar 53.31 km^2 . Sehingga terdapat pula selisih luas yang cukup besar antara metode pendekatan lingkaran, informasi BPS Salatiga dan perhitungan luas menggunakan *Google Maps*. Selisih antara pendekatan lingkaran dengan bumi diasumsikan bola dan informasi dari BPS Salatiga adalah 4.344395

km^2 , sedangkan dengan bumi yang diasumsikan elipsida adalah $3.93922 km^2$. Untuk metode pendekatan lingkaran dengan asumsi bumi adalah bola dan elipsida dengan perhitungan luas menggunakan *Google Maps* diperoleh selisih sebesar $8.455395 km^2$ dan $8.05022 km^2$. Pada penelitian ini, luas yang menjadi acuan adalah luas berdasarkan data informasi dari BPS kota Salatiga dengan prosentasi sebesar 107.6511% untuk bumi diasumsikan bola dan 106.9376% untuk bumi diasumsikan elipsida.

Hasil pengukuran yang dilakukan tidak selalu persis sama, karena hal ini dipengaruhi oleh permukaan tanah, semakin datar lahan yang diukur maka tingkat kesalahan hitung semakin kecil (Yunita, et al., 2013). Hal lain yang mempengaruhi ketepatan pengambilan titik-titik koordinat pada *Google Earth* adalah saat mengklik kursor dan sedikit atau banyaknya titik koordinat yang digunakan sangat mempengaruhi hasil perhitungan luas. Apabila menggunakan *Google Earth* atau *Google Maps* sangat bergantung pada kekuatan signal yang digunakan dan dalam pengambilan data tidak selalu sama setiap waktu.

SIMPULANDAN SARAN

Berdasarkan hasil dari analisis data maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Perhitungan luas Lapangan Sepak Bola UKSW menggunakan metode pendekatan lingkaran dengan asumsi bumi berbentuk bola dan elipsida diperoleh luas berturut-turut $6877.965 m^2$ dan $6864.261 m^2$. Hasil tersebut dibandingkan dengan hasil perhitungan manual dengan luas sebesar $6944.4 m^2$. Selisih perhitungan berdasarkan metode pendekatan lingkaran dan perhitungan manual dengan mengasumsikan bumi berbentuk bola dan elipsida adalah $66.435 m^2$ dan $80.139 m^2$.
2. Perhitungan luas Rawa Pening dengan menggunakan metode pendekatan lingkaran dengan asumsi bumi berbentuk bola dan elipsida diperoleh luas berturut-turut yaitu $19.29074 km^2$ dan $19.19707 km^2$. Luas yang diperoleh dibandingkan dengan luas berdasarkan informasi dari penelitian Suwargana (2012) dan berdasarkan perhitungan *Google Maps* yang mempunyai luas berturut-turut sebesar $26.7776 km^2$ dan $19.79 km^2$. Selisih luas berdasarkan penelitian Suwargana (2012) dan metode pendekatan lingkaran dengan asumsi bumi berbentuk bola dan berbentuk elipsida yaitu $7.48686 km^2$ dan $7.58053 km^2$. Sedangkan selisih antara metode lingkaran dengan hasil perhitungan *google maps* dengan asumsi bumi berbentuk bola dan elipsida adalah $0.49926 km^2$ dan $0.59293 km^2$.
3. Perhitungan luas Kota Salatiga dengan menggunakan metode pendekatan lingkaran dengan asumsi bumi berbentuk bola dan elipsida diperoleh luas sebesar $61.125395 km^2$ dan $60.72022 km^2$. Luas tersebut kemudian dibandingkan dengan data dari BPS Kota Salatiga dan hasil perhitungan menggunakan *Google Maps* dengan luas berturut-turut sebesar $56.781 km^2$

dan 53.31 km^2 . Untuk metode pendekatan lingkaran dan data dari BPS Kota Salatiga diperoleh selisih sebesar 4.344395 km^2 dan 3.93922 km^2 . Sedangkan untuk metode pendekatan lingkaran dengan asumsi bumi adalah bola dan elipsida dengan perhitungan luas menggunakan *Google Maps* diperoleh selisih sebesar 8.455395 km^2 dan 8.05022 km^2 .

Perhitungan luas lahan dari ketiga lahan yang menjadi objek penelitian dengan acuan luas sesungguhnya dari masing-masing lahan 97% sampai dengan 108%. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan menggunakan metode pendekatan Heron pada permukaan bola atau pada permukaan elipsoid yang mungkin dapat memperkecil selisih perhitungan yang masih cukup besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Salatiga, (2016). *Kota Salatiga dalam Angka 2016*. Salatiga: BPS Kota Salatiga.
- Becek, K., Khairunnisa, I., (2011). On the Positional Accuracy Of The Google Earth Imaginary. *Spatial Information Processing Paper no. 4947*. Brunei Darussalam.
- Mahdia, F., Noviyanto, F., (2013). Pemanfaatan Google Maps Api untuk Pembangunan Sistem Informasi Manajemen Bantuan Logistik Pasca Bencana Alam Berbasis *Mobile Web* (Studi Kasus: Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kota Yogyakarta). *Jurnal Sarjana Teknik Informatika Universitas Ahmad Dahlan*, 1(1), 162-171.
- Maulana, Bani. (2016). *Pengertian Lahan*.
<https://www.academia.edu/9561892/A. Pengertian Lahan>. Diunduh pada tanggal 20 Maret 2016, pukul 14.20 WIB
- Meeus, J. (1998). *Astronomical Algorithm 2nd ed.* USA: Williman-Bell, Inc.
- Mohammed, Nagi Zomrawi., Ghazi, A., & Mustafa, Husam Eldin. (2013). Positional Accuracy Testing Of Google Earth. *International Journal Of Multidisciplinary Sciences And Engineering*, 4 (6), 6-9.
- Setiawan, A., Sedyono, E. & Alivah, E. (Ed.). (2016). The Use of Google Maps and Circle Approach Method in Land Area Measurement. *Proceeding Internasional Conference On Theoretical and Applied Statistics*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Suwargana, N., (2012). Pemantauan Luas Rawa Pening Periode 1992, 2001 dan 2006 Berbasis Data LANDSAT-TM dan IKONOS. *Prosiding Seminar Nasional Limnologi IV Tahun 2012*. Bogor: IPB International Convention Center.
- Yunita, A., Suprayogi, A., & Hania'ah. (2011). Kajian Ketelitian Pemanfaatan Citra Quickbird Pada Google Earth Untuk Pemetaan Bidang Tanah (Studi Kasus : Kabupaten Karanganyar). *Jurnal Geodesi UNDIP*, 2 (2), 38-53.



MAKALAH 2

Penentuan Luas Lahan Menggunakan Metode Pendekatan Segitiga Sferik (Teorema Girard) dengan Bantuan *Google Maps*

PENENTUAN LUAS LAHAN MENGGUNAKAN METODE PENDEKATAN SEGITIGA SFERIK (TEOREMA GIRARD) DENGAN BANTUAN *GOOGLE MAPS*

Devi¹, Adi Setiawan², Eko Sedyono³

¹Program Studi Matematika (Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana),

²Program Studi Matematika (Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana),

³Program Studi Magister Sistem Informasi (Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Satya Wacana),

devilialolok@gmail.com¹, adi_setia_03@yahoo.com², ekosed1@yahoo.com³

Abstrak

Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, ketersediaan peta sangat dibutuhkan. Peta dapat diakses melalui sebuah aplikasi, seperti *Google Maps*. Aplikasi ini merupakan sebuah jasa peta global yang disediakan oleh Google secara gratis dan online. *Google Maps* juga dapat dimanfaatkan untuk memperoleh titik-titik koordinat berupa garis lintang dan garis bujur, kemudian diolah untuk memperoleh luas lahan. Metode yang diterapkan untuk menghitung luas lahan adalah metode pendekatan segitiga sferik dengan asumsi bumi berbentuk bola dan elipsoida. Pada penelitian ini, lahan yang menjadi objek penelitian adalah Kabupaten Semarang. Berdasarkan perhitungan menggunakan pendekatan segitiga sferik diperoleh luas Kabupaten Semarang dengan asumsi bumi berbentuk bola dan elipsoida sebesar 1001.2366 km^2 dan 996.5592 km^2 . Hasil perhitungan luas dibandingkan dengan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Semarang sebesar 950.21 km^2 dan berdasarkan perhitungan *Google Maps* sebesar 993.689 km^2 . Luas yang menjadi acuan adalah berdasarkan data yang diperoleh dari BPS Kabupaten Semarang. Terdapat selisih antara hasil perhitungan luas lahan menggunakan metode pendekatan segitiga sferik dan luas yang menjadi acuan dengan asumsi bumi berbentuk bola dan elipsoida berturut-turut adalah 57.9366 km^2 dan 53.2592 km^2 . Berdasarkan luas acuan dengan asumsi bumi berbentuk bola dan elipsoida diperoleh prosentase sebesar 5.37% lebih banyak dari luas acuan dan 4.88% lebih banyak dari luas acuan. Metode pendekatan segitiga sferik tidak selalu bisa digunakan karena apabila jumlah sudut dalam koordinat segitiga sferik secara praktis lebih kecil dari π , maka hasil perhitungan tidak akurat, sehingga metode ini hanya bisa digunakan untuk lahan yang relatif lebih luas seperti pada Kabupaten Semarang.

Kata kunci: *Google Maps, luas lahan, metode pendekatan segitiga sferik.*

A. Pendahuluan

Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, ketersediaan peta sangat dibutuhkan. Dewasa ini, teknik pemetaan sudah sangat berkembang. Peta dapat diakses melalui sebuah aplikasi, misal: *Google Maps*. *Google Maps* merupakan sebuah jasa peta global yang disediakan oleh Google secara gratis dan online (Mahdia & Noviyanto, 2013, pp. 162-171). Selain untuk menentukan sebuah lokasi, *Google Maps* dapat dimanfaatkan untuk memperoleh titik-titik koordinat berupa garis lintang (*latitude*) dan garis bujur (*longitude*). titik-titik koordinat yang diperoleh diolah untuk menentukan luas suatu lahan.

Seperti yang kita ketahui bahwa keadaan lahan dipermukaan bumi tidak teratur seperti danau atau pulau (Setiawan, et al., 2016), sehingga penentuan luas akan menjadi sulit untuk dilakukan. Penentuan luas lahan dapat dilakukan dengan menerapkan berbagai metode. Dalam makalah ini, penentuan luas lahan dilakukan dengan menggunakan metode pendekatan segitiga sferik dengan tidak diperhatikan konturnya. Metode ini digunakan untuk mengolah titik-titik koordinat yang diperoleh dari *Google Maps* untuk menentukan luas lahan yang menjadi perhatian. Namun sebelum menghitung luas, terlebih dahulu dilakukan perhitungan jarak antara dua titik dengan asumsi bumi berbentuk bola dan elipsoidal.

Sebelumnya penulis telah melakukan penelitian awal menggunakan metode pendekatan lingkaran. Lahan yang menjadi objek penelitian adalah Lapangan Sepak Bola UKSW, Rawa Pening dan Kota Salatiga (Devi, et al., 2016). Pada makalah ini, lahan yang menjadi daerah perhatian adalah Kabupaten Semarang, Jawa Tengah. Dengan menggunakan metode pendekatan Segitiga Sferik akan diperoleh luas dari daerah yang menjadi

perhatian. Hasil perhitungan luas lahan yang diperoleh akan dibandingkan dengan luas lahan yang menjadi acuan.

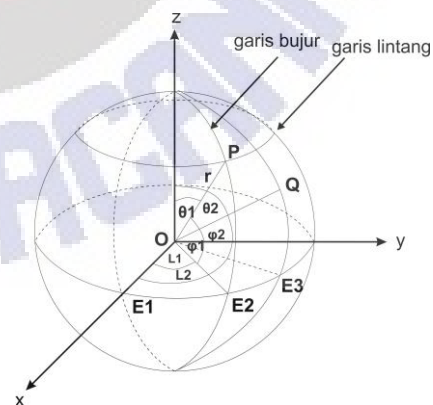
B. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, akan dibahas tentang cara mencari jarak antar dua titik dengan bumi diasumsikan berbentuk bola dan elipsoidal, perhitungan luas Kabupaten Semarang menggunakan metode pendekatan segitiga sferik dengan memanfaatkan *Google Maps*, cara perhitungan luas lahan dan data yang digunakan dalam penelitian.

a. *Google Maps*

Google Maps merupakan sebuah jasa peta global yang disediakan oleh Google secara gratis dan online (Mahdia & Noviyanto, 2013, p.1). *Google Maps* memberi kemudahan bagi pengguna untuk memperoleh informasi lokasi. Selain itu, *Google Maps* lebih menghemat biaya, waktu serta tenaga. Namun, *Google Maps* sangat bergantung pada kekuatan signal yang digunakan dan dalam pengambilan data tidak selalu sama setiap waktu.

b. Bumi Diasumsikan Berbentuk Bola



Gambar 1. Koordinat Bola

Pada Gambar 1 sudut L_1 adalah sudut antara OE_1 dengan OE_2 , sudut L_2 adalah sudut antara OE_1 dengan OE_3 . Sedangkan untuk sudut φ_1 adalah sudut

antara OE_2 dengan OP , dan untuk sudut φ_2 adalah sudut OE_3 dengan OQ . untuk sudut θ_1 adalah sudut OP dengan sumbu z dan sudut θ_2 adalah sudut OQ dengan sumbu z .

Jika tidak ada akurasi yang besar diperlukan, maka dapat dipertimbangkan bahwa bumi berbentuk bola dengan rata-rata radius 6371 kilometer (Meeus, 1998, pp. 84-86). Menentukan sudut jarak d antar dua titik yaitu $P (\varphi_1, L_1)$ dan $Q (\varphi_2, L_2)$ seperti pada Gambar 1 dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\cos d = \sin \varphi_1 \sin \varphi_2 + \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \cos(L_1 - L_2)$$

dengan,

φ_i =koordinat garis lintang, $i=1,2$,

L_i =koordinat garis bujur, $i=1,2$.

Bukti: misalkan $v_1 = \overrightarrow{OP}$ dan $v_2 = \overrightarrow{OQ}$ sehingga dalam sistem koordinat bola dapat dinyatakan dengan

$$v_1 = (r \sin \theta_1 \cos \varphi_1, r \sin \theta_1 \sin \varphi_1, r \cos \theta_1)$$

$$v_2 = (r \sin \theta_2 \cos \varphi_2, r \sin \theta_2 \sin \varphi_2, r \cos \theta_2)$$

dan hasil kali dot adalah

$$\begin{aligned} v_1 \cdot v_2 &= r^2 \sin \theta_1 \sin \theta_2 \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \\ &\quad + r^2 \sin \theta_1 \sin \theta_2 \sin \varphi_1 \sin \varphi_2 + r^2 \cos \theta_1 \cos \theta_2 \\ &= r^2 (\cos \theta_1 \cos \theta_2 + \sin \theta_1 \sin \theta_2 (\cos \varphi_1 \cos \varphi_2 + \sin \varphi_1 \sin \varphi_2)) \\ &= r^2 (\cos \theta_1 \cos \theta_2 + \sin \theta_1 \sin \theta_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2)). \end{aligned}$$

Dengan mengingat bahwa

$$\theta = 90^\circ - \varphi$$

maka

$$\begin{aligned} \sin \theta &= \sin(90^\circ - \varphi) \\ &= \sin 90^\circ \cos \varphi - \cos 90^\circ \sin \varphi \\ &= \cos \varphi \end{aligned}$$

sehingga

$$v_1 \cdot v_2 = r^2 (\sin \varphi_1 \sin \varphi_2 + \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \cos(L_1 - L_2))$$

dan akibatnya

$$\cos d = \sin \varphi_1 \sin \varphi_2 + \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \cos(L_1 - L_2)$$

Jika sudut d dalam derajat, maka jarak kedua titik adalah s kilometer, yaitu

$$s = \frac{6371\pi d}{180}$$

sedangkan jika d dalam radian maka $s = 6371d$.

Contoh 1: Misalkan diketahui titik P dengan koordinat $\varphi_1 = -7.197792$, $L_1 = 110.251935$ dan titik Q dengan koordinat $\varphi_2 = -7.105816$, $L_2 = 110.367978$. Menentukan sudut jarak d yaitu

$$\begin{aligned} \cos d &= \sin\left(\frac{-7.197792}{180}\pi\right)\sin\left(\frac{-7.105816}{180}\pi\right) \\ &\quad + \cos\left(\frac{-7.197792}{180}\pi\right)\cos\left(\frac{-7.105816}{180}\pi\right) \\ &\quad \cos\left(\frac{110.251935}{180}\pi - \frac{110.367978}{180}\pi\right) \end{aligned}$$

dengan d dalam radian maka $d = 0.002572$, sehingga diperoleh jarak antar dua titik yaitu $s = 6371 d$ atau $s = 16.38639$ km.

c. Bumi Diasumsikan Berbentuk Elipsoida

Awalnya bumi diasumsikan berbentuk bola, kemudian lebih kompleks dari itu, bumi diasumsikan sebagai elipsoida (Meeus, 1998, pp. 84-86). Dengan menganggap bahwa kedua titik yang digunakan berada pada permukaan laut. Dalam hal ini a adalah jari-jari bumi pada garis katulistiwa dan f adalah flattening, maka dapat dihitung

$$F = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}, \quad G = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}, \quad \lambda = \frac{L_1 - L_2}{2},$$

$$S = \sin^2 G \cos^2 \lambda + \cos^2 F \sin^2 \lambda,$$

$$C = \cos^2 G \cos^2 \lambda + \sin^2 F \sin^2 \lambda,$$

$$\tan \omega = \sqrt{\frac{S}{C}},$$

$$R = \sqrt{\frac{SC}{\omega}},$$

dengan ω dalam radian,

$$a = 6378.14, \quad f = \frac{1}{298.257},$$

$$D = 2\alpha a, \quad H_1 = \frac{3R-1}{2C}, \quad H_2 = \frac{3R+1}{2S},$$

sehingga jarak kedua titik tersebut adalah

$$s = D(1 + fH_1 \sin^2 F \cos^2 G - fH_2 \cos^2 F \sin^2 G).$$

Contoh 2: dari Contoh 1 dapat dicari jarak antar 2 titik dengan asumsi bumi berbentuk elipsoida sebagai berikut

$$F = \frac{\left(\frac{-7.197792}{180}\pi\right) + \left(\frac{-7.105816}{180}\pi\right)}{2}$$

$$= -0.1248225,$$

$$G = \frac{\left(\frac{-7.197792}{180}\pi\right) - \left(\frac{-7.105816}{180}\pi\right)}{2}$$

$$= -0.000802642,$$

$$\lambda = \frac{\left(\frac{110.251935}{180}\pi\right) - \left(\frac{110.367978}{180}\pi\right)}{2}$$

$$= -0.001012666,$$

$$S = \sin^2(-0.000802642)\cos^2(-0.001012666)$$

$$+ \cos^2(-0.1248225)\sin^2(-0.001012666)$$

$$= 1.653831 \times 10^{-6},$$

$$C = \cos^2(-0.000802642)\cos^2(-0.001012666)$$

$$+ \sin^2(-0.1248225)\sin^2(-0.001012666)$$

$$= 0.9999983,$$

$$\omega = 0.001286014,$$

$$R = \sqrt{\frac{(1.653831e-06)(0.9999983)}{0.001286014}} = 0.9999989,$$

dengan ω dalam radian,

$$D = 2(0.001286014)(6378.14) = 16.40475,$$

$$H_1 = \frac{3(0.9999989) - 1}{2(0.9999983)} = 1,$$

$$H_2 = \frac{3(0.9999989) + 1}{2(1.653831 \times 10^{-6})} = 1209313,$$

sehingga diperoleh jarak antar dua titik $s = 16.36342 \text{ km}$.

d. Pendekatan Segitiga Sferik

Metode ini digunakan untuk menghitung luas Kabupaten Semarang, Jawa Tengah, yang merupakan pengembangan dari metode pendekatan segitiga. Dalam makalah Alivah, et al.

(2016, p.451) tidak menggunakan metode pendekatan segitiga sferik karena lahan yang menjadi objek penelitian relatif sempit. Berikut adalah metode pendekatan segitiga sferik dengan memisalkan a, b, c sebagai panjang sisi-sisi dari segitiga sferik ΔABC pada luasan bola yang berjari-jari R yang terletak berturut-turut di hadapan titik-titik sudut A, B, C (Sangadji, 2009, pp. 1034-1039). Luas segitiga sferik adalah

$$|\Delta ABC| = R^2(\alpha + \beta + \gamma - \pi)$$

dengan $\alpha = \angle A, \beta = \angle B, \gamma = \angle C$ dalam radian maka

$$\alpha = \frac{\left(\arccos\left(\frac{\cos c - \cos a \cos b}{\sin a \sin b}\right)\right)}{180} \pi,$$

$$\beta = \frac{\left(\arccos\left(\frac{\cos b - \cos c \cos a}{\sin a \sin c}\right)\right)}{180} \pi,$$

$$\gamma = \frac{\left(\arccos\left(\frac{\cos c - \cos a \cos b}{\sin a \sin b}\right)\right)}{180} \pi.$$

Misalkan diketahui koordinat $A(-7.197792, 110.251935), B(-7.105816, 110.367978), C(-7.351463, 110.382497)$ seperti pada Gambar 2 dengan jari-jari bumi $R=6.371$. Dengan mengasumsikan bumi berbentuk bola maka diperoleh jarak $AB=16.38639 \text{ km}, BC=27.36162 \text{ km}, AC= 22.34655 \text{ km}$, sehingga diperoleh

$$a1 = \cos\left(\frac{\left(\frac{AB}{180}\pi\right)}{\frac{2\pi R}{360}}\right) = 0.99999669,$$

$$b1 = \cos\left(\frac{\left(\frac{BC}{180}\pi\right)}{\frac{2\pi R}{360}}\right) = 0.99999078,$$

$$c1 = \cos \left(\frac{\left(\frac{AC}{180} \pi \right)}{\frac{2\pi R}{360}} \right) = 0.99999385,$$

$$a2 = \sin \left(\frac{\left(\frac{AB}{180} \pi \right)}{\frac{2\pi R}{360}} \right) = 0.002572025,$$

$$b2 = \sin \left(\frac{\left(\frac{BC}{180} \pi \right)}{\frac{2\pi R}{360}} \right) = 0.0042946996,$$

$$c2 = \sin \left(\frac{\left(\frac{AC}{180} \pi \right)}{\frac{2\pi R}{360}} \right) = 0.0035075349,$$

sehingga α, β, γ adalah

$$\alpha = \arccos \left(\frac{a1 - b1 \cdot c1}{\frac{b2}{c2}} \right),$$

$$= 0.64184866$$

$$\beta = \arccos \left(\frac{b1 - c1 \cdot a1}{\frac{a2}{c2}} \right),$$

$$= 1.5445452$$

$$\gamma = \arccos \left(\frac{c1 - b1 \cdot a1}{\frac{a2}{b2}} \right)$$

$$= 0.95520325.$$

Akibatnya

$$|\Delta ABC| = (6.371)^2 (0.64184866 + 1.5445452 + 0.95520325 - \pi)$$

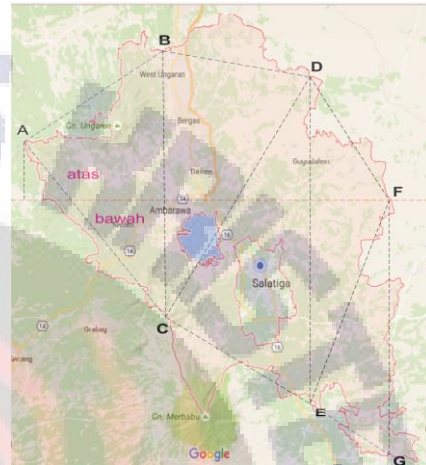
$$= 183.02723 \text{ km}^2.$$

e. Perhitungan Luas Lahan

Perhitungan luas dapat dilakukan dengan membagi lahan pada peta dalam beberapa persegi panjang seperti pada Gambar 2, yaitu dengan mengambil dua titik pada batas atas maupun batas bawah lahan. Berikutnya persegi panjang dibagi menjadi dua segitiga dan dihitung menggunakan metode pendekatan

segitiga sferik dengan mengasumsikan bumi berbentuk bola dan elipsoidal seperti pada Contoh 1 dan Contoh 2.

f. Data berupa Titik-titik Koordinat dari Kabupaten Semarang



Gambar 2. Simulasi 4 titik koordinat pada bagian batas atas dan 4 titik koordinat pada bagian batas bawah Kabupaten Semarang

Tabel 1 dan Tabel 2 merupakan pengambilan titik-titik tepi Kabupaten Semarang sebanyak 4 titik koordinat pada bagian batas atas dan batas bawah yang berupa garis lintang dan garis bujur.

Tabel 1. Titik-titik Koordinat Batas Atas Kabupaten Semarang

No.	Garis Lintang	Garis Bujur
1.	-7.197792	110.251935
2.	-7.105816	110.367978
3.	-7.129664	110.525220
4.	-7.197792	110.589765

Tabel 2. Titik-titik Koordinat Batas Bawah Kabupaten Semarang

No.	Garis Lintang	Garis Bujur
1.	-7.197792	110.251935
2.	-7.351463	110.382497
3.	-7.420239	110.512960

4.	-7.197792	110.589765
----	-----------	------------

Data pada Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3 dan Tabel 4 diambil pada tanggal 23 November 2016 dengan menggunakan bantuan *Google Maps*.

Analog dengan perhitungan pada contoh segitiga sferik, maka diperoleh luas *ABDFGEC* dengan asumsi bumi berbentuk bola sebesar 775.60813 km^2 . Perhitungan juga dapat dilakukan dengan mengasumsikan bumi berbentuk elipsoida. Langkah-langkah perhitungan ini diterapkan untuk menghitung luas lahan dengan 31 titik koordinat. Hasil luas yang diperoleh dibandingkan dengan luas acuan.

Berikut adalah data lengkap dari lahan yang menjadi objek perhatian yang terdiri dari 31 titik koordinat batas atas dan batas bawah.

Tabel 3. Titik-titik Koordinat Batas Atas Kabupaten Semarang

No.	Garis Lintang	Garis Bujur
1.	-7.197792	110.251935
2.	-7.197792	110.262253
3.	-7.199155	110.273908
4.	-7.193024	110.285581
5.	-7.193024	110.293821
6.	-7.195067	110.310987
7.	-7.178036	110.322660
8.	-7.172586	110.335019
9.	-7.107860	110.354245
10.	-7.105816	110.367978
11.	-7.109905	110.378278
12.	-7.113311	110.394071
13.	-7.108542	110.409177
14.	-7.097640	110.422223
15.	-7.091507	110.433896
16.	-7.089463	110.449689
17.	-7.079242	110.464795
18.	-7.086738	110.477842
19.	-7.092870	110.494321
20.	-7.122169	110.508054
21.	-7.129664	110.525220
22.	-7.128301	110.536206
23.	-7.135796	110.547879
24.	-7.191661	110.558866

25.	-7.198474	110.575345
26.	-7.197792	110.589765
28.	-7.194386	110.602124
29.	-7.214823	110.610797
30.	-7.237302	110.624784
31.	-7.246157	110.637830

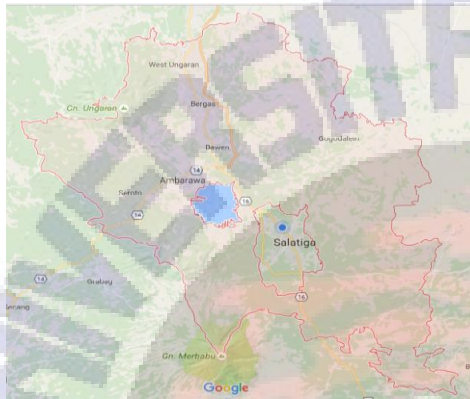
Tabel 4. Titik-titik Koordinat Batas Bawah Kabupaten Semarang

No.	Garis Lintang	Garis Bujur
1.	-7.197792	110.251944
2.	-7.216604	110.258901
3.	-7.252025	110.269887
4.	-7.265648	110.290487
5.	-7.275184	110.308340
6.	-7.291531	110.322072
7.	-7.294255	110.324819
8.	-7.325584	110.341299
9.	-7.325584	110.356405
10.	-7.329670	110.368764
11.	-7.351463	110.382497
12.	-7.360997	110.398977
13.	-7.399130	110.409963
14.	-7.429090	110.423696
15.	-7.449516	110.435369
16.	-7.428409	110.449102
17.	-7.410025	110.460775
18.	-7.401854	110.475881
19.	-7.407301	110.489614
20.	-7.410025	110.502660
21.	-7.420239	110.512960
22.	-7.434537	110.523260
23.	-7.432494	110.539739
24.	-7.447473	110.551412
25.	-7.423643	110.565837
26.	-7.429090	110.582998
28.	-7.475388	110.593297
29.	-7.486280	110.606344
30.	-7.485600	110.618017
31.	-7.491046	110.635869

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Dalam penentuan luas lahan Kabupaten Semarang metode yang digunakan adalah metode pendekatan segitiga sferik. Titik-titik koordinat pada Tabel 3 dan Tabel 4 diolah dengan menggunakan bantuan $R_{i386.3.3.1}$ untuk

memperoleh luas lahan yang menjadi perhatian. Pada perhitungan ini, dengan mengasumsikan bumi berbentuk bola luas Kabupaten Semarang diperoleh luas lahan sebesar 1084.7176 km^2 . Sedangkan luas lahan dengan asumsi bumi berbentuk elipsoida diperoleh luas lahan sebesar 1080.0402 km^2 .



Gambar 3. Kabupaten Semarang, Jawa Tengah

Luas lahan yang diperoleh dikurangi dengan luas Kota Salatiga dengan luas lahan sebesar 56.781 km^2 (BPS, 2016, p.3) dan Rawa Pening luas lahan sebesar 26.7 km^2 (Wikipedia, 2016) yang bukan merupakan bagian dari Kabupaten Semarang seperti yang terlihat pada Gambar 3. Kedua lahan tersebut berada dalam batas wilayah Kabupaten Semarang namun bukan termasuk wilayah Kabupaten Semarang, sehingga diperoleh luas Kabupaten Semarang dengan mengasumsikan bumi berbentuk bola sebesar 1001.2366 km^2 dan untuk asumsi bumi berbentuk elipsoida sebesar 996.5592 km^2 .

Apabila dilakukan pengambilan titik-titik koordinat selama 5 hari berturut-turut (25-29 November 2016) dengan mengasumsikan bumi berbentuk bola dan elipsoida diperoleh luas rata-rata dan standar deviasi seperti yang disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Luas Rata-rata dan Standar Deviasi Kabupaten Semarang

Hari	Luas	
	Bola (km^2)	Elipsoida (km^2)
1.	1001.2366	996.5592
2.	1025.1306	1020.2269
3.	1002.4941	998.9079
4.	1063.1154	1054.3709
5.	996.4579	991.7889
Rata-rata	1017.6869	1012.3708
S Deviasi	27.70945	25.8872

Hasil perhitungan luas lahan yang diperoleh dibandingkan dengan luas yang diperoleh dari data Badan Pusat Statistik (BPS) kabupaten Semarang sebesar 950.21 km^2 (BPS, 2016, p.3) dan berdasarkan perhitungan menggunakan *Google Maps* sebesar 993.689 km^2 . Terdapat selisih luas antara hasil perhitungan dengan luas yang menjadi pembandingan.

Selisih antara perhitungan menggunakan metode pendekatan segitiga sferik dan data dari BPS kabupaten Semarang dengan mengasumsikan bumi berbentuk bola adalah 51.0266 km^2 dan berbentuk elipsoida adalah 46.3492 km^2 . Sedangkan selisih antara perhitungan menggunakan metode pendekatan segitiga sferik dan perhitungan menggunakan *Google Maps* dengan asumsi bumi berbentuk bola sebesar 7.5476 km^2 dan berbentuk elipsoida sebesar 2.8702 km^2 . Pada penelitian ini yang menjadi luas acuan adalah perhitungan berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Semarang. Berdasarkan luas acuan diperoleh prosentase luas Kabupaten Semarang yang dihitung menggunakan metode pendekatan segitiga sferik dengan asumsi bumi berbentuk bola adalah 5.37% lebih banyak dari luas acuan dan berbentuk elipsoida adalah 4.88% lebih banyak dari luas acuan. Dengan tingkat kepercayaan 95% maka diperoleh interval kepercayaan dengan

asumsi bumi berbentuk bola sebesar 1005.6047 untuk batas bawah dan 1029.7691 untuk batas atas. Sedangkan untuk asumsi bumi berbentuk elipsoida diperoleh interval kepercayaan dengan batas bawah sebesar 1001.0831 dan batas atas sebesar 1023.6585.

Pada penelitian ini, metode pendekatan segitiga sferik tidak selalu bisa digunakan karena apabila jumlah sudut dalam koordinat segitiga sferik secara praktis lebih kecil dari π , maka hasil perhitungan tidak akurat, sehingga metode ini hanya bisa digunakan untuk lahan yang relatif lebih luas seperti pada lahan Kabupaten Semarang. Luas lahan yang digunakan BPS Kabupaten Semarang mungkin menggunakan jarak *Euclid* yang tidak mengasumsikan bumi berbentuk bola tetapi berupa bidang datar, sehingga luas lahan berdasarkan data dari BPS Kabupaten Semarang lebih kecil dari hasil perhitungan luas lahan menggunakan metode pendekatan segitiga sferik.

Aplikasi *Google Maps* juga dapat dimanfaatkan untuk menghitung jarak antar dua titik (Ibrahim & Mohsen, 2014, p.117), namun akurasi titik pada *Google Maps* tidak konstan melainkan selalu berubah-ubah dari waktu ke waktu (Mohammed, et al., 2013, p.9). Hal lain yang mempengaruhi ketepatan pengambilan titik-titik koordinat pada *Google Maps* adalah saat mengklik kursor kuat atau tidaknya saat kita mengklik (Devi, et al., 2016). Selain daripada itu, hasil pengukuran yang dilakukan tidak selalu persis sama, karena hal ini dipengaruhi oleh permukaan tanah, semakin datar lahan yang diukur maka tingkat kesalahan perhitungan akan semakin kecil (Yunita, et al., 2013, p.2).

D. Simpulan dan Saran

Simpulan

Perhitungan luas Kabupaten Semarang menggunakan metode

pendekatan segitiga sferik dengan asumsi bumi berbentuk bola dan elipsoida sebesar 1001.2366 km^2 dan 996.5592 km^2 . Prosentase perhitungan luas lahan dengan asumsi bumi berbentuk bola dan elipsoida berturut-turut adalah 5.37% lebih banyak dari luas acuan dan 4.88% lebih banyak dari luas acuan.

Saran

Penelitian ini dapat dikembangkan dengan menggunakan metode lain yang mungkin lebih baik dari metode pendekatan segitiga sferik.

E. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Indonesia untuk pendanaan penelitian dengan skema Hibah Kompetensi No. 001/K6/KL/SP/PENELITIAN/2016.

F. Daftar Pustaka

- Alivah, E., Setiawan, A. & Sedyono, E. (2016). Penentuan luas lahan dengan bantuan Google Earth. *Prosiding, Seminar Nasional 3rd CGISE dan FIT ISI yang diselenggarakan oleh FTek UGM, tanggal 27 Oktober 2016*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- BPS Kabupaten Semarang, (2016). *Kabupaten Semarang dalam Angka 2016*. Kab. Semarang: BPS Kabupaten Semarang.
- BPS Kota Salatiga, (2016). *Kota Salatiga dalam Angka 2016*. Salatiga: BPS Kota Salatiga.
- Devi., Setiawan, A. & Sedyono, E. (2016). Penentuan luas lahan datar dengan metode pendekatan lingkaran berbasis *Google Earth/Google Maps*. *Teloh*

- dipresentasikan di Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika 2016 yang diselenggarakan oleh FKIP UNS, tanggal 16 November 2016. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Ibrahim, O., Mohsen, K., (2014). Design and Implementation an Online Location Based Services Using Google Maps for Android Mobile. *International Journal of Computer Networks and Communications Security*, 2(3), 113-118.
- Mahdia, F., Noviyanto, F., (2013). Pemanfaatan Google Maps Api untuk Pembangunan Sistem Informasi Manajemen Bantuan Logistik Pasca Bencana Alam Berbasis *Mobile Web* (Studi Kasus: Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kota Yogyakarta). *Jurnal Sarjana Teknik Informatika Universitas Ahmad Dahlan*, 1(1), 162-171.
- Meeus, J. (1998). *Astronomical Algorithm*. (2thed.). USA: Williman-Bell, Inc.
- Mohammed, N., Ghazi, A. & Mustafa, H. (2013). Positional Accuracy Testing Of Google Earth. *International Journal Of Multidisciplinary Sciences & Engineering*, 4(6), 6-9.
- Sangadji. (2009). Formula Heron: Tinjauan di Geometri Euclid dan Geometri Sferik. *Prosiding Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika "Pembelajaran Matematika dan Aplikasinya"* yang diselenggarakan oleh Jurusan Pendidikan Matematika FMIPA UNY, tanggal 05 Mei 2009.
- Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta
- Setiawan, A., Sedyono, E. & Alivah, E. (2016). The Use of Google Maps and Circle Approach Method in Land Area Measurement. *Teloh dipresentasikan di Internasional Conference On Theoretical and Applied Statistics yang diselenggarakan oleh ITS Surabaya, tanggal 19-20 Oktober 2016*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Yunita, A., Suprayogi, A., & Hania'ah. (2011). Kajian Ketelitian Pemanfaatan Citra Quickbrid Pada Google Earth Untuk Pemetaan Bidang Tanah (Studi Kasus : Kabupaten Karanganyar). *Jurnal Geodesi UNDIP*, 2 (2), 38-53.
- Wikipedia. (2016). *Rawa Pening*. Diakses tanggal 26 November 2016 dari https://id.wikipedia.org/wiki/Rawa_Pening.