

Penentuan Luas Lahan dengan Metode Pendekatan Lingkaran Berbasis *Google Earth* dan GADM untuk Wilayah Kabupaten Semarang

Vikky Aprelia Windarni¹, Dewi Anisa Istiqomah², Adi Setiawan³

¹Program Studi Teknologi Informasi, Universitas Amikom Yogyakarta
Yogyakarta, Indonesia, e-mail: vikkyaprelia@amikom.ac.id

²Program Studi Manajemen Informatika, Universitas Amikom Yogyakarta
Yogyakarta, Indonesia, e-mail: dewianisaist@amikom.ac.id

³Program Studi Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana
Salatiga, Indonesia, e-mail: adi.setiawan@uksw.edu

ARTICLE INFO

Article history:

Received 19 October 2020

Received in revised form 01 December 2020

Accepted 22 December 2020

Available online 31 January 2021

Land area determination can be calculated by several methods and utilize data from various sources. The methods used are circle approach method, polygon method and others. In this study, it aims to calculate the area of 19 sub-districts in Semarang district using circle approach method and Karney polygon method by utilizing Google Earth and GADM.

The research measures used are 1) finding the coordinates of the subdistrict boundary with Google Earth and GADM, 2) calculating the area using the Circle approach method and Karney polygon method, and 3) comparative analysis of land area results.

The results showed that land area using the circle approach method with Google Earth obtained a difference of 11.61% more than the reference area. While with GADM using polygon Karney showed a difference of 9.71% more than the reference area and using the circle approach method obtained a difference of 13.55% more than the reference area.

Keywords: GADM, Google Earth, circle approach method, Karney polygon method, land area

ABSTRACT

1. Pendahuluan

Secara geografis Kabupaten Semarang merupakan sebagian salah satu kabupaten di provinsi Jawa Tengah yang terletak 110° 14' 54,75" - 110° 39' 3" bujur timur dan 7° 3' 57" - 7° 30' 0" lintang selatan. Luas wilayah Kabupaten Semarang adalah 95.020,67 hektar (ha), secara administratif terdiri dari 19 kecamatan, 208 desa dan 27 kelurahan. Kondisi tipografi wilayah Kabupaten Semarang sebagian besar berupa perbukitan dan memiliki daerah pegunungan vulkanik dan dataran di bagian tengahnya. Secara administratif Kabupaten Semarang berbatasan langsung dengan 8 Kabupaten/Kota, yaitu sebelah Utara (Kota Semarang), sebelah Timur (Kabupaten Grobogan, Kabupaten Demak dan Kabupaten Boyolali), sebelah Selatan (Kabupaten Boyolali), sebelah Barat (Kabupaten Kendal, Kabupaten Temanggung dan Kabupaten Magelang). Kecamatan Getasan, Kecamatan Sumowono dan Kecamatan Bandungan adalah 3 Kecamatan yang memiliki ketinggian tertinggi di Kabupaten Semarang, sedangkan Kecamatan Bancak mempunyai rata-rata ketinggian terendah [1].

Google Earth adalah sebuah jasa peta *globe virtual* yang dapat digunakan secara gratis dan *online*, yang dapat diakses melalui <https://earth.google.com/web/> dan di buat oleh Keyhole, Inc. Melalui *Google Earth* pengguna dapat memperoleh sejumlah informasi lokasi dan pengguna

juga dapat menambahkan *landmark* pada *project* mereka. Titik koordinat yang terdapat di dalam *Google Earth* berupa garis lintang (*latitude*) dan garis bujur (*longitude*) dapat diolah untuk menentukan luas suatu daerah atau wilayah.

Software R atau *Rstudio* adalah aplikasi yang berfungsi untuk pengolahan data dan analisis statistik berbasis bahasa program dan perangkat lunak menggunakan GUI (*Graphical User Interface*). *Software R* memiliki banyak fungsi dan biasanya divisualisasikan dalam jendela *window* dan disimpan dalam berbagai format seperti jpg, png, bmp, ps dan lain-lain. *Software R* bisa digunakan untuk pengambilan data, manajemen data, dan aplikasi data untuk berbagai analisis [2]. Kelebihan dari *software R* adalah sebuah *software* yang serbaguna, sangat interaktif, populer dan berbasis S. Bahasa R di buat berdasarkan basis data S yang dikembangkan oleh Bell Laboratories pada tahun 1980. *Software R* dikembangkan dengan tujuan untuk membuat sebuah *software* yang handal dan murah.

GADM (*Global Administrative Areas*) ingin memetakan wilayah administrasi semua negara di semua tingkatan sub-divisi. GADM menggunakan resolusi spasial yang tinggi dan serangkaian atribut yang luas [3]. GADM adalah *big data* yang memetakan wilayah administrasi semua negara yang berisikan titik koordinat, nama wilayah dan batas wilayah tiap tingkatan. Tingkatan tersebut terdiri dari provinsi, kabupaten, kecamatan dan kelurahan atau desa. *Big data* GADM tersedia dalam beberapa format *export*, antara lain format *shapefiles* yang biasanya digunakan dalam aplikasi GIS dan tersedia juga dalam bahasa R yang digunakan untuk analisis data dan pembuatan plot data diskriptif yang mencakup peta geografis. GADM tersedia bebas untuk penggunaan akademis dan penggunaan non-komersial lainnya.

Penelitian penentuan luas lahan telah banyak dilakukan dengan beberapa metode dan memanfaatkan data dari berbagai sumber, misalnya Penentuan Luas Lahan Datar dengan Metode Pendekatan Lingkaran Berbasis *Google Earth/Google Maps* [4], Penentuan Luas Lahan Menggunakan Metode Pendekatan Segitiga Sferik (Teorema Girard) dengan Bantuan *Google Maps* [5], *The Evaluation of Land Area Measurement Using GPS Technology* (Formula Heron) [6], Penentuan Luas Wilayah Daratan Indonesia Berdasarkan *Big Data* dari *Database GADM* Menggunakan Metode Pendekatan Lingkaran [7] dan Penentuan Luas Wilayah Kabupaten dan Kota di Provinsi Sulawesi Tengah Menggunakan Metode Poligon dengan Bantuan *Google* [8].

Berdasarkan latar belakang di atas, penulis ingin menguatkan pendapat penelitian sebelumnya yang membandingkan luas wilayah provinsi Sulawesi tengah dengan menggunakan metode poligon dengan bantuan *Google Earth* [8]. Perbedaan dengan penelitian ini adalah, penulis ingin menghitung luasan wilayah yang lebih sempit, yaitu berupa luasan kecamatan (19 kecamatan) yang ada di Kabupaten Semarang. Penulis memanfaatkan data *Google Earth* dan *database GADM* untuk mendapatkan batas setiap kecamatan berupa titik koordinat garis lintang (*latitude*) dan garis bujur (*longitude*) dan peneliti juga mempelajari bagaimana memperoleh luas suatu wilayah kecamatan yang ada di Kabupaten Semarang. Dalam menghitung luas wilayah kecamatan yang ada di Kabupaten Semarang, peneliti menggunakan 2 metode yaitu metode pendekatan lingkaran dan metode polygon Karney dan menggunakan aplikasi R sebagai alat bantu untuk menyelesaikan masalah.

2. Metode Penelitian

2.1. Alur Penelitian

Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah dengan menggunakan metode pendekatan lingkaran dengan asumsi bumi berbentuk elipsoida yang memanfaatkan *Google Earth* dan GADM untuk memperoleh titik-titik koordinat setiap kecamatan agar dapat diketahui luasan setiap kecamatan untuk wilayah Kabupaten Semarang.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Langkah-langkan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut: (lihat Gambar 1)

1. Mencari data berupa titik-titik koordinat batas kecamatan untuk wilayah kabupaten semarang sesuai dengan *Google Earth* dan GADM. Pengambilan data berupa titik koordinat garis lintang (*latitude*) dan garis bujur (*longtitude*) diambil dari *Google Earth* dan data GADM dengan mengambil data pada level 3 yaitu data kecamatan. Data yang terdapat pada level 3 adalah data tiap-tiap kecamatan yang ada di Indonesia dan akan dipilih untuk wilayah Kabupaten Semarang.
2. Setelah didapatkan titik koordinat batas wilayah setiap kecamatan, dilakukan perhitungan luas tanah menggunakan metode pendekatan lingkaran dan metode polygon Karney.
 - a. Dalam mengolah data dibuat *coding* untuk menjalankan program R yang berisikan sebuah algoritma untuk menentukan pusat massa. Karney mengusulkan sebuah metode polygon yang dapat digunakan untuk menghitung sebuah luas area jika diberi titik koordinat batas wilayah. *Geosphere* merupakan sebuah *package* yang terdapat di dalam aplikasi R yang digunakan untuk menjalankan perintah area Polygon. Untuk menghitung luas wilayah kecamatan (level 3) berdasarkan data GADM dapat menggunakan sebuah perintah *library* (*geosphere*) dan area Polygon pada aplikasi R.
 - b. Mencari jarak antara titik *P* dengan titik *A* menggunakan rumus persamaan (2), dengan titik *P* merupakan pusat lingkaran dan *A* titik pada batas wilayah.
 - c. Menghitung jari-jari lingkaran (*r*) untuk jarak antara pusat massa ke batas wilayah.
 - d. Melakukan perhitungan untuk luas wilayah kecamatan yang ada di kabupaten Semarang, dengan rumus pendekatan luas lingkaran menggunakan persamaan (3).
3. Didapatkan hasil luasan wilayah setiap kecamatan menggunakan *Google Earth* dan GADM. Setelah didapatkan hasil luasan wilayah setiap kecamatan untuk kabupaten

Semarang, maka langkah selanjutnya adalah dapat dilakukan analisis perbandingan luas lahan setiap kecamatan menggunakan *Google Earth* dan data GADM.

- Melakukan analisis perbandingan luas kecamatan menggunakan *Google Earth* dan GADM. Menganalisis hasil perbandingan luas kecamatan dengan metode pendekatan lingkaran dan metode polygon Karney berbasis *Google Earth* dan GADM untuk wilayah Kabupaten Semarang.

2.2. Bumi Diasumsikan Berbentuk Elipsoida

Meeus menjelaskan bumi diasumsikan sebagai elipsoida, yaitu dengan dianggap bahwa kedua titik yang digunakan berada pada permukaan bumi yang berbentuk elipsoida [4]. Dalam hal ini, a adalah jari-jari bumi pada garis katulistiwa (*equator*) dan f adalah *flattening*, maka dapat dihitung seperti pada persamaan (1).

$$F = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}, G = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}, \lambda = \frac{L_1 + L_2}{2}, \quad (1)$$

Dengan ω dalam radian,

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

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

Sehingga jarak kedua titik tersebut dapat diketahui dengan persamaan (2).

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

2.3. Metode Pendekatan Luas Lingkaran

Menurut Prayogi dkk., penentuan luas suatu wilayah dengan metode pendekatan lingkaran lebih cepat dibandingkan dengan metode poligon biasa [7]. Hal ini karena perhitungan metode pendekatan lingkaran lebih sederhana, yaitu dengan mengitung pusat massa dan rata-rata jarak dari pusat massa ke batas-batas suatu wilayah. Luas lingkaran diperoleh dengan persamaan (3).

$$L = \pi r^2 \quad (3)$$

dengan,

π : konstanta besarnya 3.14,

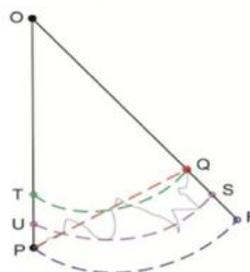
r : jari-jari.

Dalam penelitian Devi dkk., dijelaskan bahwa gambar sektor lingkaran sebagai perkiraan wilayah perhatian yang ditunjukkan pada Gambar 2 [4]. Gambar 2 menjelaskan bahwa 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 $\theta = OPQ$. Luas sektor lingkaran batas bawah adalah OUQ dengan jari-jari OQ dan batas atas adalah OPR dengan jari-jari lingkaran OP atau OR.

$$OU \leq OT \leq OP$$

$$OU^2 \leq OT^2 \leq OP^2$$

$$\frac{\theta}{2\pi} \pi (OU)^2 \leq \frac{\theta}{2\pi} \pi (OT)^2 \leq \frac{\theta}{2\pi} \pi (OP)^2$$



Gambar 2. Sektor Lingkaran sebagai Daerah Perkiraan Wilayah Perhatian [4]

2.4. Jarak Vincenty

Formula Vincenty adalah sebuah formula yang digunakan dalam geodesi untuk menghitung jarak antara dua titik pada permukaan bumi yang di asumsikan berbentuk elipsoida [9]. Misalkan terdapat 2 titik (A dan B), maka A (Φ_1, L_1) dan B (Φ_2, L_2). Mengingat koordinat dari dua titik (Φ_1, L_1) dan (Φ_2, L_2), masalah *invers* menemukan *azimuth* α_1, α_2 dan jarak ellipsoidal s . Hitung U_1, U_2 dan L , tetapkan nilai awal $\lambda = L$. Kemudian evaluasi iteratif persamaan berikut sampai λ .

$$\sin\sigma = \sqrt{(\cos U_2 \sin\lambda)^2 + (\cos U_1 \sin U_2 - \sin U_1 \cos U_2 \cos\lambda)^2} \quad (4)$$

$$\cos\sigma = \sin U_1 \sin U_2 + \cos U_1 \cos U_2 \cos\lambda \quad (5)$$

$$\sigma = \arctan \frac{\sin\sigma}{\cos\sigma} \quad (6)$$

$$\sin\alpha = \frac{\cos U_1 \cos U_2 \sin\lambda}{\sin\sigma} \quad (7)$$

$$\cos(2\sigma m) = \cos\sigma - \frac{2\sin U_1 \sin U_2}{\cos 2\alpha} \quad (8)$$

$$C = \frac{f}{16} \cos^2 \alpha [4 + f(4 - 3\cos^2 \alpha)] \quad (9)$$

$$\lambda = L(1 - C) f \sin \alpha \{ \sigma + C \sin\sigma [\cos(2\sigma m) + C \cos\sigma (-1 + 2\cos^2(2\sigma m))] \} \quad (10)$$

Ketika λ telah konvergen ke tingkat akurasi yang diinginkan (10–12 sesuai dengan sekitar 0,06 mm), evaluasi hal berikut:

$$\alpha_1 = \arctan \left(\frac{\cos U_2 \sin\lambda}{\cos U_1 \sin U_2 - \sin U_1 \cos U_2 \cos\lambda} \right) \quad (11)$$

$$\alpha_2 = \arctan \left(\frac{\cos U_1 \sin\lambda}{-\sin U_1 \cos U_2 + \cos U_1 \sin U_2 \cos\lambda} \right) \quad (12)$$

$$U_2 = \cos^2 \alpha \left(\frac{a^2 - b^2}{b^2} \right) \quad (13)$$

$$A = 1 + \left(\frac{u^2}{16384} \right) \{ 4096 + u^2 [-768 + u^2 (320 - 175 u^2)] \} \quad (14)$$

$$B = \left(\frac{u^2}{1024} \right) \{ 256 + u^2 [-128 + u^2 (74 - 47 u^2)] \} \quad (15)$$

$$\Delta\sigma = B \sin\sigma \{ \cos(2\sigma m) + \frac{1}{4} B [\cos\sigma (-1 + 2\cos^2(2\sigma m)) - \frac{b}{6} \cos(2\sigma m) (-3 + 4\sin^2\sigma) (-3 + 4\cos^2(2\sigma m))] \} \quad (16)$$

$$s = bA(\sigma - \Delta\sigma) \quad (17)$$

Dimana,

A : Panjang sumbu semimayor dari ellipsoid (radius di khatulistiwa) (6378137.0 meter),

f : Mendatarakan ellipsoid (1/298.25722356),

B : (1-f) a: Panjang sumbu semiminor dari ellipsoid (radius di kutub) (6356752.314245 meter),

Φ_1, Φ_2 : Garis lintang titik,

U_1 : $\arctan((1-f) \tan \Phi_1)$, U_2 : $\arctan((1-f) \tan \Phi_2)$: Mengurangi garis lintang (garis lintang pada bola tambahan),

L : $L_2 - L_1$: Perbedaan garis bujur dua titik,

λ_1, λ_2 : Garis bujur titik-titik pada bola tambahan,

α_1, α_2 : Maju *azimut* pada titik-titik,

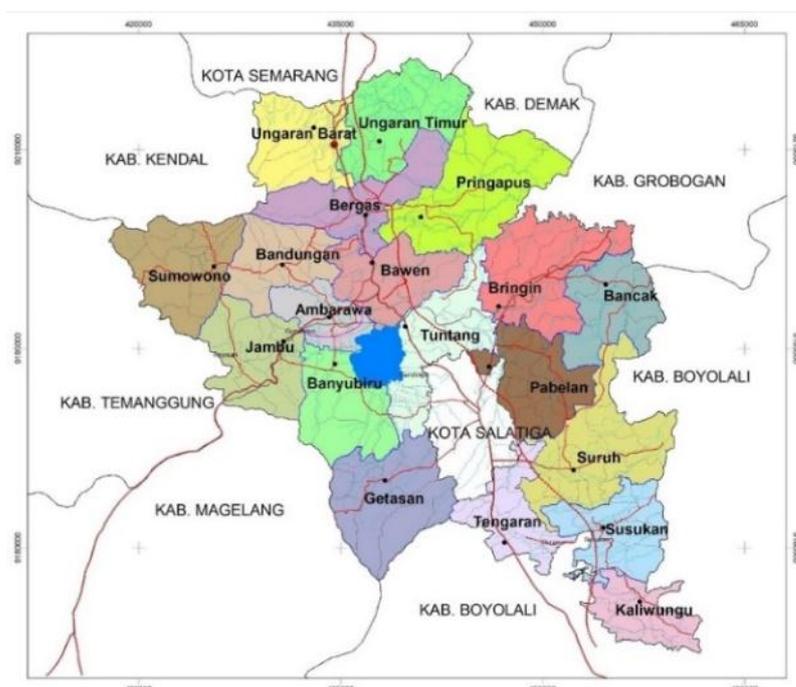
α : *Azimut* di khatulistiwa,

S : Jarak ellipsoidal antara dua titik,

σ : Panjang busur antara titik-titik pada bola tambahan.

3. Hasil dan Pembahasan

Kabupaten Semarang merupakan sebuah kabupaten yang terletak di provinsi Jawa Tengah, Indonesia. Kabupaten Semarang memiliki 19 kecamatan, 27 kelurahan, dan 208 desa. Hasil informasi terakhir menurut BPS (Badan Pusat Statistik) kabupaten Semarang, total luas wilayah kabupaten Semarang sebesar 950,207 km². Sembilan belas kecamatan yang terdapat di kabupaten Semarang yaitu kecamatan Getasan, kecamatan Tengaran, kecamatan Susukan, kecamatan Kaliwungu, kecamatan Suruh, kecamatan Pabelan, kecamatan Tuntang, kecamatan Banyubiru, kecamatan Jambu, kecamatan Sumowono, kecamatan Ambarawa, kecamatan Bandungan, kecamatan Bawen, kecamatan Bringin, kecamatan Bancak, kecamatan Pringapus, kecamatan Bergas, kecamatan Ungaran Barat, dan kecamatan Ungaran Timur yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. 19 Kecamatan yang Terletak di Kabupaten Semarang [1]

Pada penelitian ini setiap Kecamatan akan dicari luas wilayahnya menggunakan metode pendekatan luas lingkaran dan akan dibandingkan dengan metode polygon yang diusulkan oleh Karney. Titik koordinat garis lintang (*latitude*) dan garis bujur (*longitude*) yang ada pada *Google Earth* dan data GADM dapat digunakan untuk menghitung luas wilayah setiap kecamatan di kabupaten Semarang. Pengambilan data dari GADM dengan cara mengunduh data yang terdapat pada level 3 (level kecamatan) kemudian akan dibuat sebuah *coding* untuk menjalankan aplikasi di R. Karney mengusulkan sebuah metode polygon yang dapat digunakan untuk menghitung sebuah luas area jika diberi titik koordinat batas wilayah [10]. *Geosphere* merupakan sebuah *package* yang terdapat didalam aplikasi R yang digunakan untuk menjalankan perintah area Polygon. Untuk menghitung luas wilayah kecamatan (level 3) berdasarkan data GADM dapat menggunakan sebuah perintah *library (geosphere)* dan *areaPolygon* pada aplikasi R. Berikut ini adalah sebuah algoritma yang digunakan untuk menghitung luas wilayah kecamatan menggunakan metode pendekatan lingkaran, yaitu:

1. Menentukan Pusat Massa

Pusat massa adalah rata-rata dari titik koordinat garis lintang (*latitude*) dan garis bujur (*longitude*) dari batas setiap wilayah kecamatan. Rumus pusat massa [11] adalah:

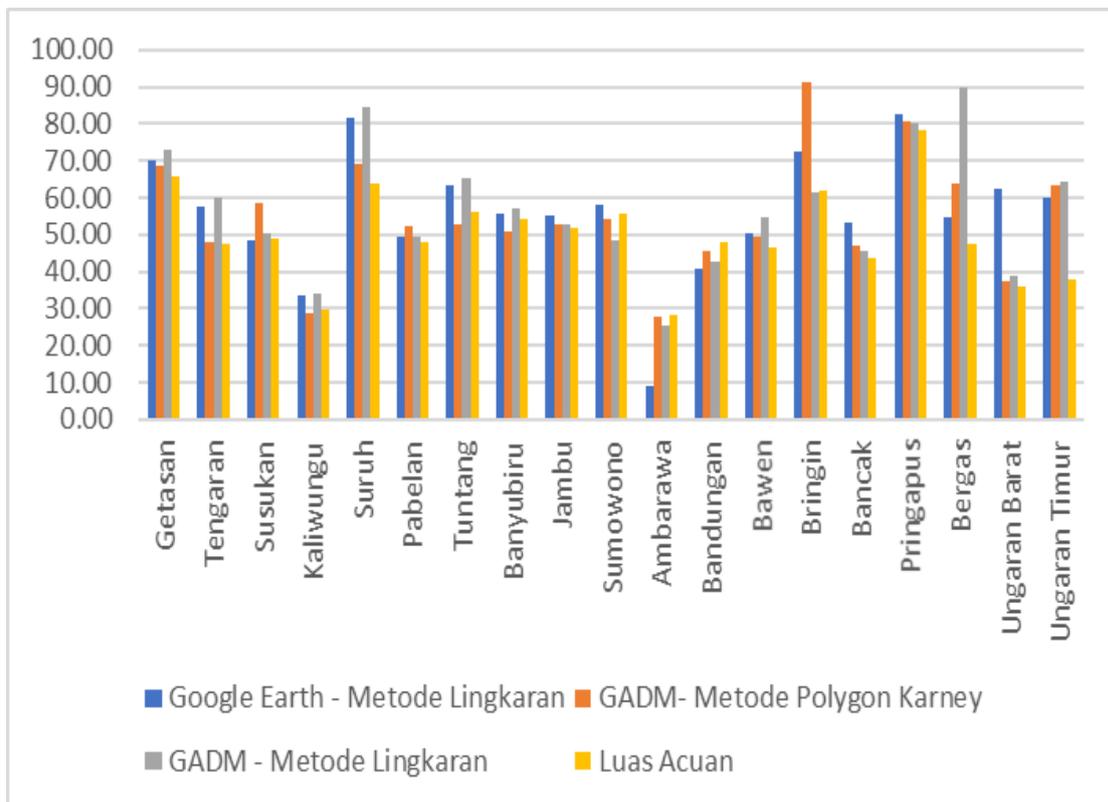
$$X_p = \frac{m_1 X_1 + m_2 X_2 + m_3 X_3 + \dots + m_n X_n}{X_n}$$

$$Y_p = \frac{m_1 Y_1 + m_2 Y_2 + m_3 Y_3 + \dots + m_n Y_n}{Y_n}$$

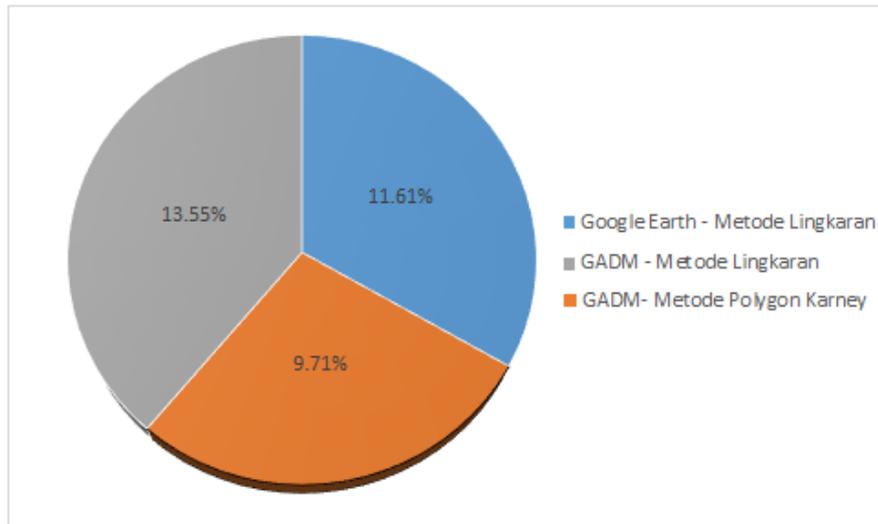
Dimana,

- m_i : massa (dimana nilai dari massa bernilai 1),
- X_i : titik koordinat berupa garis lintang (*latitude*),
- Y_i : titik koordinat berupa garis bujur (*longtitude*).

2. Mencari jarak titik P
Mencari jarak antara titik P dengan titik koordinat (X1, Y1) dan titik A (X2, Y2) maka menggunakan rumus jarak *Vincenty* (persamaan 17).
3. Menghitung jari-jari lingkaran
Menghitung jari-jari lingkaran (r) adalah rata-rata jarak antara pusat massa ke batas wilayah.
4. Menghitung luas lingkaran
Menghitung luas wilayah kecamatan didekati dengan luas lingkaran yaitu $L = \pi r^2$.



Gambar 4. Hasil perbandingan luas kecamatan dengan *Google Earth* dan GADM



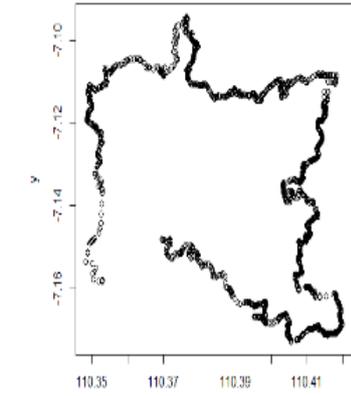
Gambar 5. Hasil persentase dengan memanfaatkan *Google Earth* dan GADM

Dapat dilihat pada Gambar 4, terdapat 19 luas wilayah setiap kecamatan yang dihitung dengan memanfaatkan titik koordinat yang terdapat di *Google Earth* menggunakan pendekatan lingkaran yang akan dibandingkan dengan luas wilayah dengan memanfaatkan data dari GADM dengan metode polygon dan metode pendekatan lingkaran dengan satuan km^2 . Jika dilihat dari Gambar 5, didapatkan persentase antara hasil pendekatan metode lingkaran memanfaatkan *Google Earth* yaitu 11,61% lebih banyak dari luas acuan, metode pendekatan lingkaran memanfaatkan data GADM yaitu 13,55% lebih banyak dari luas acuan dan metode polygon Karney yaitu 9,71% lebih banyak dari luas acuan. Akibatnya dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan metode polygon Karney dianggap lebih baik karena nilainya mendekati hasil BPS (Badan Pusat Statistik).

Terdapat perbedaan hasil luas wilayah kecamatan Ambarawa dan Ungaran Barat, jika dilihat dengan memanfaatkan *Google Earth* menggunakan metode pendekatan lingkaran dengan data GADM memanfaatkan pendekatan lingkaran dan polygon Karney. Kecamatan Ambarawa memiliki luas $9,25 \text{ km}^2$ (memanfaatkan *Google Earth* menggunakan pendekatan lingkaran), $27,61 \text{ km}^2$ (memanfaatkan data GADM menggunakan polygon Karney), $25,48 \text{ km}^2$ (memanfaatkan data GADM menggunakan pendekatan lingkaran) dan $28,22 \text{ km}^2$ (BPS). Kecamatan Ungaran Barat memiliki luas $62,60 \text{ km}^2$ (memanfaatkan *Google Earth* menggunakan pendekatan lingkaran), $37,25 \text{ km}^2$ (memanfaatkan data GADM menggunakan polygon Karney), $38,71 \text{ km}^2$ (memanfaatkan data GADM menggunakan pendekatan lingkaran) dan $35,96 \text{ km}^2$ (BPS). Perbedaan tersebut dikarenakan perbedaan batas wilayah antara *Google Earth* dan GADM, yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil gambar batas wilayah pada *Google Earth* dan GADM

Kecamatan	<i>Google Earth</i>	GADM
Ambarawa		

Kecamatan	Google Earth	GADM
Ungaran Barat		

Penelitian Basaria dkk., menghitung luas wilayah kabupaten/kota di provinsi Sulawesi Tengah dengan menggunakan metode poligon berdasarkan data yang diperoleh dari *Google Earth* dan tidak menggunakan batas wilayah yang diperoleh dari GADM sebagai perbandingan [8]. Dalam hal ini digunakan luas acuan dengan menggunakan data BPS.

Pada penelitian Prayogi dkk., dihitung luas wilayah seluruh kecamatan yang ada di Indonesia berdasarkan data GADM dengan menggunakan metode pendekatan lingkaran sedangkan dalam penelitian ini metode yang sama digunakan untuk kecamatan-kecamatan yang ada di Kabupaten Semarang dan dibandingkan hasilnya dengan data batas-batas wilayah yang diambil dari *Google Earth* dan perhitungan luas wilayah dengan metode pendekatan luas lingkaran serta dibandingkan dengan metode polygon Karney [7].

Pada penelitian Devi dkk., menghitung luas lahan menggunakan metode pendekatan segitiga sferik (teorema girard) dengan bantuan *Google Maps* [5]. Pendekatan segitiga sferik digunakan untuk menghitung luas lahan di kabupaten Semarang dengan asumsi bumi berbentuk bola dan elipsoidal. Selanjutnya hasil perhitungan luas kabupaten Semarang dibandingkan dengan data yang diperoleh dari BPS sebagai luas acuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode pendekatan segitiga sferik lebih cocok digunakan apabila jumlah sudut dalam koordinat segitiga sferik secara praktis lebih besar dari π , sehingga metode sferik tidak selalu dapat diterapkan. Tingkat akurasi titik pada *Google Maps* tidak konstan melainkan selalu berubah dari waktu ke waktu dan ketepatan pengambilan titik koordinat bergantung pada saat melakukan klik menggunakan cursor.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut (1) Diperoleh luas 19 kecamatan di kabupaten Semarang berdasarkan titik koordinat garis lintang (*latitude*) dan garis bujur (*longitude*) pada *Google Earth* menggunakan metode pendekatan lingkaran. Dari hasil keseluruhan luas diperoleh 11.61% lebih luas dari luas acuan. (2) Hasil keseluruhan luas 19 kecamatan di kabupaten Semarang mengacu pada data GADM menggunakan metode polygon yang diusulkan oleh Karney diperoleh 9.71% lebih banyak dari luas acuan dan metode pendekatan lingkaran diperoleh 13.55% lebih banyak dari luas acuan. (3) Hasil perbandingan antara perhitungan luas dengan memanfaatkan *Google Earth* menggunakan metode pendekatan lingkaran dan data GADM menggunakan metode pendekatan lingkaran serta polygon Karney menunjukkan bahwa data GADM menggunakan metode polygon Karney lebih baik dibanding yang lain. Metode polygon Karney dianggap lebih baik karena memiliki persentase lebih kecil yaitu 9,71% dan mendekati hasil yang dimiliki oleh BPS.

Penelitian ini dapat dikembangkan untuk wilayah yang lain dan dengan menggunakan metode lain dalam perhitungan luas wilayah.

Referensi

- [1] Badan Pusat Statistik. KABUPATEN SEMARANG DALAM ANGKA. BPS Kabupaten Semarang. 2020.
- [2] J. Chamber. Software for Data Analysis. Springer statistical and computing. New York: Springer-Verlag. 2008; 1-10.
- [3] GADM. 2018. <http://www.gadm.org/country> (diakses pada tanggal 2 September 2019).
- [4] Devi, A. Setiawan, E. Sedyono. Penentuan Luas Lahan Datar dengan Metode Pendekatan Lingkaran berbasis Google Earth/Google Maps. Prosiding Seminar Matematika dan Pendidikan Matematika. 2016; 916-926.
- [5] Devi, A. Setiawan, E. Sedyono. Penentuan Luas Lahan Menggunakan Metode Pendekatan Segitiga Sferik (Teorema Girard) dengan Bantuan Google Maps. Seminar Nasional Pendidikan Matematika Ahmad Dahlan. 2016; 236-243.
- [6] V. A. Windarni, A. Setiawan, E. Sedyono. The Evaluation of Land Area Measurement using GPS Technology. Jurnal Ilmiah KURSOR. 2017; 9(1): 1-8.
- [7] S. D. Prayogi, A. Setiawan, L. Linawati. Penentuan Luas Wilayah Daratan Indonesia Berdasarkan Big Data dari Database GADM Menggunakan Metode Pendekatan Lingkaran. Prosiding Sendika. 2019; 5(2): 151-156.
- [8] R. Basaria, A. Setiawan, E. Sedyono. Penentuan Luas Wilayah Kabupaten dan Kota di Provinsi Sulawesi Tengah Menggunakan Metode Poligon dengan Bantuan Google Earth. Jurnal Mercumatika: Jurnal Penelitian Matematika dan Pendidikan Matematika. 2018; 3(1): 9-22.
- [9] T. Vincenty. Direct and inverse solutions of geodesics on the ellipsoid with application of nested equations. Survey Review. 1975; 23(176): 8893.
- [10] C. F. F. Karney. Algorithms for geodesics. J. Geodesy. 2013; 87(1): 43-45.
- [11] Sears, Zamansky. Fisika Universitas (10th ed.). Jakarta: PT. Erlangga. 2002.