

## Diagram Voronoi dalam Penentuan Zonasi Penerimaan Peserta Didik Baru pada Sekolah Negeri

Azka Azkiyatul Mahmudah\*, Respitawulan, Yani Ramdani

Prodi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Islam Bandung, Indonesia.

\*10060219048@unisba.ac.id, respitawulan@unisba.ac.id, yaniramdani66@gmail.com

**Abstract.** Voronoi diagram is a way to divide an area into several parts (cells). Each of these cells has one dot representing one location. The cell is composed of three or more Voronoi lines that intersect at a point and are separated by a Voronoi line. This research was conducted to apply the Voronoi diagram on zoning division for the selection of new student admissions in public schools. To this date, the school zone was determined using certain radius from the intended school, so that overlapping zones can occur. To solve the zoning problem, we construct a Voronoi diagram by selecting the target school as the center point of each cell. The area of school zone division was obtained based on the area that has the closest distance to the intended school point.

**Keywords:** *Student Admission, Public School Zone, Voronoi Diagram.*

**Abstrak.** Diagram Voronoi merupakan suatu cara untuk membagi suatu wilayah menjadi beberapa bagian (sel). Setiap sel tersebut terdapat satu titik mewakili satu lokasi. Sel tersebut terbentuk dari lebih dari sama dengan tiga garis Voronoi yang bertemu pada satu titik dan dipisahkan oleh sebuah garis Voronoi. Penelitian ini dilakukan untuk memanfaatkan diagram Voronoi pada pembagian zonasi untuk seleksi Penerimaan Peserta Didik Baru di sekolah negeri. Selama ini zonasi hanya dilihat dari jarak ke sekolah yang dituju sehingga dapat terjadi tumpang tindih zona. Salah satu upaya dalam penyelesaian masalah zonasi adalah dengan menggambarkan diagram Voronoi dengan memilih sekolah yang dituju sebagai titik pusat. Berdasarkan diagram Voronoi yang telah dihasilkan, didapatkan pembagian wilayah zonasi yang dilihat berdasarkan wilayah yang memiliki jarak lebih dekat ke titik sekolah yang dituju.

**Kata Kunci:** *PPDB, Zonasi Sekolah Negeri, Diagram Voronoi.*

## A. Pendahuluan

Diagram Voronoi merupakan salah satu cabang ilmu dari geometri komputasi yang digunakan untuk membagi wilayah dari sekumpulan titik. Diagram Voronoi membagi suatu wilayah menjadi beberapa bagian yang disebut dengan sel. Setiap sel Voronoi terdapat satu titik yang mewakili satu wilayah. Sebuah sel Voronoi terbentuk dari lebih dari sama dengan tiga garis Voronoi yang bertemu pada satu titik. Simpul Voronoi memiliki jarak yang sama ke setiap titik yang dipisahkan oleh garis Voronoi [1]. Dilihat dari penelitian sebelumnya, diagram Voronoi telah digunakan oleh beberapa penulis di Indonesia sebagai bahan penelitian, di antaranya penentuan lokasi SMA Negeri baru di Kota Denpasar [2], penentuan wilayah Rumah Sakit rujukan di Kota Semarang [3], dan pemerataan letak sekolah di Kota Surabaya [4]. Namun belum ada penelitian yang mengkaji tentang pembuatan diagram Voronoi untuk penentuan zonasi untuk seleksi penerimaan siswa baru.

Sistem PPDB khususnya di Jawa Barat terdapat empat jalur, yaitu jalur zonasi, jalur afirmasi, jalur perpindahan orang tua/wali, dan jalur prestasi. Selama ini seleksi zonasi dilakukan dengan cara melihat jarak tertentu dari rumah ke sekolah, sehingga terdapat kemungkinan terjadinya tumpang tindih zona [5]. Karenanya, diperlukan suatu cara agar seleksi dengan jalur zonasi dapat dilakukan secara adil. Salah satu cara yang dapat dilakukan dalam penentuan zonasi PPDB sekolah negeri dengan menggunakan diagram Voronoi.

Umumnya sekolah negeri dengan jenjang yang lebih tinggi tidak memiliki kapasitas yang cukup untuk menampung keseluruhan lulusan sekolah negeri pada jenjang di bawahnya. Sebagai contoh di Kota Bandung terdapat 471 SD Negeri tetapi hanya ada 57 SMP Negeri, dan 27 SMA Negeri. Karenanya, akan dikonstruksi diagram Voronoi untuk penentuan zonasi Penerimaan Peserta Didik Baru (PPDB) pada sekolah negeri. Hal ini dikarenakan zonasi hanya berlaku di sekolah negeri.

## B. Metodologi Penelitian

Penentuan zonasi PPDB dalam penelitian ini menggunakan diagram Voronoi. Adapun konsep-konsep dasar yang diperlukan dikaji terlebih dahulu adalah sebagai berikut.

Misalkan  $P$  adalah himpunan  $n$  buah titik dengan  $n \geq 3$  pada bidang datar. Misalkan pula untuk setiap  $p, q \in P$  didefinisikan

$$B(p, q) = \{x | d(p, x) = d(q, x)\}$$

adalah himpunan titik-titik yang memiliki jarak sama ke  $p$  dan  $q$ , dengan  $d(p, x)$  dan  $d(q, x)$  masing-masing menyatakan jarak titik  $p$  dan titik  $q$  ke titik  $x$ . Himpunan  $B(p, q)$  dapat dipandang sebagai garis tegak lurus yang melalui titik tengah dari segmen  $\overline{pq}$  dan memisahkan dua buah bidang, yaitu bidang  $D(p, q) = \{x | d(p, x) < d(q, x)\}$  yang mengandung  $p$  dari bidang  $D(q, p) = \{x | d(p, x) > d(q, x)\}$  yang mengandung  $q$ . Himpunan

$$VR(p, P) = \bigcap_{q \in P, q \neq p} D(p, q)$$

disebut wilayah Voronoi dari  $p$  terhadap  $P$ , dan diagram Voronoi dari  $P$  adalah

$$V(P) = \bigcup_{p, q \in P, p \neq q} (\overline{VR(p, P)}) \cap \overline{VR(q, P)}$$

Secara matematis, masing-masing wilayah Voronoi adalah irisan dari  $n - 1$  buah bidang terbuka yang mengandung titik  $p$ . Wilayah Voronoi yang berbeda merupakan himpunan yang saling lepas [6].

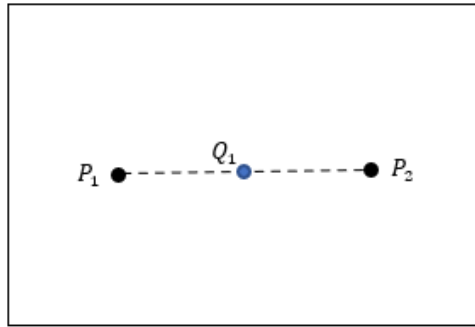
Berikut langkah-langkah pembuatan diagram Voronoi secara umum.

1. Menentukan lokasi yang akan dijadikan titik pusat.
2. Menentukan titik tengah antara dua titik koordinat yang berdekatan.

Misalkan  $P_1(x_1, y_1)$  dan  $P_2(x_2, y_2)$ , maka titik tengah antara  $P_1$  dan  $P_2$  adalah  $Q_1(x_3, y_3)$  dengan

$$x_3 = \frac{x_1 + x_2}{2}; y_3 = \frac{y_1 + y_2}{2}$$

Titik tengah tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.

**Gambar 1.** Titik Tengah Koordinat

3. Membuat garis yang tegak lurus dengan segmen garis yang dibentuk oleh dua titik dengan mencari gradien garis lurus terlebih dahulu.

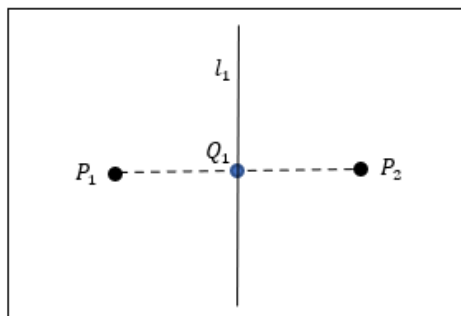
Gradien garis  $l_1$  yang melalui titik  $P_1$  dan  $P_2$  adalah

$$m_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

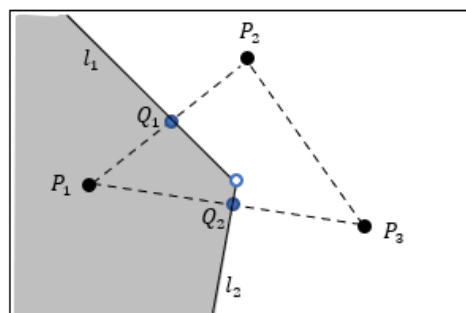
Gradien garis  $l_2$  yang tegak lurus dengan  $l_1$  adalah

$$m_2 = -\frac{1}{m_1}$$

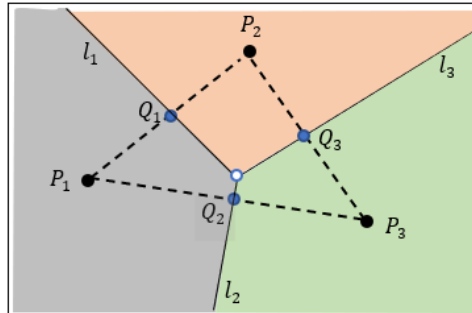
Himpunan  $B(P_1, P_2)$  merupakan garis  $l$  yang melalui  $P_3$  dengan gradien  $m_2$ . Garis tegak lurus dengan gradien  $m_2$  dan melalui titik tengah  $Q_1$  dapat dilihat pada Gambar 2.

**Gambar 2.** Garis Tegak Lurus

4. Dengan menggunakan cara yang sama, selanjutnya mencari titik tengah dan garis tegak lurus yang dibentuk oleh titik  $P_1$  dan  $P_3$  yang menjadi pusat wilayah Voronoi. lalu mencari titik-titik perpotongan antara garis-garis yang tegak lurus sehingga terbentuk wilayah Voronoi. Ilustrasi wilayah Voronoi dari  $P_1$  terhadap  $P_2$  dan  $P_3$  dapat dilihat pada Gambar 3.

**Gambar 3.** Wilayah Voronoi untuk  $P_1$

5. Wilayah yang diarsir pada Gambar 3 merupakan batas yang menjadi wilayah Voronoi untuk  $P_1$ . Setelah itu melakukan hal yang sama untuk mencari wilayah Voronoi pada titik lainnya. Hasil pembagian wilayah untuk titik  $P_1$ ,  $P_2$  dan  $P_3$  dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Diagram Voronoi untuk  $P_1$ ,  $P_2$  dan  $P_3$

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data titik koordinat SMP Negeri di Kecamatan X Kota Y. Titik koordinat sekolah negeri didapatkan dari *Google Maps* dengan mencari garis bujur dan garis lintang pada setiap titik wilayah. Letak astronomi setiap wilayah dikonversi ke dalam koordinat kartesius, di mana koordinat titik  $x$  merupakan garis bujur dan koordinat titik  $y$  merupakan garis lintang. Hal ini dapat dilakukan karena meskipun letak astronomi mengikuti koordinat bola, tapi karena wilayah yang diteliti jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan jari-jari bumi, maka koordinat garis lintang dan garis bujur tersebut dapat dipandang sebagai bidang datar. Setiap titik SMP Negeri diberi simbol  $Q$  seperti yang terlihat pada Tabel 1.

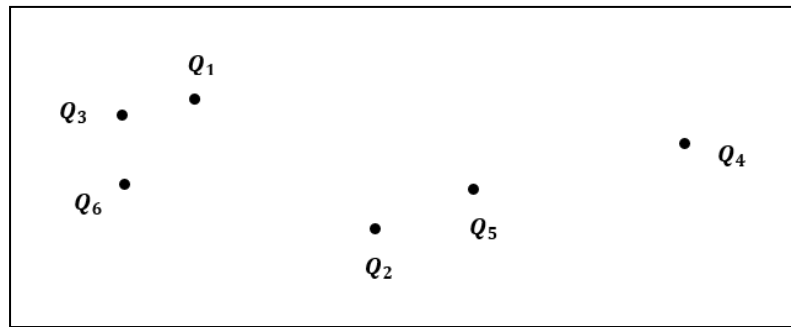
**Tabel 1.** Titik Koordinat SMP Negeri

| Kode  | SMP Negeri   | Garis Bujur (x) | Garis Lintang (y) |
|-------|--------------|-----------------|-------------------|
| $Q_1$ | SMP Negeri 1 | 107.6205981     | -6.813251383      |
| $Q_2$ | SMP Negeri 2 | 107.6421259     | -6.828319324      |
| $Q_3$ | SMP Negeri 3 | 107.6121985     | -6.81549651       |
| $Q_4$ | SMP Negeri 4 | 107.6774885     | -6.818355885      |
| $Q_5$ | SMP Negeri 5 | 107.6535096     | -6.823733079      |
| $Q_6$ | SMP Negeri 6 | 107.6128393     | -6.823321655      |

### C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

#### Menentukan lokasi titik pusat

Berdasarkan data pada Tabel 1, lokasi titik pusat SMP Negeri Kecamatan X tampak pada Gambar 5.



Gambar 5. Titik-titik SMP Negeri

**Menentukan titik tengah antara dua titik koordinat yang berdekatan**

Untuk mendapatkan pembagian wilayah pada  $Q_1$ , penentuan titik tengah antara dua titik koordinat antara  $Q_1$  dengan lainnya yang diberi simbol  $R$ . Hasil perhitungan titik tengah antara  $Q_1$  dan  $Q_3$  adalah

$$x_3 = \frac{107.6205981 + 107.6121985}{2} = 107.6163983$$

$$y_3 = \frac{-6.813251383 + -6.81549651}{2} = -6.814373947$$

Untuk titik tengah antara titik koordinat  $Q_1$  dan  $Q_3$  adalah  $R_1(107.6163983, -6.814373947)$ .

Hasil perhitungan titik tengah antara  $Q_1$  dan  $Q_6$  adalah

$$x_3 = \frac{107.6205981 + 107.6128393}{2} = 107.6163983$$

$$y_3 = \frac{-6.813251383 + -6.823321655}{2} = -6.818286519$$

Untuk titik tengah antara titik koordinat  $Q_1$  dan  $Q_6$  adalah  $R_2(107.6163983, -6.818286519)$ .

Hasil perhitungan titik tengah antara  $Q_1$  dan  $Q_2$  adalah

$$x_3 = \frac{107.6205981 + 107.6421259}{2} = 107.631362$$

$$y_3 = \frac{-6.813251383 + -6.828319324}{2} = -6.820785354$$

Untuk titik tengah antara titik koordinat  $Q_1$  dan  $Q_2$  adalah  $R_3(107.631362, -6.820785354)$ .

Hasil perhitungan titik tengah antara  $Q_1$  dan  $Q_5$  adalah.

$$x_3 = \frac{107.6205981 + 107.6535096}{2} = 107.6370538$$

$$y_3 = \frac{-6.813251383 + 6.823733079}{2} = -6.818492231$$

Untuk titik tengah antara titik koordinat  $Q_1$  dan  $Q_5$  adalah  $R_4(107.6370538, -6.818492231)$ .

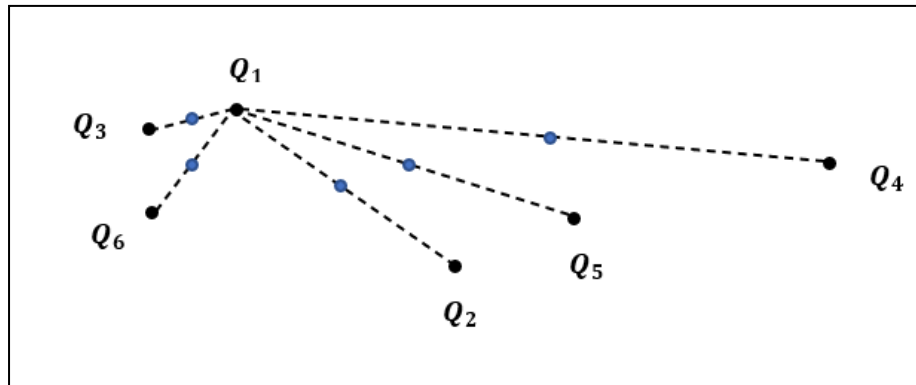
Hasil perhitungan titik tengah antara  $Q_1$  dan  $Q_4$  adalah

$$x_3 = \frac{107.6205981 + 107.6774885}{2} = 107.6490433$$

$$y_3 = \frac{-6.813251383 + -6.818355885}{2} = -6.815803634$$

Untuk titik tengah antara titik koordinat  $Q_1$  dan  $Q_4$  adalah  $R_5(107.6490433, -6.815803634)$ .

Hasil perhitungan titik tengah di atas dapat digambarkan pada Gambar 6 berikut.

Gambar 6. Titik Tengah Koordinat untuk  $Q_1$ 

Setelah itu mencari garis yang tegak lurus dengan segmen garis yang dibentuk oleh dua titik dengan cara menghitung gradien  $m_1$  dan  $m_2$ , Perhitungan gradien pada titik  $Q_1$  adalah sebagai berikut.

Untuk gradien garis  $Q_1$  dan  $Q_3$ :

$$\text{Gradien garis } l_1 \text{ yang melalui titik } Q_1 \text{ dan } Q_3 \text{ adalah}$$

$$m_1 = \frac{-6.81549651 - -6.813251383}{107.6121985 - 107.6205981} = 0.267287865$$

Gradien garis  $l_3$  yang tegak lurus dengan  $l_1$  adalah

$$m_2 = -\frac{1}{0.267287865} = -3.741284705$$

Untuk gradien garis  $Q_1$  dan  $Q_6$ :

$$\text{Gradien garis } l_1 \text{ yang melalui titik } Q_1 \text{ dan } Q_6 \text{ adalah}$$

$$m_1 = \frac{-6.823321655 - -6.813251383}{107.6121985 - 107.6128393} = 1.297920118$$

Gradien garis  $l_6$  yang tegak lurus dengan  $l_1$  adalah

$$m_2 = -\frac{1}{1.297920118} = -0.770463441$$

Untuk gradien garis  $Q_1$  dan  $Q_2$ :

$$\text{Gradien garis } l_1 \text{ yang melalui titik } Q_1 \text{ dan } Q_2 \text{ adalah}$$

$$m_1 = \frac{-6.828319324 - -6.813251383}{107.6421259 - 107.6205981} = -0.699931359$$

Gradien garis  $l_2$  yang tegak lurus dengan  $l_1$  adalah

$$m_2 = -\frac{1}{-0.699931359} = 1.428711525$$

Untuk gradien garis  $Q_1$  dan  $Q_5$ :

$$\text{Gradien garis } l_1 \text{ yang melalui titik } Q_1 \text{ dan } Q_5 \text{ adalah}$$

$$m_1 = \frac{-6.823733079 - -6.813251383}{107.6535096 - 107.6205981} = -0.318481661$$

Gradien garis  $l_5$  yang tegak lurus dengan  $l_1$  adalah

$$m_2 = -\frac{1}{-0.318481661} = 3.139898216$$

Untuk gradien garis  $Q_1$  dan  $Q_4$ :

$$\text{Gradien garis } l_1 \text{ yang melalui titik } Q_1 \text{ dan } Q_4 \text{ adalah}$$

$$m_1 = \frac{-6.818355885 - -6.813251383}{107.6774885 - 107.6205981} = -0.089725208$$

Gradien garis  $l_4$  yang tegak lurus dengan  $l_1$  adalah

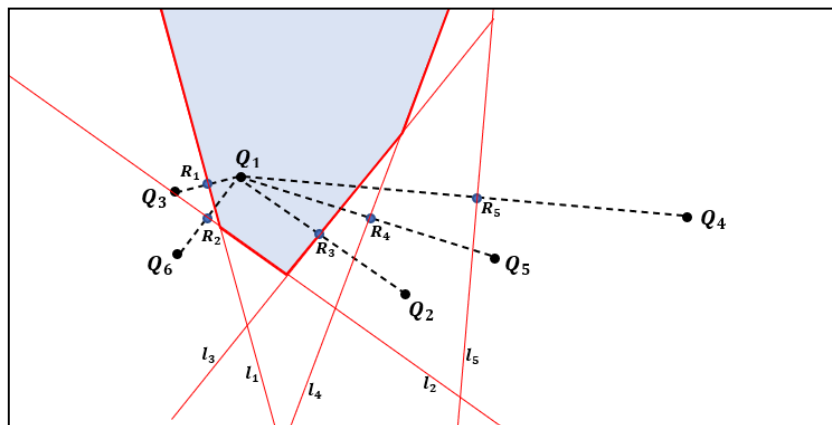
$$m_2 = -\frac{1}{-0.089725208} = 11.14513993$$

Dilihat dari perhitungan di atas, didapatkan hasil untuk  $Q_1$  sampai dengan  $Q_6$  menggunakan cara yang sama. Hasil perhitungan untuk wilayah  $Q_1$  dapat disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Perhitungan Garis Tegak Lurus

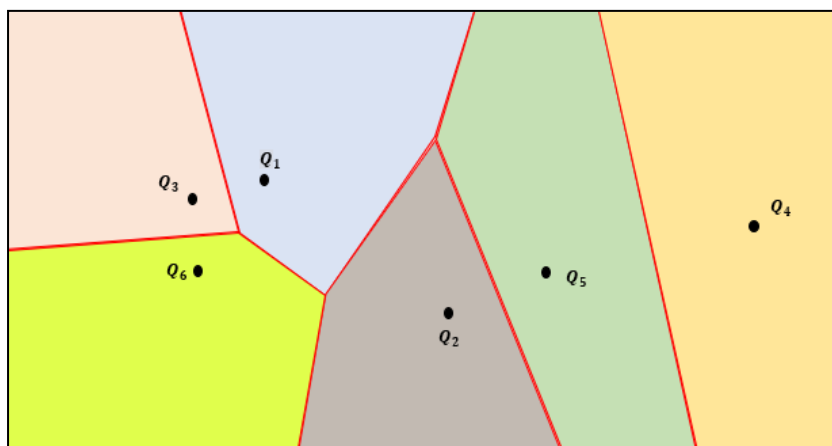
| Kode            | Titik Tengah                     | $m_1$        | $m_2$        |
|-----------------|----------------------------------|--------------|--------------|
| $Q_1$ dan $Q_3$ | $R_1(107.6163983, -6.814373947)$ | 0.267287865  | -3.741284705 |
| $Q_1$ dan $Q_6$ | $R_2(107.6163983, -6.818286519)$ | 1.297920118  | -0.770463441 |
| $Q_1$ dan $Q_2$ | $R_3(107.631362, -6.820785354)$  | -0.699931359 | 1.428711525  |
| $Q_1$ dan $Q_5$ | $R_4(107.6370538, -6.818492231)$ | -0.318481661 | -0.318481661 |
| $Q_1$ dan $Q_4$ | $R_5(107.6490433, -6.815803634)$ | -0.089725208 | 11.14513993  |

Berdasarkan data pada Tabel 2, terdapat hasil titik-titik perpotongan antara garis-garis yang tegak lurus sehingga membentuk wilayah  $Q_1$ . Wilayah tersebut dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Wilayah Voronoi untuk  $Q_1$

Wilayah  $Q_1$  pada Gambar 10 menunjukkan bahwa garis yang berpotongan terdapat pada garis yang melalui titik tengah koordinat  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  dan  $R_4$ . Sedangkan titik  $R_5$  tidak memotong garis manapun untuk wilayah  $Q_1$ . Dengan menggunakan cara yang sama, perhitungan dapat dilakukan untuk menentukan wilayah  $Q_2$  sampai dengan  $Q_6$  sehingga didapatkan hasil seperti pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Hasil Diagram Voronoi

Berdasarkan Gambar 8, wilayah yang dihasilkan pada diagram Voronoi tidak terjadi tumpang tindih, kecuali jika lokasi tempat tinggal pendaftar tepat berada pada garis Voronoi. Namun demikian, dengan menggunakan diagram Voronoi, lokasi telah dibagi berdasarkan titik-titik yang berada lebih dekat kepada titik pusat sel Voronoi, dalam hal ini wilayah yang dituju adalah sekolah negeri.

#### **D. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian, diagram Voronoi dapat digunakan untuk melakukan pembagian wilayah PPDB berdasarkan zonasi. Pembagian wilayah tidak ada yang tumpang tindih dan didasarkan pada jarak terdekat dengan sekolah yang dituju. Namun demikian untuk mempermudah penerapan diagram Voronoi dalam zonasi sekolah perlu dibuat suatu program untuk menggabungkan diagram Voronoi yang dihasilkan dengan peta wilayah sekolah negeri yang dituju.

#### **Daftar Pustaka**

- [1] Purnomo, K. D., Pramesti, F. I. 2019. Analisis Penentuan Lokasi ATM Menggunakan Diagram Voronoi pada Bank Syariah. *Jurnal Ilmiah Matematika dan Pendidikan Matematika (JMP)*, vol. 14, hal. 109-120.
- [2] Hermanto, M, dkk. 2019. Penentuan Lokasi SMA Negeri Menggunakan Diagram Voronoi Berbobot di Kota Denpasar. *E-Jurnal Matematika*, vol. 2, hal. 27-31.
- [3] Sudaryanto, S., Sudaryanto. 2019. Analisis Penentuan Wilayah Fasilitas Kesehatan (Faskes) Rujukan Berjenjang Berbasis GIS sebagai Dasar Distribusi Pelayanan Kesehatan dengan Pendekatan Weighted Voronoi Diagram. *Prosiding SNATIF Ke -6*.
- [4] Silalahi, A, D. 2019. Visualisasi Coverage Sekolah Menggunakan Diagram Voronoi dan HTML5. Tidak diterbitkan. Surabaya : Program Sarjana Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [5] Bandung, P. K. 2021. *Cara Menentukan Jarak Rumah-Sekolah*. diambil dari <https://ppdbkotabandung.wordpress.com/arsip-ppdb/ppdb-2020/cara-menentukan-jarak-rumah-sekolah/>. Diakses pada 23 Januari 2023.
- [6] Aurenhammer, F dan Klein, R. 2011. Voronoi Diagrams. *Partially supported by the Deutsche Forschungsgemeinschaft, grant Kl, no. 655 2-2*.
- [7] Arofah Alma, Respitawulan. (2022). *Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Kenaikan Kelas Santri Menggunakan Metode TOPSIS*. *Jurnal Riset Matematika*, 2(2), 121-128.