

## **ANALISIS PENENTUAN WILAYAH FASILITAS KESEHATAN (FASKES) RUJUKAN BERJENJANG BERBASIS GIS SEBAGAI DASAR DISTRIBUSI PELAYANAN KESAHATAN DENGAN PENDEKATAN WEIGHTED VORONOI DIAGRAM**

**Slamet Sudaryanto N<sup>1\*</sup>, Sudaryanto<sup>2</sup>**

Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Dian Nuswantoro Semarang

<sup>1</sup>Jl. Imam Bonjol No. 2015-207, Kota Semarang 50131

\*Email: [slametalica301@dsn.dinus.ac.id](mailto:slametalica301@dsn.dinus.ac.id)

### **Abstrak**

Artikel ini menjelaskan metode identifikasi lokasi fasilitas kesehatan (Rumah Sakit rujukan) untuk sistem rujukan berjenjang dengan menerapkan diagram voronoi tertimbang multiplikatif (Multiplicatively Weighted Voronoi Diagram) yang terintegrasi dengan GIS. Diagram voronoi tertimbang ini didefinisikan sebagai perpanjangan dari diagram voronoi biasa (ordinary voronoi diagram). Bobot yang diberikan dalam diagram voronoi tertimbang ini merupakan tambahan variable dari fenomena yang diwakili dari setiap titik. Jarak tertimbang kemudian dihitung sebagai fungsi yang tergantung dari berat dan jarak encluiden. Metode ini berasal dari jalur rujukan berjenjang yang ditetapkan sebelumnya dan mempertimbangkan jangkauan area rumah sakit rujukan. Sebagai parameter untuk menentukan area cakupan pertama kami menggunakan kerapatan titik yang mewakili area aktivitas rujukan maksimum terkonsentrasi dari fasilitas kesehatan tingkat pertama (FKTP). Masalah yang mengganggu pelayanan rujukan berjenjang biasanya melibatkan kriteria dan kendala optimasi tambahan, seperti keseimbangan, kedekatan dan ketepatan layanan. Semua kriteria tersebut mengacu pada penerapan kapitasi berbasis kinerja (KBK) yang dijadikan bobot dalam menentukan area rujukan pada fasilitas kesehatan rujukan tingkat lanjut (FKRTL). Hasil atau jumlah pelayanan tiap area rujukan dapat dijadikan bobot untuk kerapatan titik, seperti angka kontak, rasio rujukan rawat jalan kasus non spesialis (RNS), rasio prolanis rutin berkunjung ke FKTP serta kontak rate atau rasio kunjungan rumah (RKR). Tujuan dari pembahasan dalam makalah ini adalah untuk mendapatkan model partisi yang dioptimalkan dari suatu wilayah menjadi unit wilayah-wilayah yang disebut zona atau lokasi. Metode ini diterapkan pada Area Rujukan Berjenjang dari FKTP menuju FKRTL, dan produk akhirnya adalah kerangka kerja pemberian bobot pada lokasi rujukan berjenjang yang memungkinkan perencanaan sistem rujukan terintegrasi dengan mempertimbangkan sistem layanan penunjang lain yang ada. Rumah Sakit Rujukan diklasifikasikan berdasarkan tingkat kepadatan aktivitas layanan dan pentingnya integrasi. Rujukan primer adalah representasi dari jaringan rujukan skunder (tingkat lanjut) dan rujukan primer adalah jaringan rujukan yang bertanggung jawab untuk mendistribusikan pasien ditingkat lanjut atau pusat "kawasan" spesialis atau sub spesialis. Variabel sebaran rumah sakit rujukan, jumlah pasien rujukan, kapasitas fasilitas layanan rumah sakit rujukan digunakan sebagai pembobot dalam setiap sebaran titik rumah sakit layanan skunder.

**Kata kunci:** diagram voronoi, GIS, FKTP, FKRTL

### **1. PENDAHULUAN**

Implementasi Sistem rujukan berjenjang berbasis kompetensi melalui sistem informasi terintegrasi saat ini memiliki beberapa permasalahan. Salah satu permasalahan tersebut adalah "penumpukan" pasien pada rujukan skunder (spesialis dan sub spesialis) karena permintaan rujukan dari fasilitas kesehatan tingkat pertama (FKTP) ke fasilitas kesehatan rujukan tingkat lanjutan (FKRTL) terus meningkat. Dalam manajemen fasilitas kesehatan (Faskes) rujukan yang telah dilakukan oleh pemerintah telah menerapkan perencanaan fasilitas kesehatan rujukan tingkat lanjutan (FKRTL). Akan tetapi analisa kebutuhan didalam menghitung kebutuhan faskes hanya menggunakan rasio *National Health Services* (NHS), bahwa kecukupan kebutuhan faskes tingkat lanjutan adalah berdasarkan rasio 1: 50.000 sampai dengan 500.000 jiwa. Instrumen utama dalam memenuhi rasio tersebut hanya menggunakan pendekatan jumlah tempat tidur rawat inap, sedangkan yang berkaitan dengan seleksi penentuan pemenuhan rasio faskes lanjutan mengandalkan pada kegiatan supervisi lapangan. Hal ini diperlukan unsur GIS (seperti kriteria tematik dan kriteria geometris) sebagai metode baru dengan analisa sebaran wilayah faskes dan rasio pelayanan peserta asuransi dalam lingkungan faskes tertentu sehingga bisa digunakan untuk perencanaan distribusi

ketersediaan faskes dan fasilitas penunjang lainnya yang berkaitan dengan pelayanan kesehatan peserta asuransi kesehatan.

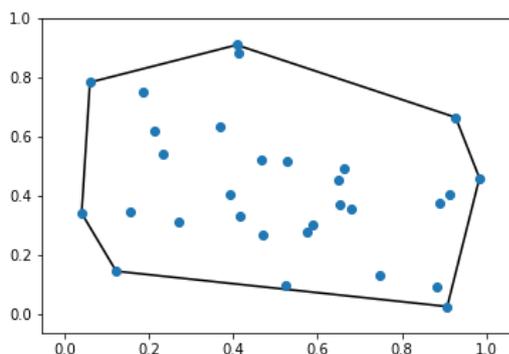
Masalah “mobilitas” atau distribusi sebagai aliran rujukan dari layanan tingkat primer ke layanan tingkat lanjutan sangat tergantung fasilitas dan kapasitas yang ada pada fasilitas layanan tingkat primer tersebut, terutama pola kecenderungan atau karakteristik penyakit (epidemiologi) pada suatu wilayah tertentu.

Semua faskes tingkat primer maupun faskes tingkat skunder sudah memiliki indikator semua pelayanan kesehatan dan tingkat rasio pelayanan seperti rasio angka kontak (AK), rasio rujukan rawat jalan kasus non spesialis (RNS), rasio peserta prolans rutin berkunjung ke FKTP (RPPB) dan rasio pelayanan lainnya. Hal ini berarti setiap tingkatan faskes sudah memiliki target rasio zona aman. Jika jumlah layanan kesehatan faskes primer terjadi di atas angka zona aman (di atas rasio) maka akan mempengaruhi ketidakamanan rasio di tingkat skunder, sehingga jika itu terjadi pada rawat jalan atau rawat inap akan terjadi tumpukan layanan dan penolakan layanan terhadap pasien. Angka pencapaian layanan kesehatan kedalam standar rasio pada tingkat zona aman ini dapat diintegrasikan dalam analisa zonasi wilayah pelayanan kesehatan. Untuk mengantisipasi peningkatan pelayanan rujukan pada suatu wilayah, diperlukan adanya penambahan fakes baru seperti rumah sakit rujukan atau pengembangan kapasitas rumah sakit rujukan tingkat lanjut yang sudah ada. Pengelola asuransi kesehatan atau Dinas Kesehatan memerlukan inovasi rencana untuk menentukan jumlah, kapasitas dan lokasi dari rumah sakit rujukan guna mempertemukan kebutuhan rujukan dari tingkat primer ke tingkat lanjut. Rencana tersebut membutuhkan analisa dan identifikasi beban layanan masing-masing fasilitas rujukan yang sudah ada.

Diagram voronoi adalah metode untuk membagi wilayah atau ruang diantara sekumpulan titik-titik yang menetapkan area untuk masing-masing. Properti utama dari wilayah ini adalah bahwa setiap area mewakili ruang dimana titik-titik tersebut adalah tetangga terdekat (nearest neighbor). Diagram voronoi menunjukkan pembagian suatu wilayah tertentu menjadi beberapa bagian yang disebut *sell*, dimana masing-masing bagian berisi satu titik lokasi yang disebut *site*. Setiap titik didalam suatu *sell* memiliki jarak lebih dekat ke *site* yang berada didalam *cell* tersebut dibanding dengan *site* lainnya pada wilayah tersebut. Dengan demikian, setiap titik pada wilayah tersebut telah dipasangkan dengan *site* yang terdekat (Berg et al, 2008).

Ada beberapa ekstensi pada diagram voronoi yang dapat menetapkan area berdasarkan pada beberapa poin property, sehingga memberikan cara untuk membedakan setiap titik dengan keterwakilan mereka. Salah satu dari ekstensi ini adalah Diagram Voronoi Tertimbang Multiplikatif (*Multiplicatively Weighted Voronoi Diagram*). Diagram Voronoi Tertimbang Multiplikatif merupakan algoritma yang digunakan dalam memecahkan masalah (pemberian rujukan berjenjang pada paper ini).

Studi ini mengusulkan metode baru berdasarkan versi diskrit dari diagram Voronoi tertimbang yang adaptif yang memungkinkan untuk membagi ruang dua dimensi ke dalam zona ukuran tertentu, dengan mempertimbangkan posisi dan berat masing-masing rasio pelayanan kesehatan. Metode ini terdiri dari berulang kali memecahkan diagram Voronoi berbobot additif tradisional, sehingga bobot setiap rasio pelayanan kesehatan diperbarui pada setiap iterasi. Zona terhubung secara geografis menggunakan metrik berdasarkan jalur terpendek (Yan, H., & Weibel, R., 2008).



Gambar 1. Convex Hull

Salah satu parameter dalam analisis pengembangan faskes rujukan adalah pembobotan dari masing-masing rasio dan target indikator pelayanan faskes primer dari sekitar wilayah faskes rujukan, disamping rasio dari pelayanan faskes skunder tersebut. Jika pelayanan kesehatan pada beberapa faskes primer selalu mengalami zona tidak aman sudah pasti akan terjadi penumpukan pasien pada tingkat skunder. Rasio rujukan rawat jalan kasus non spesialisistik sebagai mana di maksud pada pembahasan diatas merupakan jumlah peserta yang di rujuk dengan diagnosa yang termasuk dalam level kompetensi FKTP sesuai dengan Panduan Praktik Klinis di bandingkan dengan jumlah seluruh Peserta yang dirujuk oleh FKTP. Rasio rujukan rawat jalan kasus non spesialisistik sebagaimana dimaksud pada pembahasan diatas merupakan indikator untuk mengetahui optimalnya koordinasi dan kerjasama antara FKTP dengan FKTRL sehingga sistem rujukan terselenggara sesuai indikasi medis dan kompetensinya. Permasalahan jumlah rujukan dari sejumlah FKTP tersebut sebagai inputan yang harus ditempuh setiap pasien hingga mencapai FKTRL sebagai faskes rujukan terdekat. Sebarab RS rujukan direpresentasikan sebagai sebaran *point* dan rasio jumlah pelayanan pasien dimasing-masing area spesifik dihitung rasio dari target pelayanannya setiap hari.

Dengan diagram Voronoi berbobot akan membuka jalan untuk memecahkan sejumlah masalah nyata dalam kehidupan nyata. Secara khusus, penggunaan diagram Voronoi yang biasa tidak untuk memecahkan masalah kebutuhan faskes dan distribusi pasien rujukan. Diagram Voronoi berbobot atau tertimbang ganda (*multiplicatively weighted voronoi diagram*) untuk memodelkan area rujukan berjenjang. Diagram Voronoi tertimbang multiplikatif untuk memecahkan masalah distribusi pasien rujukan berjenjang. Pemanfaatan diagram Voronoi biasa tidak biasa dalam masalah pelayanan kesehatan, terkait dengan pendekatan permintaan rujukan berkelanjutan, juga memungkinkan untuk pengenalan hambatan pelayanan ke dalam model. Ini adalah properti yang penting karena memungkinkan untuk mengatasi masalah dengan hambatan yang ditimbulkan oleh jumlah distribusi pasien rujukan, fasilitas penunjang, jumlah paramedis, jenis penyakit atau kasus, dll.

Dengan demikian, tujuan utama dari makalah ini adalah mengusulkan penggunaan metode diagram Voronoi tertimbang yang terintegrasi dengan model GIS untuk masalah alokasi atau distribusi rujukan berjenjang, menggabungkan pendekatan *Power Diagram Voronoi* dengan algoritma Optimasi. Dengan hasil bidang strategis, dimungkinkan untuk menentukan kerangka kerja untuk integrasi dengan jaringan pelayanan kesehatan berjenjang. Dengan cara ini, kami merencanakan model “transportasi” rujukan yang efisien, terintegrasi, dan berkelanjutan yang tahan terhadap masalah mobilitas rujukan berjenjang.

## 2. METODOLOGI

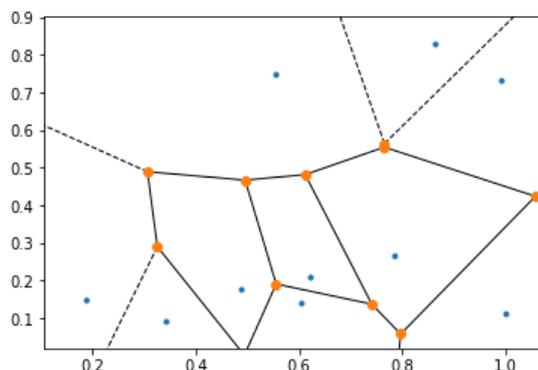
Diagram voronoi dari suatu set “*sites*” atau “*generator*” adalah kumpulan wilayah yang membagi bidang. Setiap wilayah terkait dengan salah satu site tau generator, dan semua titik Diagram Voronoi menunjukkan pembagian suatu wilayah tertentu menjadi beberapa bagian yang disebut *cell*, di mana masing-masing bagian berisi satu titik lokasi (*site*). Setiap titik di dalam suatu *cell* memiliki jarak lebih dekat ke *site* yang berada di dalam *cell* tersebut dibandingkan dengan *site* lainnya pada wilayah tersebut. Dengan demikian, setiap titik pada wilayah tersebut telah dipasangkan dengan *site* yang terdekat (Berg et al, 2008) di suatu wilayah lebih dekat ke *site* yang sesuai dengan wilayahnya daripada *site* yang lain. Diagram voronoi adalah alat yang berguna untuk mempelajari kedekatan geometrik dalam sebuah bidang. Ini memungkinkan pengaruh identifikasi cakupan area dan wilayah dalam ruang, dan oleh sebab itu diterapkan untuk beberapa masalah seperti lokasi suatu fasilitas (*facility location problem*) dan zonasi. Diagram voronoi juga dikenal sebagai *Tessellation Dirichlet*. Konsep utama dari diagram voronoi ditemukan oleh Reitsma, R. and Trubin, S., (2007), “Diberikan sejumlah titik-titik yang berbeda dalam ruang Euclidean 2-D, diagram Voronoi dari set titik adalah kumpulan daerah yang membagi bidang dan semua lokasi di satu wilayah (kecuali batas wilayah) lebih dekat ke titik yang berhubungan daripada ke titik lain”.

Sedangkan secara konsep matematika ditemukan oleh Novaes (2007): “Diberikan satu himpunan titik yang berbeda  $P = \{P_1, P_2, \dots, P_m\}$  didalam ruang kontinyu (bidang), maka akan berusaha untuk melibatkan semua titik lain dari ruang dengan himpunan tertutup titik  $m$  anggota terdekat dari himpunan  $P$  adalah himpunan generator diagram voronoi, dengan  $m \geq 2$ ”. Diagram voronoi menunjukkan pembagian suatu wilayah tertentu menjadi beberapa bagian yang disebut *cell*, dimana masing-masing bagian berisi satu titik lokasi yang disebut *site* (Tiede, D. & Strobl, J., 2006).

Didefinisikan  $V(p_i)$ , sel Voronoi untuk  $p_i$ , sebagai himpunan titik  $q$  yang lebih dekat ke  $p_i$  dibandingkan ke site lainnya. Sehingga, sel voronoi untuk  $p_i$  didefinisikan dengan persamaan :

$$V(p_i) = \{q \mid \text{jarak}(p_i, q) < \text{jarak}(p_j, q), \text{ untuk } j \neq i\} \text{ atau } P_i = \{x \mid d(x, p_i) \leq d(x, p_j)\} \tag{1}$$

Jadi diagram voronoi dari suatu himpunan titik merupakan pembagian planar oleh sel – sel voronoi dari titik-titik tersebut.

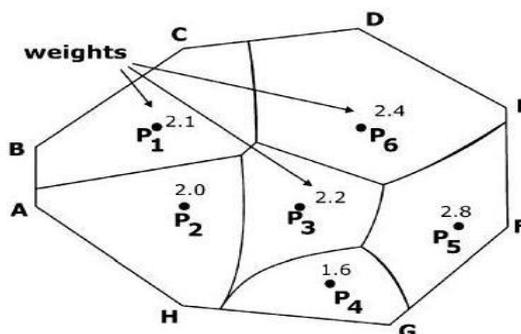


Gambar 2. Diagram Voronoi

**2.1. Diagram Voronoi Tertimbang (Weighted Voronoi Diagrams - WVD)**

Didalam diagram voronoi selain terdapat titik generator dan lokasi yang sama juga memiliki persamaan nilai atau bobot. Gagasan menempatkan titik tertimbang yang berbeda untuk titik generator bisa lebih berguna daripada memiliki titik tertimbang yang seragam dalam beberapa skenario. Titik generator tertimbang kadang-kadang lebih aplikatif, seperti ketika melihat populasi suatu pemukiman, jumlah lulusan di suatu wilayah, jumlah toko dipusat perbelanjaan, atau jumlah atom didalam struktur (Yan, H., & Weibel, R., 2008).

Dalam kasus sederhana dari diagram voronoi, jarak dari titik mana saja ke titik generator diwakili oleh norma Euclidean. Tepi poligon Voronoi yang dihasilkan dalam bidang adalah segmen garis. Namun ada beberapa situasi ketika jarak Euclidean tidak merupakan proses yang menarik. Misalnya, anggap bahwa enam titik generator yang ditunjukkan pada Gambar 3 adalah toko ritel yang menjual produk yang sama. Asumsikan lebih lanjut bahwa, selain jarak, daya tarik toko-toko tersebut tergantung pada serangkaian fitur, yang mengarah ke koefisien bobot yang ditunjukkan pada Gambar 3. Untuk mempertimbangkan unsur-unsur ini, beberapa jenis diagram Voronoi tertimbang telah dikembangkan sesuai situasi variable bobot. Diagram ini menggunakan kelompok bobot  $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$  sehingga daerah dominasi meningkat dengan bobot  $w_i$ . Misalnya, diagram Voronoi planar tertimbang multiplikasi seperti gambar dibawah ini.



Gambar 3. Diagram Voronoi Tertimbang

Secara formal definisi dari diagram voronoi tertimbang didapat dari perpanjangan definisi diagram voronoi biasa, bahwa wilayah voronoi  $V_i$  adalah persimpangan wilayah dominasi  $p_i$  dari setiap titik generator lainnya di  $P$ . Dengan mengubah jarak Euclidean  $d(x, p_i)$  untuk jarak tertimbang  $d_w(x, p_i)$ . Sehingga kita akan memiliki persamaan yang sedikit berbeda (untuk daerah dominan dalam diagram voronoi tertimbang wilayah dominasi  $W_{p_i}$  dari  $p_i$  generator), idenya dasarnya tetap sama dengan persamaan diagram voronoi. Wilayah dominasi  $p_i$  titik generator yang satu atas titik generator yang lain,  $p_j$ , dimana  $i \neq j$  dan  $d_w(x, p_i)$  adalah jarak tertimbang antara titik  $x$  dan  $p_i$ , ditulis sebagai :

$$Dom_w(p_i, p_j) = \{x | d_w(x, p_i) \leq d_w(x, p_j)\} \text{ atau } W_{p_i} = \{x | d_w(x, p_i) \leq d_w(x, p_j)\} \tag{2}$$

Dengan menggunakan fungsi jarak sebagai rasio jarak euclidean dengan bobot generator Diagram Voronoi Tertimbang Multiplikatif diperoleh persamaan.

$$d(x, p_i) = \frac{(x - p_i)}{w_i} \tag{3}$$

**2.2. Diagram Voronoi Berbobot Multiplikatif (Multiplicatively Weighted Voronoi Diagram - MWVD)**

Diagram voronoi berbobot multiplikatif didefinisikan dengan cara yang mirip dengan diagram voronoi, dengan penambahan bobot di setiap  $n$  situs (Berg, M.d et all, 2008). Dalam definisi diagram voronoi klasik, situs memiliki bobot yang sama. MWVD menggantikan jarak euclidean yang digunakan oleh diagram voronoi dengan  $d_{mw}$  jarak baru yang ditentukan dengan persamaan dibawah ini.

$$d_{mw}(p, p_i) = \frac{||x - p_i||}{w_i} \text{ dimana, } w_i > 1, \tag{4}$$

Ini disebut jarak multiplikatif atau jarak MW. Ada banyak nama untuk diagram voronoi yang terkait:  $V_{mw}$ , diagram voronoi berbobot ganda, diagram MW-voronoi tessellation, tessellation Dirichlet circular, atau model Apollonius.

**2.3. Diagram Voronoi Tertimbang Tambah (Additively Weighted Voronoi Diagram)**

Diagram Voronoi dengan bobot tambahan didefinisikan ketika bobot positif dikurangi dari jarak antara titik. Di bidang di bawah jarak Euclidean biasa diagram ini juga dikenal sebagai tessellation dirichlet hiperbolik dan ujung-ujungnya adalah busur hiperbolik dan segmen garis lurus (Yongxi, G et all, 2012).

Jenis diagram Voronoi tertimbang ini memiliki jarak tertimbangannya diberikan sebagai berikut :

$$d_{aw}(p, p_i) = ||x - p_i|| - w_i \tag{5}$$

Wilayah dominasi diagram Voronoi dengan bobot tambahan adalah diberikan oleh

$$Dom_{aw}(p_i, p_j) = \{x | ||x - p_i|| - w_i \leq ||x - p_j|| - w_j\}; \text{ dimana } i \neq j: \tag{6}$$

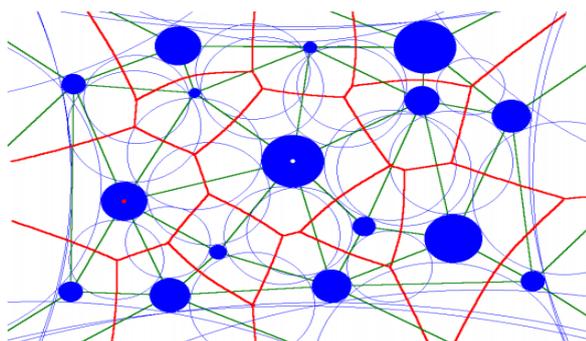
Di sini, tanda  $w_i$  tidak dibatasi, kombinasi antara bobot aditif dan multiplikatif mengarah pada diagram Voronoi berbobot majemuk, yang dikaitkan dengan

$$d_{mw}(p, p_i) = \frac{||x - p_i||}{w_i} - w_i \tag{7}$$

Dengan  $w_i^2$  tidak dibatasi, dalam hal ini batas wilayah dominasi adalah fungsi polinomial orde empat, dan bentuknya cukup kompleks. Sehingga didapatkan diagram *Power Voronoi* yang sesuai dengan persamaan.

$$d_{aw}(p, p_i) = \|x - x_i\|^2 - w_i \tag{8}$$

Jika kita membiarkan  $\alpha = \|x_i - x_j\|$ , dan  $\beta = w_i - w_j$ , maka kita akan dapatkan hasil selisih zona aman (baik diatas ataupun dibawah zona aman). Jika  $\alpha = \beta$ , maka wilayah dominasi  $p_j$  atas  $p_i$  adalah berada dalam garis yang sama memancar dari  $p_j$  langsung dari  $p_i$ , artinya berada dalam zona aman.. Jika  $0 < \alpha < \beta$ , maka  $p_i$  sepenuhnya mendominasi  $p_j$ , dan  $V_{aw}(p_j) = 0$ , hasil lain tidak mungkin dengan diagram MW-Voronoi, dalam hal ini hanya nilai positif dari  $w_i$  yang biasanya digunakan. Segmen garis yang menghubungkan  $P_i$  dan  $P_j$  adalah garis lurus tegak lurus terhadap segmen garis  $P_j - P_i$ . Properti penting dari diagram Voronoi yang berguna dalam aplikasi adalah bahwa poligon Voronoi yang dihasilkan selalu cembung. Diagram *Power Voronoi* sangat berguna untuk menyelesaikan masalah yang mengganggu dengan hambatan.



**Gambar 4. Diagram Voronoi Tertimbang Tambah**

Gambar 4 diatas merupakan konsep implementasi Diagram Voronoi Tertimbang Tambah (*Additively Weighted Voronoi Diagram*) pada suatu wilayah atau bidang dua dimensi dimana setiap *shell voronoi* sebagai subset atau partisi voronoi memiliki titik pusat ( $P$ ) sebagai *site* dengan nilai bobot yang berbeda sebagai generator ruang *Euclidean*. Dalam geometri komputasi sekumpulan titik akan membentuk *Triangulasi Delaunay*.

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

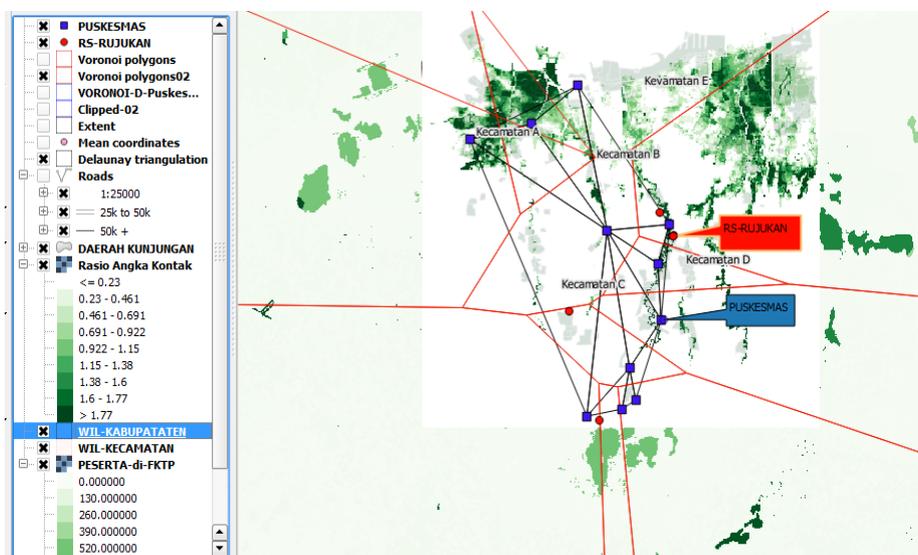
Ada beberapa tahapan dan langkah yan diusulkan dalam metode ini, Langkah pertama adalah menyediakan data dalam lingkungan GIS. Model yang kam gunakan merupakan data simulasi, artinya tidak menggunakan data spasial yang sesungguhnya missalnya letak puskesmas, rumah sakit, dan kecamatan. Langkah ke 2 adalah menyediakan layer vektor dan layer raster, rasio angka kontak, daerah kunjungan, distribusi peserta asuransi. Langkah 3 memetakan FKTP dan FKRTL dan membuat voronoi diagram dengan centroid faskes primer. Juga membuat voroni poligon serta area atau wilayah masing-masing level faaskes. Menyediakan data base spasial dan memberi bobot sesuai ketentuan rasio zona aman RA dan RNS. Langkah 4 mengidentifikasi pengetahuan tentang prilaku kuantitatifnya dalam pemberian layanan kesehatan. Untuk itu kami gunakan beberapa persamaan *Additively Weighted Voronoi Diagram*. Seperti Tabel 1 dan 2 dengan asumsi lokasi pelayanan kesehatan ( AK dan RNS) terjadi pada 4 FKTP dan memiliki hasil rasio selama 6 bulan sebagai hasil untuk simulasi. Generator pelayanan kesehatan dan nilai volume playanan kesehatan, dengan metode langkah tiga, dihasilkan diagram Voronoi yang sesuai dengan bobot multiplikatif untuk setiap kategori generator pelayanan kesehatan secara terpisah.

Untuk mengidentifikasi wilayah (area konsentrasi) atau dominasi dan pengaruh pelayanan kesehatan, maka terdapat lokasi potensial untuk dikembangkan atau diadakan faskes primer (FKTP) pada kecamatan C (gambar 6).

### 3.1. Kriteria Tematik

Untuk kepentingan simulasi dalam mengelola zona pelayanan rujukan berjenjang dengan benar, perlu untuk mengukur sumber pelayanan kesehatan yang terkait dengan plot. Diperlukan kuantifikasi dan equivalensi dari faskes, dan dihitung sebagai fungsi dari jenis layanan kesehatan dan area yang ditempatinya sebagai zona rujukan. Koefisien kapasitas tindakan layanan kesehatan yang dinormalkan ditugaskan untuk setiap RS rujukan, menunjukkan jumlah pasien rujukan (kasus tertentu atau poli spesialis tertentu) yang dapat diberi layanan secara normal selama dalam waktu tertentu (idealnya 1 tahun). Pada simulasi ini penulis hanya mengambil contoh layanan kesehatan angka kontak (AK) dan pelayanan rasio rujukan rawat jalan kasus non spesialisik (RNS) dengan simulasi waktu 5 bulan. Kisaran nilai untuk koefisien ini bervariasi dari 0 (zona tidak aman) hingga 3 (zona aman).

Pada uji coba dalam simulasi ini suatu wilayah terdiri dari 4 kecamatan, wilayah tersebut memiliki 11 FKTP (seperti puskesmas) dan 4 FKRTL (seperti RS) sebagai plotting titik yang memiliki pola sebaran secara acak kedalam bidang dua dimensi. Untuk sebaran 4 titik FKRTL akan dijadikan generator pembangkit cell voronoi, dengan mengelompokkan bidang-bidang ini ke dalam poligon (*shell voronoi*) dengan ukuran yang berbeda. Ukuran poligon dihitung berdasarkan sebaran plot titik, dan titik tersebut merupakan generator pembentuk bidang (*sites*). Sehingga wilayah tersebut sudah terbagi menjadi beberapa bagian wilayah yang disebut *cell*, dimana masing-masing bagian berisi satu titik lokasi (*site*) dari FKTP. Sekarang sebaran 11 titik FKTP akan kelihatan kedekatan lokasi nya dari salah satu cell yang sudah terbentuk sebelumnya. Dengan diagram voronoi yang telah terbentuk dapat digunakan untuk mempelajari kedekatan geometrik dalam sebuah bidang.



Gambar 5. Diagram Voronoi dan Triangulasi Delaunay Faskes

Sejumlah titik pada gambar 5 diatas merupakan himpunan site puskesmas (FKTP) membentuk Triangulasi Delaunay Faskes pada wilayah kecamatan yang berbeda dengan bobot pelayanan yang berbeda.

### 3.2. Kriteria Geometris

Setiap titik FKTP mendefinisikan poligon pelayan kesehatan (AK dan RRNS), sehingga struktur plot rujukan dari masing-masing FKTP membentuk seperangkat unit dasar yang independen. Geometri poligon akan ditentukan oleh geometri plotnya, termasuk jalur rujukan. Jenis-jenis unit ini sempit dan memanjang, dan, ketika digabung bersama dengan plot yang tersisa, mereka dapat menghasilkan zona dengan bentuk 'anomali', seperti yang dapat diamati pada gambar 5 diatas.

Selain itu, plot mewakili dataset untuk diagram Voronoi, jadi akan diperlukan untuk mengganti geometri arealnya dengan geometri titik saat perhitungan dilakukan. Untuk alasan ini, perlu untuk memproses ulang sumber data asli untuk memastikan bahwa representasi geometrik sesuai dengan persyaratan berikut:

- (1) Plot (unit dasar) terdiri dari penutup Wilayah-Kabupaten (wilayah dalam bentuk simulasi) yang menyeluruh dan eksklusif.
- (2) Geometri plot yang terdiri dari jalan atau jalur harus dipecah menjadi unit yang lebih kecil sebanding dengan panjang kontak dengan plot yang berdekatan. Sebagai hasil dari proses partisi, jumlah plot diatas zona aman di setiap kecamatan meningkat rata-rata 58%.
- (3) Geometri areal plot digantikan oleh titik-titik yang sesuai dengan centroid RS-Rujukan. Mereka digunakan untuk mendefinisikan wilayah Voronoi (Gambar 5). Setelah menghitung diagram ini, geometri areal asli harus dipulihkan untuk membentuk dan memvisualisasikan poligon hasil pelayanan kesehatan yang diperoleh.

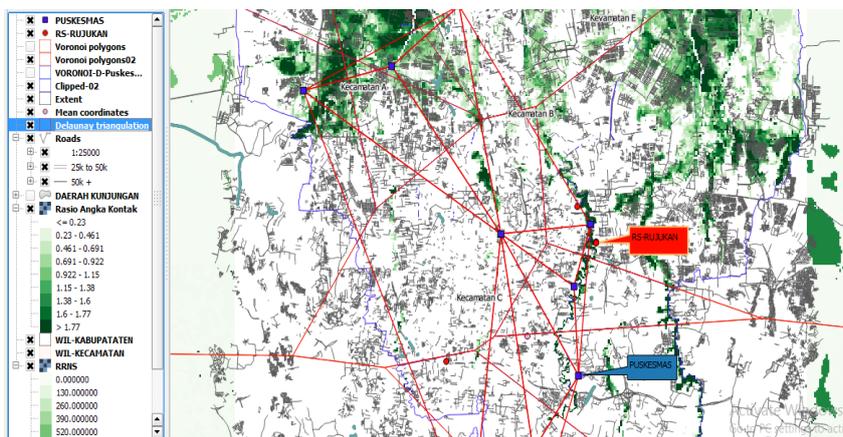
Setelah menyelesaikan proses yang dijelaskan di atas, kami memperoleh set data input yang diperlukan untuk metode yang diusulkan dan diimplementasikan.

### 3.3. Bobot Batas Zona Aman

Parameter yang ada pada persamaan *Additively Weighted Voronoi Diagram* dan *Multiplicatively Weighted Voronoi Diagram* digunakan untuk mengontrol bobot penyimpangan indikator angka pelayanan kesehatan dengan target pada zona aman, dimana kemungkinan didapatkan hasil diatas maupun dibawah zona aman. Jika beberapa FKTP memiliki berbagai bobot hasil pelayanan diatas zona aman maka akan terjadi penumpukan pasien, begitu juga sebaliknya jika hasil pelayanan di bawah zona aman maka rumah sakit rujukan tidak akan terjadi penumpukan.

Untuk memilih jenis parameter yang paling tepat, beberapa tes dilakukan dengan menggunakan data dari empat puskesmas dan dengan sejumlah variabel generator (AK dan RRNS) di lokasi FKRTL yang berbeda. Tujuan dari tes ini adalah untuk mengevaluasi apakah ada konstanta 'universal' yang berlaku untuk semua masalah penyimpangan dari zona aman semacam ini. Simulasi dari penelitian yang dilakukan menetapkan nilai-nilai konstan beragam untuk RKTL adalah sebagai berikut:

Dengan meningkatnya layanan RRNS, kecepatan angka rujukan pada faskes FKRTL umumnya meningkat. Misalnya, dalam zona kecamatan C pada Gambar 6, jumlah puskesmas dalam zona tersebut ada 9 titik FKTP untuk 1 titik FKTRL. Jika selama 6 bulan dilakukan analisa seperti hasil simulasi dalam tabel 1. Dan batas wilayah tidak tertentu maka akan terjadi penyimpangan jarak tertimbang tumpukan rujukan pada FKTRL.



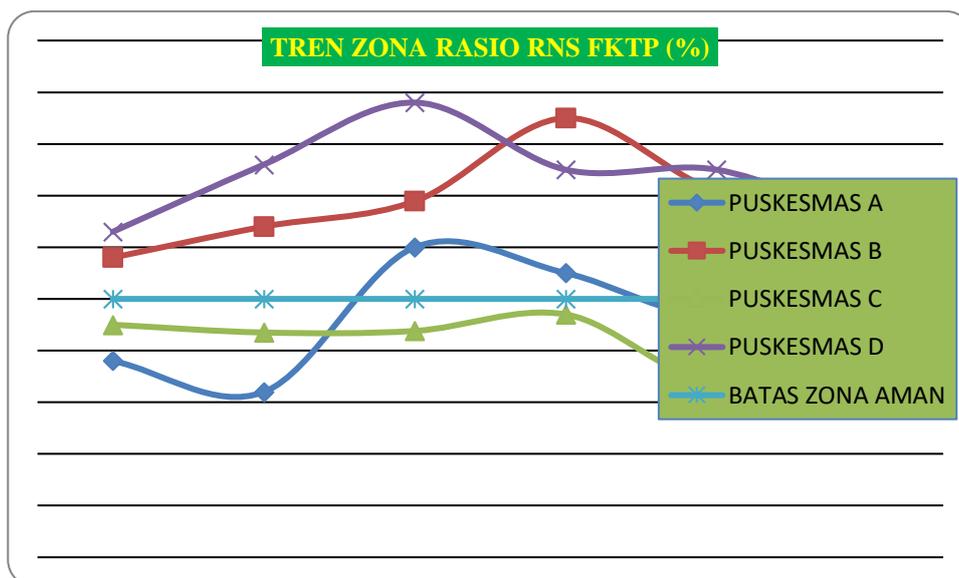
Gambar 6. Geometri degan Centroid FKTP

Hasil perhitungan rasio rujukan layanan kesehatan dari sejumlah FKTP terhadap layanan RNS dengan persamaan  $d(x, p_i) = \frac{(x - p_i)}{w_i}$ , adalah seperti tabel 1 dibawah. Diman x adalah jumlah rujukan kasus kasus non pesialistik, pi adalah bobot zona aman pelayaan FKTP ke i dan wi adalah bobot dari jumlah rujukaan dari FKTP ke I, dengan ketentuan zona aman pelayanan adalah 5.

**Tabel 1. Hasil Rasio RNS FKTP**

BOBOT ZONASI RASIO RUJUKAN NON SPESIALISTIK (RNS)						
KETERANGAN BULAN	BLN 1	BLN 2	BLN 3	BLN 4	BLN 5	BLN 6
PUSKESMAS A	3.8	3.2	6	5.5	4.7	5.9
PUSKESMAS B	5.8	6.4	6.89	8.5	7.1	6.9
PUSKESMAS C	4.5	4.35	4.38	4.7	3.4	4.5
PUSKESMAS D	6.3	7.6	8.8	7.5	7.5	6.5
<b>RATA-RATA CAPIAN RNS</b>	<b>5.1</b>	<b>5.38</b>	<b>6.51</b>	<b>6.55</b>	<b>5.67</b>	<b>5.9</b>
<b>BATAS ZONA AMAN</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>

Jika rujukan tersebut tertuju pada 1 FKTRL terdekat tertentu maka ada potensi penumpukkan rujukan pada bulan ke 4 sebesar  $6.55 - 5 = 1.55$  sebagai bobot ( $w_i$ ) RNS i ke 4.



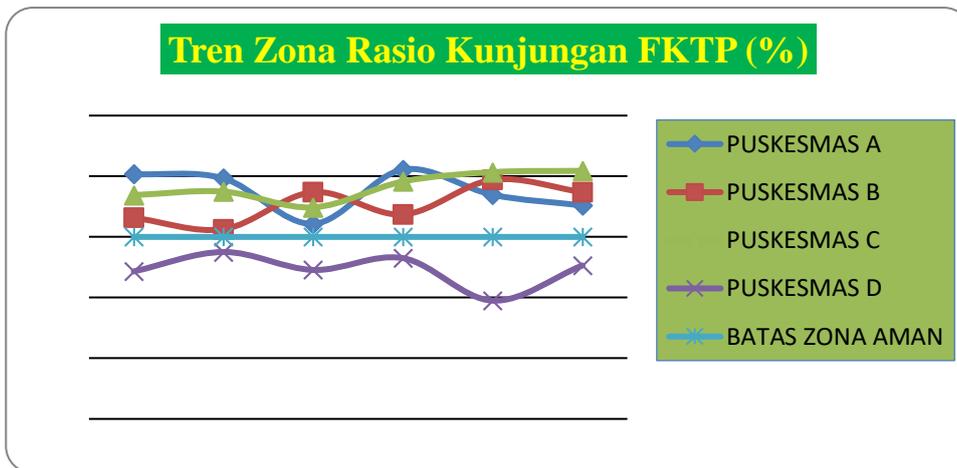
**Grafik 1. Tren Zona Rasio Aman RNS**

Grafik tersebut menggambarkan hasil prosentase rujukan non spesialis dari masing-masing FKTP pada FKTRL dengan batas aman maksimal jumlah rujukan (batas zona aman) adalah 5 %.

**Tabel 2. Hasil Rasio RNS FKTP**

BOBOT ZONASI KONTAK KOMUNIKASI (RASIO KUNJUNGAN FKTP)						
KETERANGAN BULAN	BLN 1	BLN 2	BLN 3	BLN 4	BLN 5	BLN 6
PUSKESMAS A	201.8	198.2	160.8	205.5	184.7	175.9
PUSKESMAS B	165.8	156.4	186.89	168.5	197.1	186.9
PUSKESMAS C	184.5	187.35	174.38	195.7	203.4	204.5
PUSKESMAS D	121.6	137.6	122.8	132.5	97.5	126.5
<b>RATA-RATA CAPAIAN KUNJUNGAN</b>	<b>168.4</b>	<b>169.8</b>	<b>161.2</b>	<b>175.5</b>	<b>170.6</b>	<b>173.4</b>
<b>BATAS ZONA AMAN</b>	<b>150</b>	<b>150</b>	<b>150</b>	<b>150</b>	<b>150</b>	<b>150</b>

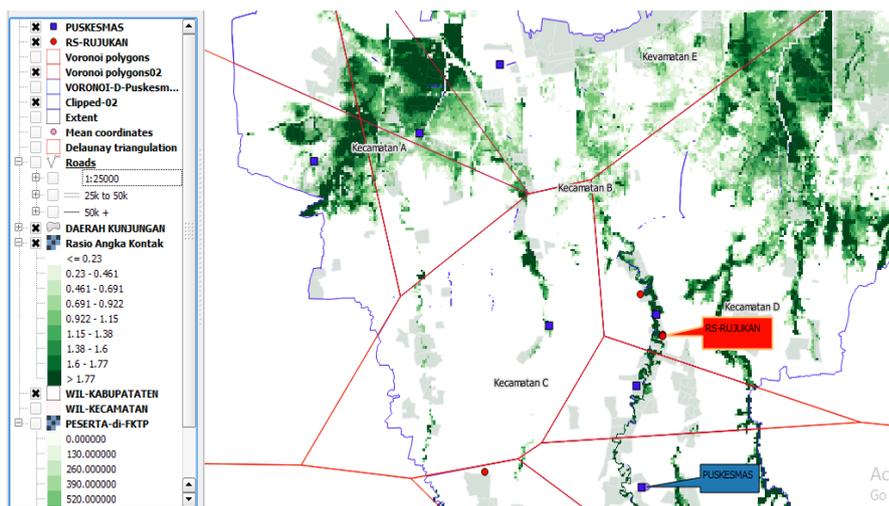
Jika kontak rate ini terjadi pada 4 FKTP tertentu maka ada potensi penumpukkan rujukan pada bulan ke 4 sebesar  $161.2 - 150 = 11.2$  sebagai bobot ( $\pi_i$ ) AK i ke 4.



Grafik 2. Tren Zona Rasio Kunjungan FKTP

Sebagai simulasi maka analisis potensi penumpukan rujukan jika misal total rata-rata jumlah angka kontak peserta pada FKTP adalah 200 peserta maka  $d(x, pi) = \frac{(x - pi)}{wi}$ , = 121.8 peserta per bulan, 4.06 peserta peserta perhari (jika menggunakan 30 hari kerja).

Daerah dominan dalam diagram voronoi tertimbang wilayah dominasi Wpi dari pi generator dengan formula  $Dom_w(pi, pj) = \{p | d_w(p, pi) \leq d_w(p, pj)\}$  atau  $Wpi = x | dw(x, pi) \leq dw(x, pj)$  dapat digunakan untuk menampilkan dominasi wilayah kontak rate dan sebaliknya. Seperti gambar 7 dibawah ini dominasi rasio angka kontak terjadi pada kecamatan A, D dan E. Sedangkan kecamatan C memiliki rasio yang paling kecil rasio angka kontakannya. Analisi kondisi dari dominansi minimal tersebut menggambarkan diperlukan jangkauan pelayanan melalui pembukaan faskes primer (FKTP) baru atau mengembangkan FKTP yang terdekat.



Gambar 7. Kecamatan C memiliki dominasi minimal untuk bobot rasio angka kontak (AK)

4. KESIMPULAN

Metode ini cocok untuk studi kasus distribusi kebutuhan faskes baru bagi peserta asuransi, khususnya layanan rasio angka kontak (rasio kunjungan FKTP) dan rasio rujukan non spesialis (RNS). Hal tersebut dikarenakan dalam metode diagram voronoi tertimbang memfasilitasi identifikasi area konsentrasi dan daya tarik atau bobot disuatu wilayah atau shell voronoi. Disamping itu integrasi antara pembangkit generator (FKTRL) dengan jaringan faskes tingkat primer. Metode ini juga menunjukkan langkah penting dalam menemukan wilayah dominasi setiap titik dalam setiap langkah dan area kosong tanpa dominasi. Metode ini dibangun dengan kekuatan kasar area dominan dan

mempertahankan multi bagian dari poligon, sehingga area atau zona dapat diskontinyu tetapi tidak kosong.

Penerapan metode *Additively Weighted Voronoi Diagram* dan *Multiplicatively Weighted Voronoi Diagram* digunakan untuk mengontrol bobot penyimpangan indikator zona aman angka pelayanan kesehatan. Dalam model simulasi jika kontak rate ini terjadi pada 4 FKTP tertentu maka ada potensi penumpukkan rujukan pada bulan ke 4 sebesar  $161.2 - 150 = 11.2$  sebagai bobot ( $\pi$ ) AK ke  $i = 4$ , sehingga dihasilkan nilai rata-rata penyimpangan dari zona aman 121.8 peserta per bulan, 4.06 peserta peserta perhari (jika menggunakan 30 hari kerja). Dari visualisasi hasil perhitungan daerah yang direkomendasikan untuk dibuka faskes baru berdasarkan rasio dominansi angka kontak rate adalah pada kecamatan C. Simulasi ini tentunya menggunakan data yang terbatas dan jumlah faskes yang terbatas, sedangkan jalur rujukan masih menganggap bahwa rujukan dari FKTP menuju FKTRL adalah sesuai dengan zona yang terdekat.

## DAFTAR PUSTAKA

- A. Okabe et al., (2000), *Spatial Tessellations: Concepts and Applications of Voronoi Diagrams*. (2nd ed.)", Wiley.
- Berg, M.d., Cheong, O., Kreveld, M.v. and Overmars, M., (2008), *Computational Geometry: Algorithms and Applications*. 3rd ed. Berlin: Springer.
- Guruprasad, K.R., Dasgupta, (2012), *P. Distributed Voronoi Partitioning for Multi-Robot Systems with Limited Range Sensors*. In *Proceedings of the 2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2012)*, Vilamoura Portugal, 7–12 October 2012; pp. 3546–3552.
- L. Ickjai and M. Gahegan, (2000), *Interactive analysis using Voronoi Diagrams: Algorithms to support Dynamic Update from a Generic Triangle-Based Data Structure*, unpublished.
- Novaes, A. G. (2007). *Resolução de Problemas de Transporte com Diagramas de Voronoi*, XXI ANPET, *Panorama Nacional da Pesquisa em Transportes*. Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, Rio de Janeiro. Brazil.
- Reitsma, R. and Trubin, S., (2007), *Information space partitioning using adaptive Voronoi diagrams*. *Information Visualization*, 6, 123-138.
- Ricca, F, Scozzari, A., and Simeone, B., (2008), *Drawing political districts by weighted Voronoi regions and local search*. *Mathematical and Computer Modelling*, 48, 1468-1477.
- Solis, N., Rios-Mercado, R.Z., and Alvarez, A.M., (2009), *Modelando sistemas territoriales con programacion entera*. *Ingenierias*, 12 (44), 7-15.
- Skiena, S.S., (2008), *The Algorithm Design Manual*. 2nd ed. London: Springer.
- Stergiopoulos, Y, Thanou, M, Tzes, (2015), *A. Distributed collaborative coverage-control schemes for non-convex domains*. *IEEE Trans. Autom. Control* 2015, 60, 2422–2427.
- Tiede, D. & Strobl, J., (2006), *Polygon-based regionalisation in a GIS environment [online]*. In: E. Buhmann, S. Ervin, L. Jorgensen, and J. Strobl, eds. *Trends in knowledge-based landscape modeling*. Heidelberg: Wichmann, 54-59. Available from: [http://www.masterla.de/conf/pdf/conf2006/23Tiede\\_L.pdf](http://www.masterla.de/conf/pdf/conf2006/23Tiede_L.pdf). [diakses 02 Mei 2019].
- Yan, H., & Weibel, R., (2008), *An algorithm for point cluster generalization based on the Voronoi diagram*. *Computers and GeoSciences*, vol. 34, no. 8, pp. 939–954.
- Yongxi, G., Guicai, L., Yuan, T., & Yaoyu, L., (2012), *A vector-based algorithm to generate and update multiplicatively weighted Voronoi diagrams for points, polylines, and polygons*. *Computers & Geosciences*, pp. 118-125.