

# Pemetaan Penderita Pneumonia di Surabaya dengan Menggunakan Geostatistik

Stefanie Hartanto<sup>1</sup>, Siana Halim<sup>2</sup>, Oviliani Yenty Yuliana<sup>3</sup>

**Abstract:** In this paper we mapped the location of Pneumonia disease in Surabaya. We also analyse the survival of the afflicted and predict the spread of the disease using Kriging. The study reveals that after 45 days in the hospital, the survival of the Pneumonia's patients decrease to 46.8%. Moreover, the centers of this disease are in Tubanan and Sukomanunggal Both of these regions are in West Surabaya which also is an industrial part of the city.

**Keywords:** survival analysis, geostatistics, variogram, kriging, route outlier detection.

## Pendahuluan

Pneumonia adalah penyakit yang terjadi karena adanya infeksi akut pada jaringan paru-paru. Penyakit ini ditandai dengan demam, batuk, atau sesak nafas. Sebagian besar Pneumonia disebabkan oleh mikroorganismenya, baik virus maupun bakteri, (LIPI [8]). Pneumonia merupakan salah satu penyebab kematian yang tertinggi di Indonesia. Berdasarkan riset kesehatan dasar tahun 2007, satu dari lima kematian balita di Indonesia disebabkan oleh Pneumonia (Senior [10]).

Di Surabaya, jumlah penderita Pneumonia dari tahun ke tahun menunjukkan adanya tren peningkatan (Gambar 1). Selain itu didapati pula suatu pola yang hampir sama di setiap tahunnya. Jumlah penderita tampak tinggi di awal dan akhir tahun, yaitu pada kisaran bulan Januari hingga April dan November hingga Desember.

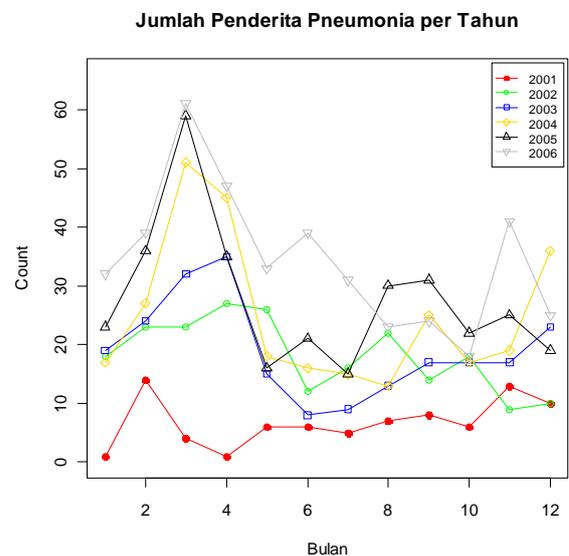
Penderita Pneumonia ini didominasi oleh bayi dan balita, umur 0-2 tahun (Gambar 2). Hal ini dikarenakan puncak serangan infeksi mikroorganismenya penyebab Pneumonia bersifat rawan pada saat usia 0-3 tahun. Setelah itu, serangan infeksi akan mulai menurun sedikit demi sedikit (Senior [10]).

Pemetaan penyakit ini di Surabaya diperlukan untuk mengetahui daerah-daerah yang rawan terhadap penyakit ini beserta penyebarannya.

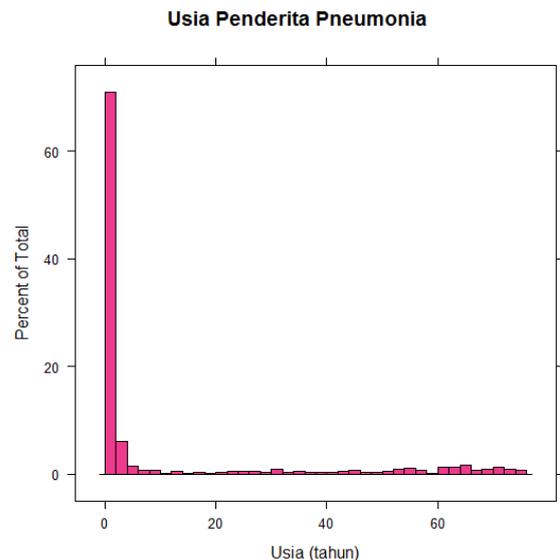
<sup>1,2</sup> Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Industri, Universitas Kristen Petra. Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Email: stefaniehartanto@hotmail.com, halim@petra.ac.id

<sup>3</sup> Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Informatika, Universitas Kristen Petra. Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya Email: ovi@petra.ac.id

Naskah masuk 22 January 2010; revisi 19 April 2010; diterima untuk dipublikasikan 30 April 2010.



Gambar 1. Time series plot dari jumlah penderita Pneumonia di Surabaya.



Gambar 2. Histogram usia penderita Pneumonia

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi kepada pengambil kebijakan di Surabaya untuk mencegah (menurunkan) jumlah penderita penyakit ini.

## Metode Penelitian

Berbagai penelitian untuk memetakan penyakit telah banyak dilakukan selama ini. Sebagian besar pendekatan yang telah dilakukan oleh para peneliti adalah dengan menggunakan pendekatan statistika spasial. Pendekatan spasial sangat beralasan, karena penyebaran suatu penyakit, terutama penyakit menular sangat dipengaruhi oleh lingkungan sekitar. Jika suatu daerah terjangkau suatu penyakit menular, maka terdapat kemungkinan bahwa daerah sekitarnya akan tertular penyakit ini pula. Fenomena ini dapat dimodelkan dengan baik melalui statistika spasial.

*Review* dari metode-metode yang dapat digunakan untuk mengamati penyebaran penyakit secara ruang dan waktu (*spatio and temporal*) diberikan oleh Robertson *et al.* [9]. Sementara Lai [6] menggunakan geostatistika untuk menganalisa pemetaan dari kematian penderita kanker di China. Kellog *et al.* [4], memanfaatkan spasial *data mining* untuk menyiapkan pencegahan terhadap terjadinya pandemik.

Pada penelitian ini akan digunakan *survival analysis* untuk menganalisa ketahanan hidup penderita Pneumonia serta geostatistika untuk memetakan penderita Pneumonia ini di Surabaya.

### Survival Analysis

*Survival analysis* merupakan sebuah metode statistik yang digunakan untuk menganalisis ketahanan sebuah sistem, dimana sistem dapat berupa benda maupun makhluk hidup (Lee *et al.* [7]). Secara umum, *survival analysis* memodelkan probabilitas terjadinya suatu *event* terhadap rentang waktu tertentu (Klein dan Moeschberger [5]). Dalam konteks kesehatan, yang dimaksudkan dengan *event* biasanya merupakan kematian penderita.

Fenomena terjadinya suatu *event* dalam rentang waktu tertentu dijelaskan melalui fungsi *survival*,  $S(t)$ . Fungsi ini merupakan probabilitas sebuah observasi dapat bertahan hidup (*survive*) hingga lebih lama dari waktu ke- $t$

$$S(t) = P(T > t) \quad (1)$$

di mana  $T$  adalah *survival time*.

Selanjutnya, untuk mengetahui faktor-faktor (kovariat) yang dapat menentukan bertahan hidupnya

(*survive*) suatu observasi akan digunakan Cox *proportional-hazard regression model* (Cox [1]), yaitu

$$h_i(t) = \exp(\alpha + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_k x_{ik}) \quad (2)$$

dimana  $\alpha, \beta_1, \dots, \beta_k$  adalah parameter yang harus diestimasi,  $i$  adalah objek yang diamati dan  $x_i$  adalah kovariat yang bersesuaian dengan objek  $i$ .

### Geostatistika

Geostatistika merupakan bagian dari statistika spasial. Cressie [2] menyatakan bahwa *spatial data* merupakan data yang nilainya berkaitan dengan posisi relatifnya terhadap suatu titik. Dalam *geostatistical data*, posisi relatif tersebut,  $u$  bervariasi secara kontinu sepanjang domain,  $D$ . Untuk dapat memetakan penyakit Pneumonia diperlukan *tools* sebagai berikut:

### Variogram

Variogram ini digunakan untuk menunjukkan derajat ketergantungan suatu peubah secara spasial. Misalkan  $Z(u_i)$  adalah objek yang diamati pada lokasi  $u_i$ , dimana  $u_i = (u_{i1}, u_{i2})$ ;  $u_{i1}$  adalah *latitude* dan  $u_{i2}$  *longitude* dari lokasi  $u_i$ , maka variogram data ini adalah:

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2m(h)} \sum_{i=1}^{m(h)} (Z(u_i + h) - Z(u_i))^2 \quad (3)$$

di mana  $m(h)$  merupakan jumlah pasangan data yang terpisah sepanjang vektor  $h$ .

### Kriging

*Kriging* merupakan sebuah teknik interpolasi yang didasarkan pada regresi terhadap suatu observasi dari data di sekitar observasi tersebut. Bentuk dasar dari estimator *kriging* dapat dinyatakan dengan (Goovaerts [3]):

$$Z^*(u) - m(u) = \sum_{\alpha=1}^{n(u)} \lambda_{\alpha} [Z(u_{\alpha}) - m(u_{\alpha})] \quad (4)$$

di mana  $u$  adalah vektor lokasi untuk titik yang diestimasi,  $u_{\alpha}$  adalah vektor lokasi untuk titik yang berada di lokasi sekitar dengan indeks  $\alpha$ ,  $n(u)$  adalah jumlah titik data di lokasi sekitar yang digunakan untuk estimasi nilai  $Z^*(u)$ ,  $m(u)$  adalah nilai ekspektasi (*mean*) dari  $Z(u)$ ,  $m(u_{\alpha})$  adalah nilai ekspektasi (*mean*) dari  $Z(u_{\alpha})$ , dan  $\lambda_{\alpha}(u)$  adalah bobot *kriging* yang diberikan pada suatu lokasi  $u$ .

### Spatial Outlier Detection

Untuk mendeteksi adanya *outlier* dalam data spasial pada penelitian ini digunakan metode *Route Outlier Detection* (ROD), Shekhar *et al.* [11]:

$$D(x) = [f(x) - E_{y \in N(x)}(f(y))] \quad (5)$$

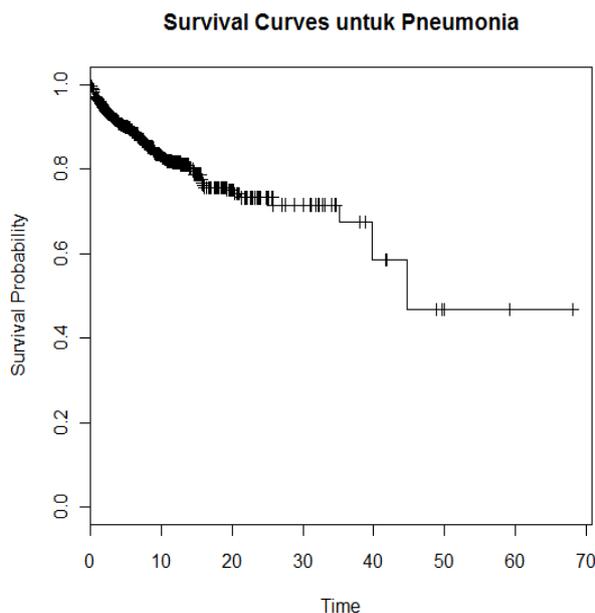
dimana  $f(x)$  merupakan nilai atribut dari data  $x$ ,  $N(x)$  merupakan himpunan di daerah sekitar (*neighborhood set*) dari  $x$ , dan  $E_{y \in N(x)}(f(y))$  merupakan *mean* nilai atribut dari daerah sekitar. Statistik  $D(x)$  menyatakan *difference* nilai atribut setiap data  $x$  dengan *mean* nilai atribut daerah sekitar yang dimilikinya. Selanjutnya, pendeteksi *outlier* diberikan oleh persamaan berikut

$$\left| \frac{D(x) - \mu_s}{\sigma_s} \right| > \theta \tag{6}$$

di mana  $\mu_s$  dan  $\sigma_s$  merupakan nilai *mean* dan standar deviasi dari semua statistik  $D(x)$ . Pilihan nilai  $\theta$  bergantung pada *confidence interval* yang dipilih. Apabila *confidence interval* yang digunakan adalah 95%, maka  $\theta \approx 2$ . Setiap data  $x$  yang memenuhi kondisi pada persamaan (6) disertakan dalam set *outlier*  $O$ .

### Hasil dan Pembahasan

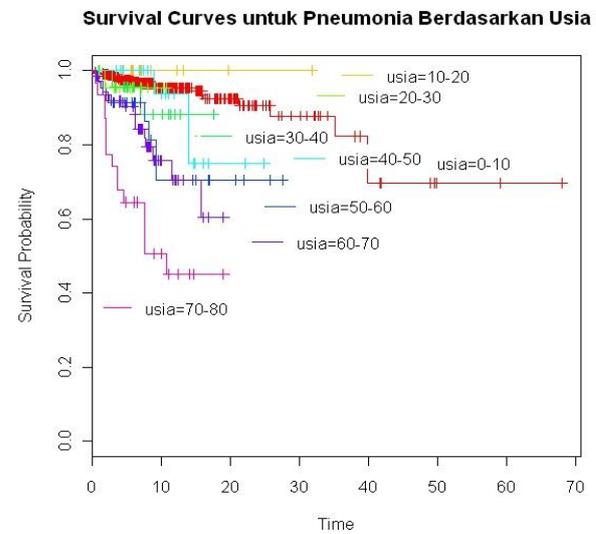
*Survival analysis* dilakukan untuk mengetahui tingkat ketahanan hidup dari pasien penderita Pneumonia dan dideskripsikan melalui fungsi ketahanan hidup (Gambar 3). Hasil di bawah ini menunjukkan bahwa tingkat ketahanan hidup penderita Pneumonia relatif tinggi pada awal diagnosis, dan semakin menurun hingga lama rawat 45 hari. Pada saat lama rawat menginjak 45 hari ke atas, tingkat ketahanan hidup penderita Pneumonia menurun hingga setengah, yaitu sebesar 46,8% (lihat Tabel 1). Hasil *survival analysis* yang didasarkan pada usia penderita Pneumonia dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 3.** Fungsi ketahanan hidup dari penderita Pneumonia

**Tabel 1.** Output tingkat ketahanan hidup penderita Pneumonia

Time	n.risk	n.event	Survival	Std.err
0	1850	0	1,000	0,00000
1	1765	66	0,964	0,00433
2	1680	44	0,940	0,00556
3	1552	27	0,924	0,00621
4	1343	24	0,907	0,00692
5	1126	11	0,899	0,00727
		... di potong		
40	13	2	0,585	0,07182
41	13	0	0,585	0,07182
42	10	0	0,585	0,07182
43	10	0	0,585	0,07182
44	10	0	0,585	0,07182
45	8	2	0,468	0,09369



**Gambar 4.** Fungsi ketahanan hidup berdasarkan usia penderita Pneumonia.

Kurva *survival probability* berdasarkan usia tersebut menunjukkan suatu pola ketahanan hidup yang berbeda untuk setiap golongan usia. Dalam hal ini, usia digolongkan menjadi beberapa kelas dengan interval 10 tahun. Pada usia anak 0–10 tahun, tingkat ketahanan hidup cukup tinggi. Di hari yang ke-40 dan seterusnya, tingkat ketahanan hidup masih sebesar 69,6%. Sedangkan pada usia tua, sekitar 70–80 tahun, tingkat ketahanan hidup menurun cukup drastis. Pada hari yang ke-20, tingkat ketahanan hidup menjadi sebesar 45,1%. Hal ini mengindikasikan tingkat ketahanan hidup yang cenderung lebih rendah pada penderita dengan usia yang lebih tua. Selain itu, kurva *survival probability* antara usia muda dan tua juga menunjukkan pola yang berbeda. Pada usia muda, kurva menunjukkan pola yang lebih landai. Sedangkan pada usia tua, pola kurva tingkat ketahanan hidup tampak lebih menurun tajam. Hal ini berarti seiring dengan berjalannya waktu, tingkat ketahanan hidup pada usia tua menurun lebih cepat daripada tingkat ketahanan hidup pada usia muda. Berikutnya, pada Tabel 2 dilakukan *log-rank test* untuk mengetahui

tingkat signifikansi pengaruh usia terhadap ketahanan hidup penderita Pneumonia.

Hasil *log-rank test* memberikan *P-value* sebesar 0,00. Dengan tingkat signifikansi 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa usia memberikan pengaruh yang signifikan secara statistik terhadap ketahanan hidup penderita Pneumonia.

Beberapa faktor yang diduga berpotensi memengaruhi ketahanan hidup penderita Pneumonia adalah usia, jenis kelamin, pekerjaan, wilayah domisili, serta jenis diagnosis. *Cox proportional hazards regression analysis* dilakukan untuk mengetahui faktor mana saja yang berpengaruh secara signifikan serta seberapa besar pengaruhnya. *Output* hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 3.

Hasil analisis menunjukkan bahwa variabel jenis kelamin, pekerjaan, wilayah, dan jenis diagnosis ternyata tidak berpengaruh secara signifikan pada ketahanan hidup penderita Pneumonia. Variabel yang berpengaruh ternyata hanya variabel usia penderita. Apabila dituliskan dalam bentuk sebuah persamaan, maka fungsi *hazard* untuk penderita Pneumonia dapat dinyatakan dengan:

$$h(t) = h_0(t) \exp(0,112x_{i1} + 0,037x_{i2} - 0,043x_{i3} - 0,028x_{i4} + 0,032x_{i5}) \quad (8)$$

dimana  $x_{ij}$  merupakan vektor dari nilai kovariat pada observasi ke- $i$ . Namun, karena variabel jenis kelamin, pekerjaan, wilayah, dan jenis diagnosis tidak berpengaruh secara signifikan, maka model dapat dirumuskan menjadi  $h(t) = h_0(t) \exp(0,0326 x_{i5})$  dimana  $h_0(t)$  merupakan *baseline hazard* dan  $x_{i5}$  merupakan vektor dari nilai usia pada observasi ke- $i$ .

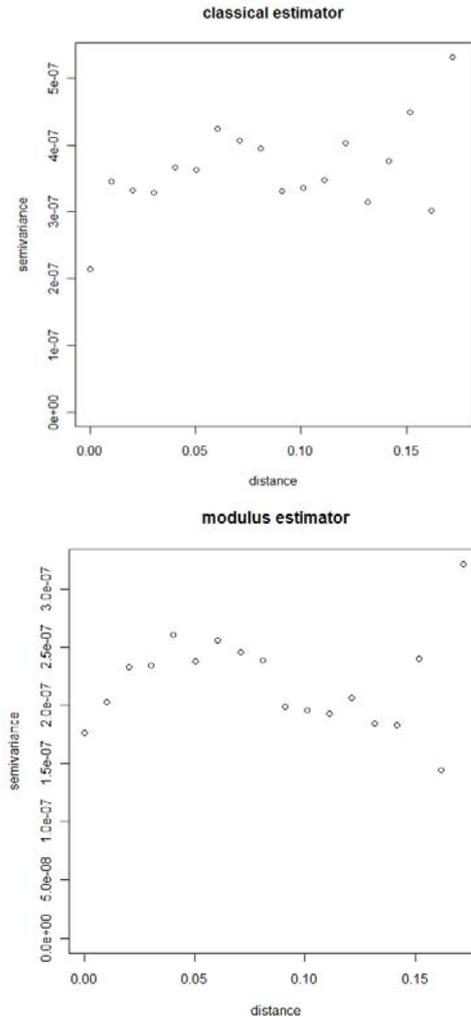
**Tabel 2.** *Output log-rank test* untuk variable usia

Usia	N	Observasi(O)	Ekspektasi(E)	(O-E) <sup>2</sup> /E	(O-E) <sup>2</sup> /2V
0-10	853	35	61,90	11,6918	57,5353
10-20	14	0	1,15	1,1539	1,1732
20-30	22	1	1,10	0,0089	0,0088
30-40	24	2	1,75	0,0372	0,0382
40-50	24	3	2,47	0,1143	0,1188
50-60	35	7	3,12	4,8062	5,0525
60-70	64	15	4,52	24,3003	25,9800
70-80	31	15	1,99	85,1793	87,7281

Chisq = 128 on 7 degrees of freedom, p = 0

**Tabel 3.** *Output Cox proportional hazards regression analysis*

	Coef	Exp (coef)	Se (coef)	z	p
gender	0,1121	1,119	0,24630	0,455	6,5e-01
kerja	0,0372	1,038	0,04169	0,893	3,7e-01
wilayah	-0,0435	0,957	0,07196	0,605	5,5e-01
diagnosa	-0,0285	0,972	0,03838	-0,742	4,6e-01
usia	0,0326	1,033	0,00625	5,207	1,9e-07



**Gambar 5.** *Plot empirical variogram* penyakit Pneumonia

Selanjutnya, *spatial data analysis* dilakukan untuk mengetahui keterkaitan data secara spasial pada suatu titik dalam area tertentu, dalam hal ini adalah area Surabaya. Secara garis besar, *spatial analysis* melalui beberapa tahap, yaitu plot *geodata*, deteksi dependensi data secara spasial, pemetaan penyebaran penyakit dengan *kriging*, serta deteksi data *outlier* dengan algoritma *Route Outlier Detection*. Data yang diolah dalam *spatial analysis* adalah proporsi penderita penyakit tertentu di setiap area, yang diperoleh dari perbandingan antara jumlah penderita penyakit bersangkutan dengan jumlah keseluruhan penduduk di area kelurahan tersebut.

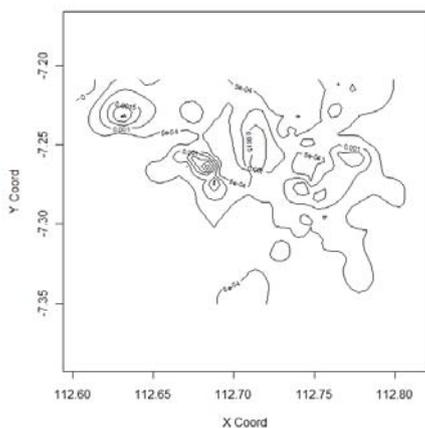
Deteksi dependensi data secara spasial dilakukan melalui plot *empirical variogram*. Gambar 5 menunjukkan plot *empirical variogram* untuk penyakit Pneumonia.

Plot *empirical variogram* menggambarkan *semivariance* data terhadap suatu *distance* tertentu, bukan terhadap posisi koordinat tertentu. Plot *empirical*

*variogram* dapat digambarkan dengan *classical estimator* maupun *modulus estimator*. Gambaran *empirical variogram* dari penyakit Pneumonia menunjukkan adanya dependensi antara penderita penyakit Pneumonia dengan area tempat tinggalnya. Pada *distance* yang kecil, nilai *semi-variance* cenderung kecil. Hal ini menunjukkan adanya homogenitas data pada daerah-daerah yang berdekatan. Berikutnya, nilai *semivariance* tersebut semakin meningkat seiring dengan meningkatnya *distance* antar daerah. Pemetaan penyebaran penyakit Pneumonia di area Surabaya dilakukan dengan interpolasi metode *ordinary kriging*. Hasil kontur *kriging* yang dilakukan pada penyakit Pneumonia dapat dilihat pada Gambar 6.

Gambar kontur di bawah menunjukkan hasil pemetaan penyebaran penderita Pneumonia pada berbagai area di Surabaya. Hasil *kriging* menunjukkan masih adanya *bull's eye effect* yang cukup jelas pada kontur yang telah digambarkan. Banyak area yang tampak menjadi pusat observasi, yang tergambar dalam beberapa lingkaran kecil yang tampak terpisah. Kontur *kriging* tersebut masih kurang *smooth*. Pada dasarnya, menurut penelitian yang ada, metode interpolasi dengan *kriging* sebenarnya memberikan hasil yang lebih *smooth* apabila dibandingkan dengan metode interpolasi yang lain. Namun, kenyataannya hal ini tidak tampak pada kontur *kriging* di bawah, sehingga dapat diduga bahwa hal ini dikarenakan adanya *outlier* pada data observasi yang digunakan.

Langkah awal yang harus dilakukan sebelum mendeteksi *outlier* adalah mendefinisikan *neighborhood*. *Neighborhood* memiliki suatu parameter, yaitu *distance*. Setiap area lain yang berada di dalam *distance* yang telah ditentukan akan dinyatakan sebagai *neighbor* dari suatu area. Gambar 7 menggambarkan hasil *output* untuk proses definisi *neighborhood*.



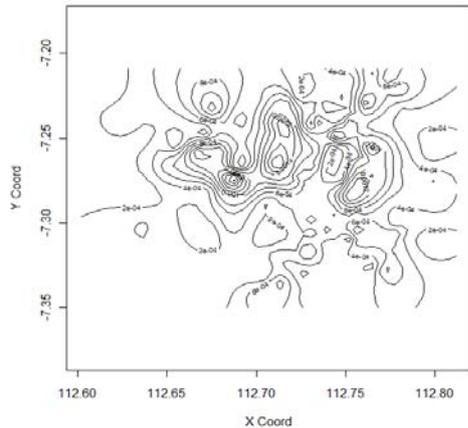
**Gambar 6.** Hasil kontur *kriging* penyebaran penyakit Pneumonia

```
[[150]]
[1] 57 107 151 153 154 155 156 157
[[151]]
[1] 107 149 150 155
[[152]]
[1] 52 57 58 59 60 65 66 154 155
156 157 158
[[153]]
[1] 57 144 145 146 147 150 154 155 156
... .. (some output
omitted here) ... ..
```

**Gambar 7.** *Output neighborhood* untuk setiap Area

Pada tampilan *output neighborhood*, setiap kelurahan memiliki *neighbor*, misalnya kelurahan Ketabang (150) yang memiliki *neighbor* kelurahan Bongkaran (57), Tambaksari (107), Genteng (151), Kapasari (153), Tembok Dukuh (154), Bubutan (155), Alun-Alun Contong (156), dan Gundih (157). Langkah selanjutnya adalah menghitung parameter yang akan digunakan dalam algoritma, yaitu  $\mu_s$  dan  $\sigma_s$ , yang berturut-turut merupakan nilai *mean* dan standar deviasi dari  $D(x)$ . Hasil penghitungan memberikan nilai  $\mu_s$  sebesar 0,0004867347 dan nilai  $\sigma_s$  sebesar 0,000529809. Deteksi data yang merupakan *outlier* akan dilakukan dengan ketentuan nilai statistik  $D(x)$ . *Output* tersebut menunjukkan bahwa data pada kelurahan Benowo (8), Simomulyo (18), Tanjungsari (20), Gadel (21), Gedangasin (25), Karang Poh (26), Manukan Wetan (29), Manukan Kulon (30), Kalijudan (115), dan Keputran (159) merupakan data *outlier*. Deteksi data *outlier* dapat memberikan hasil yang berbeda sesuai dengan nilai *distance* dan  $\theta$  yang ditentukan. Selanjutnya, pengolahan data tanpa adanya *outlier* akan dilakukan kembali untuk membandingkan hasil antara keduanya.

Hasil kontur *kriging* pada kedua data menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan. Pada data sebelum ROD, *bull's eye effect* masih tampak jelas. Kontur tampak kurang *smooth* karena banyaknya titik kecil yang tampak menjadi pusat data observasi. Pada data setelah ROD, kontur tampak lebih *smooth* dan *bull's eye effect* yang sebelumnya menjadi masalah tidak lagi tampak dalam hasil kontur. Hal ini dikarenakan data *outlier* tidak lagi diperhitungkan dalam interpolasi *ordinary kriging* yang dilakukan. Secara garis besar, dapat dilihat bahwa algoritma *Route Outlier Detection* dapat menunjukkan performa yang cukup baik dalam menentukan *outlier* pada data spasial. Perbandingan hasil *spatial analysis* pada data sebelum dan sesudah ROD dapat menyiratkan bahwa algoritma ini telah menghasilkan model yang lebih baik. Oleh karena itu, algoritma ini dapat digunakan dalam deteksi *outlier* pada data yang lainnya. Gambar 8 menunjukkan hasil akhir pemetaan penyebaran Pneumonia dengan metode *kriging*.



**Gambar 8.** Hasil akhir kontur *kriging* penyebaran penyakit Pneumonia

Pada hasil kontur *kriging*, dapat dilihat bahwa pada wilayah Surabaya Barat proporsi penderita Pneumonia cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan area lainnya di Surabaya. Selain itu, wilayah Surabaya Timur juga menunjukkan proporsi yang cukup tinggi, walaupun tidak setinggi proporsi pada wilayah Surabaya Barat. Kontur *kriging* tersebut juga mengindikasikan bahwa wilayah Surabaya Selatan memiliki proporsi penderita yang lebih rendah dibandingkan dengan area lain di Surabaya. Pusat penyebaran penyakit diindikasikan oleh lingkaran kecil. Adapun pusat penyebaran penyakit Pneumonia yang tertinggi adalah kelurahan Tubanan dan Sukomanunggal, di mana keduanya berada di wilayah Surabaya Barat. Kedua area kelurahan tersebut menjadi pusat penyebaran penyakit yang terjadi terutama pada wilayah Surabaya Barat dan Surabaya Utara. Pusat penyebaran penyakit tersebut memiliki kekuatan penyebaran dalam radius tertentu. Semakin tinggi proporsi di daerah pusat penyebaran, maka semakin kuat radius penyebarannya. Hal ini dapat dilihat pada pusat penyebaran di area Tubanan yang memiliki radius penyebaran cukup luas, yaitu sekitar 600 meter. Sedangkan pusat penyebaran penyakit di area pusat yang lain cenderung lebih sempit sesuai dengan proporsi penderita Pneumonia yang ada di wilayah tersebut.

### Simpulan

Pada penelitian ini telah dilakukan pemetaan terhadap penyakit Pneumonia di Surabaya. Hal yang pertama kali dilakukan adalah *survival analysis* terhadap data penderita Pneumonia. Ternyata, tingkat ketahanan hidup penderita Pneumonia relatif tinggi pada awal diagnosis, dan menurun sebesar 46,8% saat lama rawat mencapai 45 hari. Hal ini menunjukkan bahwa Pneumonia harus sesegera mungkin ditangani secara serius.

Umur pasien juga merupakan faktor utama penentu bertahan tidaknya seorang pasien terhadap serangan penyakit ini. Selanjutnya dari analisa *kriging*, diketahui bahwa pusat penyebaran Pneumonia berada di daerah Tubanan dan Sukomanunggal. Keduanya terletak di wilayah Surabaya Barat. Radius penyebaran penyakit ini sekitar 600 meter persegi.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada para staf Rekam Medik dan Instalasi Teknologi Informasi Rumah Sakit Umum Dr. Soetomo Surabaya atas bantuan untuk mendapatkan data yang digunakan pada penelitian ini.

### Daftar Pustaka

1. Cox, D. R., Regression Models and Life Tables (with Discussion), *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*, 34, 1972, pp. 187-220.
2. Cressie, N., *Statistics for Spatial Data*, John Willey and Sohn, New York, 1993.
3. Goovaerts, P., *Geostatistical for Natural Resources Evaluation*, Oxford University Press, New York, 1997.
4. Kellogg, C. B., Ramakhrisnan, N., and Marathe, M. V., Spatial Data Mining to Support Pandemic Preparedness, *ACM SIGKDD Explorations*, 8(1), 2006, pp. 80-82, doi: 10.1.1.103.9859.
5. Klein, J., and Moeschberger, M., *Survival Analysis Techniques for Censored and Truncated Data* (2<sup>nd</sup> edition), Springer, New York, 2003.
6. Lai, D., Geostatistical Analysis of Chinese Cancer Mortality: Variogram, Kriging and Beyond, *Journal of Data Science*, 2, 2004, pp. 177-193.
7. Lee, E., and Wang, J., *Statistical Methods for Survival Data Analysis* (3<sup>rd</sup> edition), John Willey and Sohn, New York, 2003.
8. LIPI, Research Center for Biotechnology, *Bakteri Invasif*. Laporan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, 2009.
9. Robertson, C., Nelson, T. A., MacNab, Y. C., and Lawson, A. B., Review of Method for Space Time Disease Surveillance, *Journal of Spatial and Spatio-Temporal Epidemiology*, 2010, doi: 10.1016/j.sste.2009.12.001.
10. Senior, Bila Paru-paru Penuh Cairan, *CBN Portal*, 2007, <http://cybermed.cbn.net.id/cbprt/common/stofriend.aspx?x=Health+News&y=cybermed|0|0|5|4009>, retrieved on 01 November 2009.
11. Shekhar, S., Lu, C. T., and Zhang, P., Detecting Graph-Based Spatial Outliers, *Journal of National Science Foundation*, 2(1), 2001, pp. 177-193.