

# MPRA

Munich Personal RePEc Archive

## **Scale-free correlation within Geopolitics of Election Studies**

Ardian Maulana and Hokky Situngkir

Dept. Computational Sociology, Bandung Fe Institute

29. August 2015

Online at <https://mpa.ub.uni-muenchen.de/66351/>

MPRA Paper No. 66351, posted 1. September 2015 06:46 UTC

# Korelasi Bebas-skala dalam Studi Geo-politik Pemilihan

Ardian Maulana  
[ai@compsoc.bandungfe.net]  
Dept. Computational Sociology  
Bandung Fe Institute

Hokky Situngkir  
[hs@compsoc.bandungfe.net]  
Dept. Computational Sociology  
Bandung Fe Institute

## **Abstract**

Collective behavior is a phenomena emerged from interacting elements of a complex system. This paper is a preliminary study for the spatial analysis to investigate the spatial characteristics from the correlations within election data. We demonstrate the emerged scale-free spatial correlation by the power law exhibited with the correlation length scaled over the size of the system. The analysis confirmed the collective behavior in voting and election processes in which local elements related to the global view of the system. Furthermore, the implementation of the community derection algorithm as the result of the election modeled as weighted correlation network demonstrated some correlated geographical clusters and the patterns they represented. Interestingly, the analysis has opened extended explanation on the geo-political characteristics within a nation, as exemplified by observing the election in Germany in 2013. Further analyses investigating the robustness of this aspects are opened.

## **Keywords:**

election, spatial correlation, scale-free, power law, correlation length, weighted correlation network, community detection.

## 1. Pendahuluan

Pemilu, mulai dari pemilihan legislatif, pemilihan presiden, referendum maupun sekadar *voting* atas suatu isu yang menjadi perhatian bersama, pada hakekatnya adalah suatu perayaan atas keberagaman individu dan pengakuan akan hak individual setiap orang untuk mengekspresikan pilihan secara bebas. Secara mikro pemungutan suara merupakan wahana sosial ketika individu di level mikro menyatakan sikap atas sesuatu di level makro, sedemikian sehingga pola makro-sosial dapat diketahui. Meski bermotif individual, namun dampak situasional dari pemilihan selalu bersifat kolektif. Pemilihan selalu bersifat sosial, dan pada akhirnya menunjukkan bagaimana tiap individu-individu berperilaku secara kolektif, dengan kolektivitas dan kebersamaan yang seolah bersifat individual. Ini merupakan fenomena sosial kolektif dimana setiap individu bertindak sebagai satu kesatuan dalam kelompok sosial yang lebih besar, yang secara kolektif memberikan respon atas dinamika di lingkungannya.

Yang menarik dari pemilu adalah bahwa ia merupakan salah satu dari sedikit aspek sosial yang menghadirkan data-data kuantitatif. Karena itulah pemilu menjadi salah satu fenomena sosial yang paling banyak dikaji dalam satu dekade terakhir [1]. Kajian sosiofisika pemilu telah berhasil menunjukkan adanya keteraturan global dalam bentuk sifat skala yang secara universal ditemukan pada perolehan suara partai/kandidat dalam pemilu di berbagai negara [2, 3, 4], juga bagaimana aspek-aspek statistik tersebut dapat dibrojolkan dari aturan-aturan perilaku mikro yang sederhana [5, 6, 14]. Namun upaya untuk menunjukkan adanya korelasi perilaku yang melandasi respon kolektif individu secara langsung dari data hasil pemilu belum banyak dilakukan [10, 19].

Tabel 1: Data

Negara	Sistem pemilu	Jumlah Partai	Level/jumlah unit spasial
Indonesia (2009, 2014)	<i>Open Party List PR</i>	38 (2009); 12 (2014)	Regency: 497 (2009), 508 (2014)
Jerman (2009, 2013)	<i>Mixed Member PR</i>	20 (2009); 26 (2013)	299 (2009);299(2013)
Argentina (2011, 2013)	<i>Closed Party List PR</i>	49 (2011); 82(2013)	527 (2011); 525 (2013)
Inggris (2005, 2010)	<i>Single Member Plurality System</i>	114(2005);26 (2010)	632(2005); 651(2010)
India (2009, 2014)	<i>Single Member Plurality System</i>	108 (2009);92(2014)	544(2009);541(2014)
Norwegia (2009, 2013)	<i>Open party list PR</i>	15(2009);21(2013)	425(2009);427(2013)
Swedia (2006, 2010)	<i>Open party list PR</i>	14(2006); 12 (2010)	290(2006); 290 (2006)
Swiss (2007, 2011)	<i>party list PR</i>	17 (2007); 15 (2011)	2701 (2007); 2464 (2011)

Hal inilah yang memotivasi dilakukannya studi ini, yang bertitik berat pada fenomena korelasi spasial bebas skala (*scale-free spatial correlation*) pada fluktuasi perolehan suara partai dalam pemilu. Bagaimanapun kelompok individu selalu terkait secara geografis, dan karenanya, perilaku kolektif mereka pun pada akhirnya tercermin secara geo-spasial pula. Korelasi spasial yang ditunjukkan bersifat istimewa mengingat adanya aspek bebas skala, ketidakbergantungan pada skala observasi dan pengamatan.

Laporan ini mengimplementasikan analisis spasial pada data hasil pemilu di sejumlah negara, yaitu Indonesia, Jerman, Argentina, Inggris, India, Norwegia, Swedia dan Swiss (tabel 1). Data yang dianalisis bervariasi ditinjau dari sisi sistem pemilu, jumlah partai, jumlah daerah pemilihan maupun konteks sosial politik dimana pemilu tersebut berlangsung. Kuantitas perolehan suara dimodelkan sebagai vektor suara  $\vec{v}_k = (v_{1k}, v_{2k}, \dots, v_{nk})$  dimana  $v_{ik}$  adalah perolehan suara partai  $i$  di wilayah  $k$  (provinsi, kabupaten atau wilayah administratif yang lebih rendah). Untuk menghilangkan efek populasi pada data,  $v_{ik}$  dinormalisasi terhadap total perolehan suara di daerah yang bersangkutan. Respon kolektif dari setiap elemen spasial  $k$  dikalkulasi sebagai fluktuasi nilai perolehan suara terhadap nilai rata-ratanya [7],

$$\vec{v}'_k = \vec{v}_k - \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \vec{v}_k \quad (1)$$

Lebih jauh kita mengeksplorasi pola geografis dari unit-unit spasial yang saling berkorelasi satu sama lain. Di sini kita memodelkan setiap wilayah sebagai simpul spasial dari jejalin berbobot [8, 9] dan mengimplementasikan metode deteksi komunitas sebagai cara untuk mengekstrak pola geografis yang terkandung dalam data spasial.

## 2. Model

Dengan memodelkan perolehan suara sebagai vektor  $\vec{v}_k$  pada persamaan (1) maka korelasi perolehan suara antar unit spasial dihitung menggunakan fungsi korelasi [7]:

$$C(r) = \frac{1}{c_0} \frac{\sum_{ij} \vec{v}'_i \cdot \vec{v}'_j \delta(r-r_{ij})}{\sum_{ij} \delta(r-r_{ij})} \quad (2)$$

dimana  $c_0$  adalah faktor normalisasi, dan  $\delta(r - r_{ij})$  adalah fungsi dirac untuk memilih pasangan wilayah yang berjarak  $r_{ij}$  satu sama lain. Semakin besar nilai  $C(r)$  berarti korelasi antar wilayah semakin kuat. Sebaliknya anti korelasi akan makin besar jika nilai  $C(r)$  negatif. Nilai  $C(r)$  yang bernilai nol menunjukkan independensi antar unit spasial.

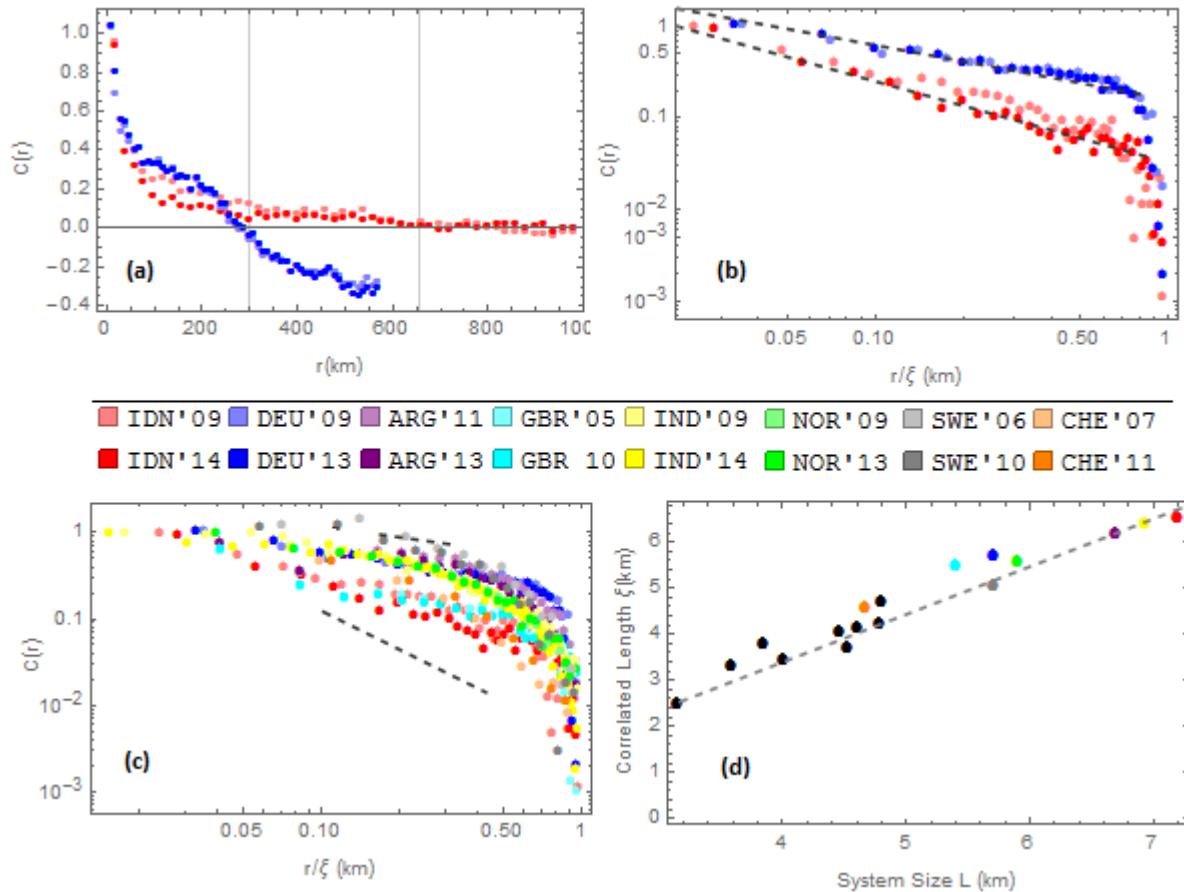
Bentuk tipikal fungsi korelasi  $C(r)$  ditunjukkan di gambar 1a dan 1b [7, 10, 11]. Terlihat di gambar 1a nilai  $C(r)$  semakin kecil dengan membesarnya jarak  $r$ , dan menjadi negatif ketika jarak antar unit spasial sangat besar. Semakin jauh letak geo-spasial dua daerah, semakin berbeda pola perolehan suaranya secara korelatif. Hal ini tentu merupakan sebuah kenyataan logis mengingat perbedaan situasi sosial yang berbeda-beda lokalitasnya.

Hal menarik ditunjukkan melalui apa yang kita dapat observasi pada gambar 2b yang menunjukkan perubahan nilai  $C(r)$  terhadap jarak  $r$  mengikuti pola hukum pangkat,

$$C(r) \sim r^{-\gamma}, \quad r \lesssim \xi \quad (3)$$

dimana  $\gamma$  adalah eksponen korelasi dan  $\xi$  (*correlation length*) adalah jarak dimana nilai  $C(r) = 0$  pertama kali. Nilai  $\gamma$  yang kecil menunjukkan nilai  $C(r)$  menurun dengan perlahan terhadap jarak, sedangkan nilai  $\xi$  menunjukkan seberapa jauh korelasi antar unit spasial dapat terjadi. Keduanya

mengkuantifikasi seberapa kuat korelasi spasial hadir dalam sistem yang dianalisis. Nilai  $\gamma^1$  [12] untuk pemilu Indonesia dan Jerman adalah  $\gamma_{\text{Ind}2009} = 0.84 \pm 0.02$  ( $R = 0.94 \pm 0.02$ ),  $\gamma_{\text{Ind}2014} = 0.89 \pm 0.03$  ( $R = 0.94 \pm 0.01$ ),  $\gamma_{\text{Deu}2009} = 0.48 \pm 0.03$  ( $R = 0.94 \pm 0.02$ ) dan  $\gamma_{\text{Deu}2013} = 0.53 \pm 0.03$  ( $R = 0.96 \pm 0.02$ ), dengan *correlation length*  $\xi_{\text{Ind}2009} = 684$  km,  $\xi_{\text{Ind}2014} = 708$  km,  $\xi_{\text{Deu}2009} = 288$  km dan  $\xi_{\text{Deu}2013} = 288$  km.



**Gambar 1: Korelasi spasial bebas skala dalam pemilu.** (a). Nilai korelasi rata-rata  $C(r)$  vektor suara antar unit spasial pada jarak  $r$  km untuk pemilu Indonesia (2009,2014) dan Jerman (2009,2013). Garis vertikal menunjukkan *correlation length*  $\xi$  pada  $C(\xi) = 0$ . (b)  $C(r)$  vs  $r/\xi$  (jarak yang direskala terhadap nilai *correlation length*), dalam log-log plot. (c)  $C(r)$  vs  $r/\xi$  untuk pemilu di 8 negara berbeda, dalam log-log plot. (d) *Correlation length*  $\xi$  vs ukuran sistem  $L$ , dalam log-log plot. Titik warna hitam mewakili pemilu DPD Indonesia 2014, warna lainnya mewakili pemilu legislatif di 8 negara berbeda.  $L$  adalah akar kuadrat panjang maksimum wilayah.

Nilai  $\gamma \leq 2$ , dimensi ruang dimana data direpresentasikan, menunjukkan bahwa korelasi spasial vektor suara hasil pemilu bersifat korelatif dalam horizon yang panjang (*long-range correlated*) [7, 11]. Artinya, penurunan nilai  $C(r)$  terhadap jarak berlangsung sangat perlahan sedemikian sehingga kemiripan pola perolehan suara tidak hanya terjadi antar unit spasial yang berdekatan, tetapi juga

<sup>1</sup> Nilai tersebut diperoleh dari analisa regresi OLS dimana variasi interval *fitting*  $R_{\text{min}}$  dan  $R_{\text{max}}$  menghasilkan sejumlah nilai  $\gamma$  dan mengevaluasinya berdasarkan nilai  $R^2$  [7, 12].

antar unit spasial yang terpisah jauh. Dengan kata lain rentang jarak dimana korelasi spasial terjadi jauh lebih besar dari rentang dimana interaksi secara langsung mungkin terjadi.

Lebih jauh, sebagaimana ditunjukkan pada gambar 1c, fungsi korelasi spasial data hasil pemilu di berbagai negara dengan sistem pemilu yang beragam juga mengikuti pola yang sama. Tabel 2 mendeskripsikan nilai  $\bar{\gamma}$ ,  $\xi$  dan  $R$  untuk masing-masing negara. Menjadi jauh lebih menarik lagi ketika kita menunjukkan di gambar 1d bahwa variabel panjang korelasi (*correlation length*) tidak memiliki nilai yang konstan karena membesar secara linier mengikuti ukuran dari sistem,

$$\xi(L) = L^{\nu} \quad (4)$$

dimana  $L$  adalah median dari jarak antar unit spasial dalam sistem, dan  $\nu = 0.9771$  ( $R^2 = 0.9426$ ) adalah eksponen *correlation length*. Hal ini tidak hanya menunjukkan bahwa ukuran sistem menjadi variabel prediktif terhadap sejauh mana korelasi antar unit spasial terjadi tetapi juga mengindikasikan bahwa korelasi fluktuasi vektor suara dalam pemilu bersifat bebas skala (*scale free*) [7, 11].

Sifat korelatif antara unit-unit spasial kolektif dengan karakteristik bebas skala ini juga ditemukan di data dinamika otak [9, 13] dan perilaku kerumunan burung terbang [7]. Terdapat pola dimana sifat korelatif di level lokal memiliki keterkaitan dengan pola di level global sistem secara keseluruhan. Secara umum hal ini mengindikasikan karakter kompleks, dimana transfer informasi sebagai ekspresi dari interaksi antar elemen tidak hanya terjadi antar elemen yang berdekatan, tapi juga mampu melingkupi keseluruhan sistem. Secara spesifik, pola perolehan suara di suatu unit spasial akan terkait erat dengan unit spasial lain yang berada dalam domain korelasi yang sama, dan perubahan yang terjadi di setiap elemen sistem (lokal) akan mempengaruhi dan dipengaruhi oleh dinamika sistem secara global.

**Tabel 2:** nilai rata-rata eksponen korelasi  $\bar{\gamma}$  dan  $\overline{R^2}$  (dirata-ratakan terhadap sejumlah nilai  $\gamma$  dan  $R$  hasil *fitting* pada interval  $[r_{\min}, r_{\max}]$  [12])

Sistem	$\bar{\gamma}$	$\overline{R^2}$
IDN'09	0.84 ± 0.02	0.94 ± 0.02
IDN'14	0.89 ± 0.03	0.94 ± 0.01
DEU'09	0.48 ± 0.03	0.94 ± 0.02
DEU'13	0.53 ± 0.03	0.96 ± 0.02
ARG'11	1.09 ± 0.19	0.92 ± 0.01
ARG'13	1.29 ± 0.19	0.92 ± 0.01
GBR'05	0.59 ± 0.10	0.93 ± 0.01
GBR 10	0.65 ± 0.13	0.92 ± 0.01
IND'09	0.97 ± 0.08	0.91 ± 0.01
IND'14	0.97 ± 0.02	0.91 ± 0.00
NOR'09	0.69 ± 0.02	0.92 ± 0.00
NOR'13	0.72 ± 0.01	0.92 ± 0.00
SWE'06	1.36 ± 0.16	0.94 ± 0.02
SWE'10	1.21 ± 0.04	0.92 ± 0.01
CHE'07	1.33 ± 0.22	0.91 ± 0.01
CHE'11	1.04 ± 0.08	0.92 ± 0.01

### 3. Diskusi

Bagaimanakan sifat korelatif spasial ini ditunjukkan sebagai pola geografis? Karakteristik statistik ini terekspresikan secara geografis dalam bentuk pengelompokan-pengelompokan spasial dimana wilayah dengan pola perolehan suara yang saling berkorelasi akan mengelompok dalam formasi geografis tertentu. Untuk mengidentifikasi hal tersebut kita memodelkan korelasi antar unit spasial sebagai jejaring berbobot (*weighted network*) dimana bobot relasi antar simpul spasial  $w_{ij}$  dihitung sebagai berikut [9],

$$w_{ij} = \frac{\vec{v}_i \cdot \vec{v}_j}{\|\vec{v}_i\| \|\vec{v}_j\|} \quad (5)$$

dengan relasi antar simpul hanya terbentuk jika nilai  $w_{ij} > 0$ . Kita mengimplementasikan algoritma Louvain [15] untuk mendeteksi kluster-kluster spasial berdasarkan prinsip optimasi nilai modularitas,  $Q$ , sebagai berikut [16],

$$Q = \frac{1}{2m} \sum_{ij} [W_{ij} - \gamma P_{ij}] \delta(g_i, g_j) \quad (6)$$

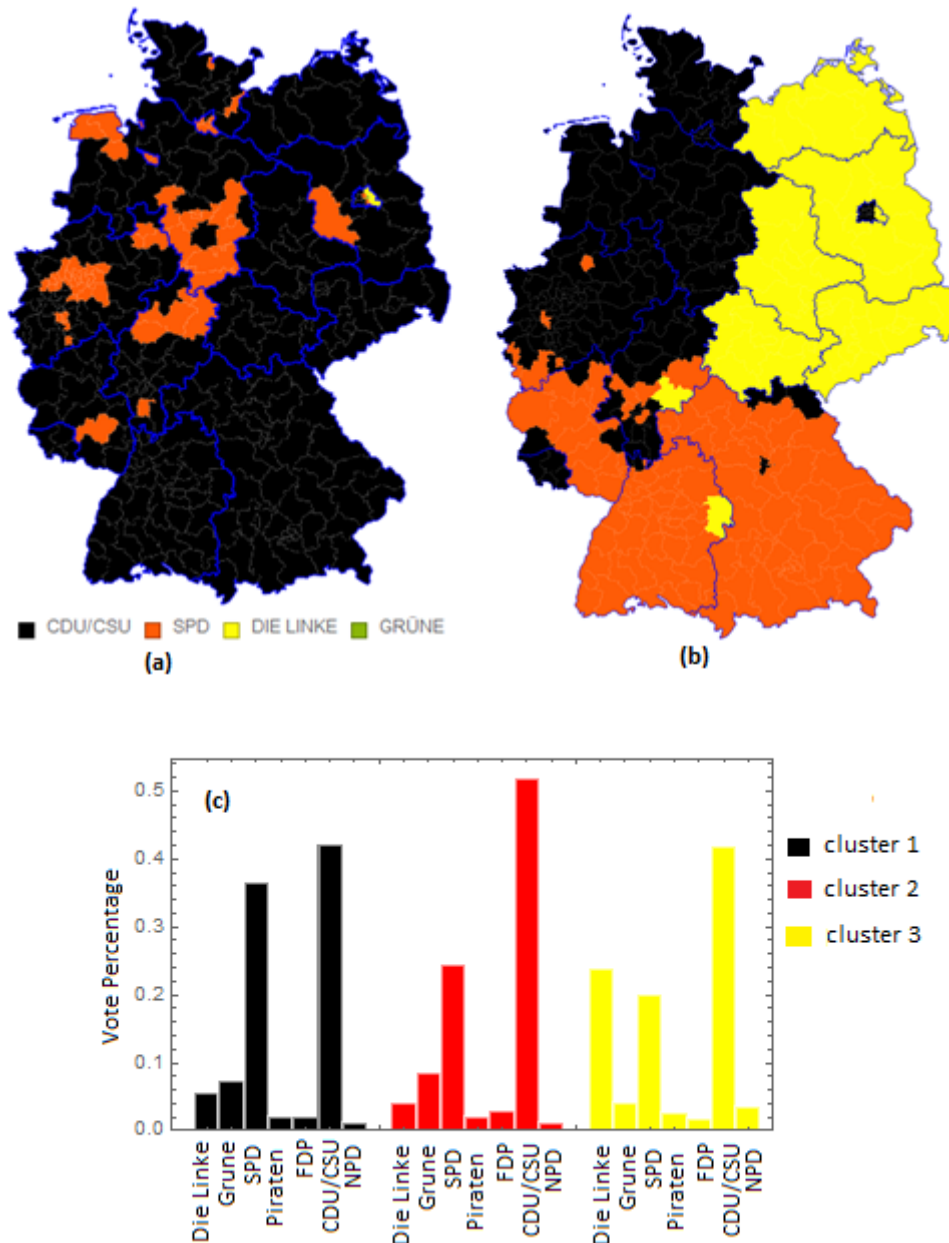
dimana  $m$  adalah bobot seluruh relasi  $w_{ij}$ ,  $P_{ij}$  adalah elemen  $ij$  pada matriks *random null model*  $P_{ij} = \frac{k_i k_j}{2m}$ ,  $k_i$  adalah derajat (*weighted degree*) simpul  $i$ , dan  $g_i$  adalah komunitas dimana simpul  $i$  berada, dengan  $\delta(g_i, g_j) = 1$  jika  $i$  dan  $j$  berada dalam komunitas yang sama. Sementara  $\gamma$  adalah parameter resolusi yang memungkinkan kita mengidentifikasi komunitas pada skala resolusi yang berbeda [17]. Nilai  $Q$  akan tinggi pada kondisi dimana komunitas yang teridentifikasi tersusun atas simpul-simpul yang berkorelasi secara kuat satu sama lain, dan sebaliknya untuk simpul dari komunitas yang berbeda, dibandingkan terhadap kondisi acak.

Jejaring empiris umumnya memiliki banyak variasi konfigurasi komunitas dengan nilai modularitas hampir optimum. Sehingga kita mungkin mendapatkan konfigurasi yang berbeda setiap kali eksperimen dilakukan. Untuk itu kita mengkonstruksi matriks konsensus struktur komunitas ( $A_{rep}$ ) berdasarkan hasil dari 100 kali eksperimen pencarian [8, 18]. Struktur komunitas final adalah hasil dari identifikasi komunitas yang dilakukan pada matriks  $A_{rep}$  dengan menggunakan *uniform null model*  $P_{ij} = \frac{2m}{[N(N-1)]}$  [8]

Sebagai contoh, sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2, peta elektoral hasil pemilihan dan terbentuknya pengelompokan spasial berdasarkan hasil pemilu Jerman 2013. Dari gambar 2a terlihat warna hitam yang merepresentasikan partai CDU/CSU mewarnai hampir seluruh wilayah Jerman. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun secara global terdapat 4 partai yakni CDU/CSU (Christian Democratic Union/Christian Social Union), SPD (*Social Democratic Party*), Die Linke (*The Left*), Grune (*The Greens*) berhasil meraih kursi parlemen, secara spasial CDU/CSU mampu tampil dominan dengan memenangkan mayoritas wilayah ektoral dalam pemilu 2013.

Gambar 2b menginformasikan hal yang berbeda yang tidak terdeteksi hanya berdasarkan peta elektoral semata. Berdasarkan gambar 2b kita mengetahui bahwa berdasarkan kemiripan pola fluktuasi perolehan suara maka wilayah Jerman secara umum dapat dipartisi menjadi 3 kelompok spasial, yakni: (1) Kelompok Jerman bagian barat-laut (*Northwest Germany*) meliputi Schleswig-Holstein, Lower Saxony, Bremen, Hamburg, Saarland, sebagian besar wilayah North Rhine-Westphalia, dua-per-tiga wilayah Hesse, dan sejumlah enklaf yang ada di wilayah Rhineland-

Palatinate, Baden-Wurtemberg, Bavaria dan Berlin; (2) Kelompok Jerman bagian selatan (*South Germany*) meliputi Bavaria, Baden-Wurtemberg, sebagian besar wilayah Rhineland-Palatinate, sepertiga wilayah Hesse, sebagian kecil North Rhine-Westphalia; (3) Kelompok Jerman bagian timur-laut (*Northeast Germany*) meliputi Berlin, Bradenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Saxony-Anhalt, Thuringia, Saxony Jerman dengan 2 enklave kecil di wilayah Baden-Wurtemberg dan Hesse.



**Gambar 2: Pengelompokan spasial dalam pemilu Jerman 2013.** (a) Peta elektoral yang diwarnai berdasarkan partai pemenang di setiap wilayah. Garis biru pada peta menunjukkan batas administratif negara bagian. (b) Tiga kluster spasial yang diidentifikasi menggunakan algoritma deteksi komunitas, dengan parameter resolusi  $\gamma = 0.7$ . (c). Histogram perolehan suara 5 partai teratas di masing-masing kluster. Warna mengikuti pewarnaan kluster di 2b.



Menarik mendapati bahwa secara analitik, terdapat tiga kelompok kewilayahan sosial politik berdasarkan perolehan suara partai di wilayah yang tergabung dalam masing-masing kelompok (gambar 2c). Terlihat kombinasi antara CSU/CDU dan partai lainnya (SPD, Grune dan Die Linke) menjadi pembeda yang utama. Pola perolehan suara ke 4 partai tersebut di kelompok di wilayah pertama (Jerman bagian barat-laut ) dan 2 (Jerman bagian selatan) nampak tidak terlalu jauh berbeda dimana CSU/CDU, SPD dan Grune secara berurutan mendapat suara terbanyak. Pembedanya adalah CSU/CDU sangat dominan menguasai kelompok wilayah kedua dengan total perolehan suara mencapai 50 persen khususnya di wilayah selatan Jerman (Bavaria dan Baden-Wurttemberg). Sementara di kelompok pertama, SPD yang memiliki basis pemilih di wilayah barat laut Jerman secara umum bersaing ketat dengan CDU/CSU, serta performa Die Linke dan Grune yang cukup baik di wilayah urban Bremen dan Hamburg serta industrialis seperti Saarland membuat kelompok wilayah Jerman bagian barat laut tampaknya kurang konservatif dibandingkan kluster 2 di selatan Jerman. Sementara di kelompok wilayah ketiga, Jerman bagian Timur, sangat berbeda karakteristik sosial politiknya relatif terhadap dua kelompok wilayah sebelumnya. Di wilayah ini warna kiri sangat terlihat dimana Die Linke dan diikuti SPD menjadi penantang utama CDU/CSU.

Observasi ini membuka peluang untuk mengaitkan pola geo-politik Jerman dalam pemilu 2013 ini dengan “pembelahan” geografis Jerman berdasarkan aspek kesejarahan, sosial dan ekonomi. Sebagai contoh, geopolitik Jerman di era perang dingin, yang terbelah menjadi Jerman Barat (melingkupi wilayah di kelompok 1 dan 2) dan Jerman Timur (melingkupi wilayah di kelompok 3), secara umum menunjukkan kesesuaian dengan pola spasial yang ditunjukkan dalam studi ini. Kedepannya, pola pengelompokan spasial politik dari pemilu ke pemilu dan keterkaitannya dengan pola spasial dari aspek sosial, ekonomi dan kesejarahan suatu negara dapat dielaborasi lebih jauh guna mengidentifikasi adakah sesuatu yang stabil secara spasial dari perilaku dan kebiasaan sosial politik suatu masyarakat.

Secara umum, dari contoh ini kita mendapati bahwa jumlah kelompok wilayah yang ditemukan sangat kecil dibandingkan dengan jumlah unit spasial yang digunakan sebagai basis analisis. Hal ini mengindikasikan karakteristik korelasi spasial yang kuat: pola suara partai di suatu wilayah berkaitan erat dengan pola suara di semua wilayah lain yang berada dalam kluster spasial yang sama. Tidak mengejutkan bahwa wilayah yang tergabung dalam kluster cenderung untuk saling berdekatan satu sama lain, namun menjadi menarik, bahwa ternyata dapat ditunjukkan bahwa rentang korelasi tersebut jauh melampaui jarak wilayah-wilayah yang berdekatan atau bertetangga.

#### **4. Catatan Kesimpulan**

Korelasi adalah produk interaksi antar unit elementer sistem. Seberapa jauh korelasi terjadi menentukan seberapa besar kemampuan sistem memberikan respon kolektif atas dinamika lingkungan. Studi ini mengelaborasi fenomena perilaku kolektif dalam sistem pemilihan dengan cara mengevaluasi indikator korelasi spasial dari data hasil pemilu di sejumlah negara. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa fluktuasi perolehan suara memiliki karakteristik *scale-free spatial correlation* dimana fungsi korelasinya mengikuti pola hukum pangkat dengan *correlation length* yang terskala terhadap ukuran sistem. Hal ini berarti bahwa korelasi antar unit spasial terjadi pada rentang jarak yang jauh sehingga memungkinkan dinamika di setiap elemen lokal dapat mempengaruhi sistem secara global.

Evaluasi pola geografis dengan memodelkan korelasi antar unit spasial sebagai jejaring berbobot (*weighted network*), memberi peluang lebih jauh untuk melihat persoalan identifikasi pengelompokan spasial sebagai problem deteksi komunitas simpul-simpul kewilayahan yang berkorelasi kuat secara internal relatif terhadap ekspektasinya. Evaluasi pola geografis yang dicontohkan dalam pemilu di Jerman 2013 menunjukkan hadirnya 3 kelompok spasial yang membelah Jerman menjadi Jerman bagian barat laut, Jerman bagian Selatan dan Jerman bagian Timur. Kelompok spasial ini tentu terkait dengan pola perolehan suara di wilayah-wilayah yang tergabung dalam masing-masing wilayah, yang mana menjadi semacam karakteristik sosial politik dari kelompok di wilayah yang bersangkutan. Dari sini diketahui kelompok wilayah Jerman bagian selatan cenderung lebih konservatif dibandingkan kluster Jerman bagian barat laut sementara kluster Jerman bagian timur sangat progresif dan cenderung ke kiri dibandingkan 2 kluster lainnya. Tidak dapat dipungkiri bahwa pembelahan spasial di pemilu Jerman 2013 mempunyai kesesuaian yang kuat dengan pembelahan Jerman dalam perang dingin.

Studi ini tidak hanya mengkonfirmasi perilaku kolektif dalam proses pemilihan berdasarkan evaluasi sifat korelasi spasial dari data hasil pemilu sejumlah negara tapi juga mengajukan model jejaring dan deteksi komunitas sebagai cara untuk mengekstrak pola geografis dalam data spasial. Hal inilah yang membuka peluang penyelidikan lebih lanjut terkait kestabilan pola pengelompokan spasial dari pemilu ke pemilu dan keterkaitannya dengan pola geografis dari variabel sosial, ekonomi dan kesejarahan.

## **Pengakuan**

Penulis berterima kasih kepada kolega peneliti di Bandung Fe Institute dan Centre of Complexities Surya University atas motivasi dan diskusi, juga Surya University atas bantuan dana selama penelitian ini dilakukan. Seluruh kesalahan adalah tanggung jawab penulis.

## **Referensi**

1. Fortunato, S., Castellano, C. (2012). Physics peeks into the ballot box. *Physics Today* 65, 74–75
2. Chatterjee, A., Mitrovic, M. & Fortunato, S. (2013). Universality in voting behavior: an empirical analysis. *Scientific Reports*. Nature Publishing Group.
3. Araripe, L. E., Costa Filho, R. N., Herrmann, H. J. & Andrade, J. S. (2006). Plurality Voting: the Statistical Laws of Democracy in Brazil. *Int. J. Mod. Phys. C* 17, 1809–1813
4. Maulana, A. & Situngkir, H. (2012). Power Law in Election. *Journal of Social Complexity*. Bandung Fe Institute.
5. Situngkir, H & Surya, Y. (2004). Democracy : Order out of Chaos, Understanding Power Law in Indonesian Election. WPQ2004. Bandung Fe Institute.
6. Palombi, F., Toti, S. (2015). Voting Behavior in Proportional Elections from Agent - Based Models. *Physics Procedia*, Volume 62, p. 42-47.

7. Cavagna, A., Cimarelli, A., Giardina, I., Parisi, G., Santagati, R., Stefanini, F., & Viale, M. (2010). Scale-free correlations in starling flocks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(26), 11865–11870.
8. Sarzynska, M., Leicht, E., Chowell, G., Porter, M.A. (2015). Null Models for Community Detection in Spatially-Embedded, Temporal Networks. arXiv:1407.6297.
9. Gallos, L. K., Sigman, M., & Makse, H. A. (2012). The Conundrum of Functional Brain Networks: Small-World Efficiency or Fractal Modularity. *Frontiers in Physiology*, 3, 123.
10. Borghesi, C., Raynal, J.-C., & Bouchaud, J.-P. (2012). Election Turnout Statistics in Many Countries: Similarities, Differences, and a Diffusive Field Model for Decision-Making. *PLoS ONE*, 7(5), e36289.
11. Gallos, L.K., Barttfeld, P., Havlin, S., Sigman, M., Makse, H.A., (2012). Collective behavior in the spatial spreading of obesity. *Scientific Reports*, 2012; 2
12. Clauset, A., Shalizi, C. R. & Newman, M. E. J. (2009). Power-law distributions in empirical data. *SIAM Review* 51, 661–70.
13. Schneidman, E., Berry, M. J., Segev, R. & Bialek, W. (2006). Weak pairwise correlations imply strongly correlated network states in a neural population. *Nature* 440, 1007–1012
14. Maulana, A. (2008). Dinamika sentimen pemilih dalam Simulasi Voting berbasis Agen. WP-IX-2008. Bandung Fe Institute
15. Blondel, V. D., Guillaume, J.-L., Lambiotte, R., Lefebvre, E. (2008). Fast unfolding of communities in large networks. *J. Statist. Mech.*, 10:P10008.
16. S. Fortunato. (2010). Community detection in graphs. *Physics Reports*, 486:75.174
17. Fortunato, S., Barthélemy. (2006). Resolution limit in community detection. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 104:36.41
18. Lancichinetti, A & Fortunato, S. (2012). Consensus clustering in complex networks. *Scientific Reports*, 2(336).
19. Maulana, A., Situngkir, H. (2015). OBSERVASI KOMPLEKSITAS PEMILU: Studi Kasus pemilihan umum Indonesia 2014. Working Paper Bandung Fe Institute