

# MEMPERKENALKAN SOSIOFISIKA

*Dietrich Stauffer*

Institute for Theoretical Physics, Cologne University, Euroland  
 Instituto de Fisica, Universidade Federal Fluminense, Brazil

*Ekonofisika telah berkembang sangat pesat menjadi sebuah bidang riset yang luas dalam satu dekade terakhir, sementara di sisi lain perkembangan sosiofisika masih relatif jauh lebih kecil. Apakah sosiofisika hanyalah sebuah tren yang dapat punah dalam jangka waktu beberapa tahun ke depan? Apakah sosiofisika dapat menghasilkan sesuatu yang berguna bagi kita?*

Sebagai sebuah tren, sosiofisika bisa jadi justru terlalu tua. Filsuf Yunani Kuno Empedokles lebih dari 2000 tahun lalu telah menuliskan bahwa manusia dapat diibaratkan sebagai fluida: beberapa di antaranya dapat bercampur dengan mudah, seperti air dan anggur, sementara sebagian lain tak mau bercampur, misalnya air dan minyak. Kebijakan kuno ini, oleh J. Mimkens diceritakan kepada saya, erat kaitannya dengan simulasi komputer yang mutakhir, berdasarkan model Ising dan Potts, yakni tentang bagaimana para imigran berbaur dengan masyarakat setempat, atau justru ia malah gagal dan tak dapat berbaur [1,2]. Sebenarnya, simulasi pertama ini [1] justru dipublikasikan pada edisi paling pertama dari *Journal of Mathematical Sociology* tahun 1971 sebagai penemuan ulang atas model Ising pada tahun 1925. Pada tahun yang sama, 1971, seorang fisikawan teoretis Weidlich [3] juga mulai mempublikasikan tulisan dengan isu-isu sosial di luar jurnal fisika, sementara Callen dan Shapiro memperkenalkan hal ini pada komunitas fisika yang lebih luas [4], dan di tempat lain lagi fisikawan Galam beserta koleganya secara eksplisit terkenal dengan penelitian sosiofisikanya [5]. Yang menarik, sebuah makalah yang ditulis oleh Ettore Majorana 65 tahun lalu, yang mencoba mengaplikasikan ketidakpastian kuantum ke dalam persoalan sosioekonomi, justru mungkin sudah banyak terlupakan. Baru pada tahun 2002, konferensi sosiofisika pertama yang saya ketahui digelar di Jerman yang diorganisir oleh Schweitzer and Treutzsch.

Saya sendiri baru tertarik pada bidang ini dengan dipicu oleh Bonabeau dan kawan-kawan, Kohring, dan Galam [6] namun baru pada tahun 2000 saya berkesempatan melakukan simulasi saya sendiri. Suatu saat saya memperoleh sebuah paper tentang dinamika opini [7] yang sebelumnya pernah ditolak dengan hormat oleh *Physical Review Letters*. Makalah ini membuat saya terpesona melalui kesederhanaan model Sznajd yang digunakan di dalamnya. Berdasarkan model yang menarik ini kami lalu melakukan penelitian dan hingga tulisan ini dibuat, makalah tersebut telah dirujuk 71 kali

dalam waktu kurang dari lima tahun. Baru kemudian hari saya mendengar tentang kompetisi antara model-model dinamika opini [8].

Apakah gerangan yang dapat dicapai oleh sosiofisika? Dapatkah kita menghindari konflik, atau memprediksi pemenang pemilu yang akan datang? Fisikawan Galam benar-benar melakukannya. Melalui teorinya tentang persebaran opini minoritas, ia memprediksi bahwa rakyat Perancis akan menentang diterapkannya konstitusi Uni Eropa dalam referendum yang dilakukan; hal yang juga ternyata terjadi di Belanda untuk referendum yang sama. Namun yang menarik referendum serupa di Spanyol dan Luxemburg justru menyetujui konstitusi ini. Saya pikir ada baiknya kita membandingkan sosiofisika dengan fisika statistika: Hukum Boltzmann (dalam fisika *-red*) menjelaskan mengapa tekanan ideal klasik mematuhi persamaan  $PV = NkT$ . Namun hingga hari ini tak seorangpun dapat memprediksi dengan komputer teknologi termutakhir saat ini di mana posisi sebuah molekul udara yang sekarang ada di ujung hidung saya akan berada empat menit mendatang. Dalam hal ini, kita memahami bahwa fisika statistika memprediksi rata-rata, bukan nasib per individu.

Artinya, ketika kita mencocokkan hasil Sznajd model ini dengan berbagai penyesuaian tertentu pada hasil pemilu Brazil[9] - seperti



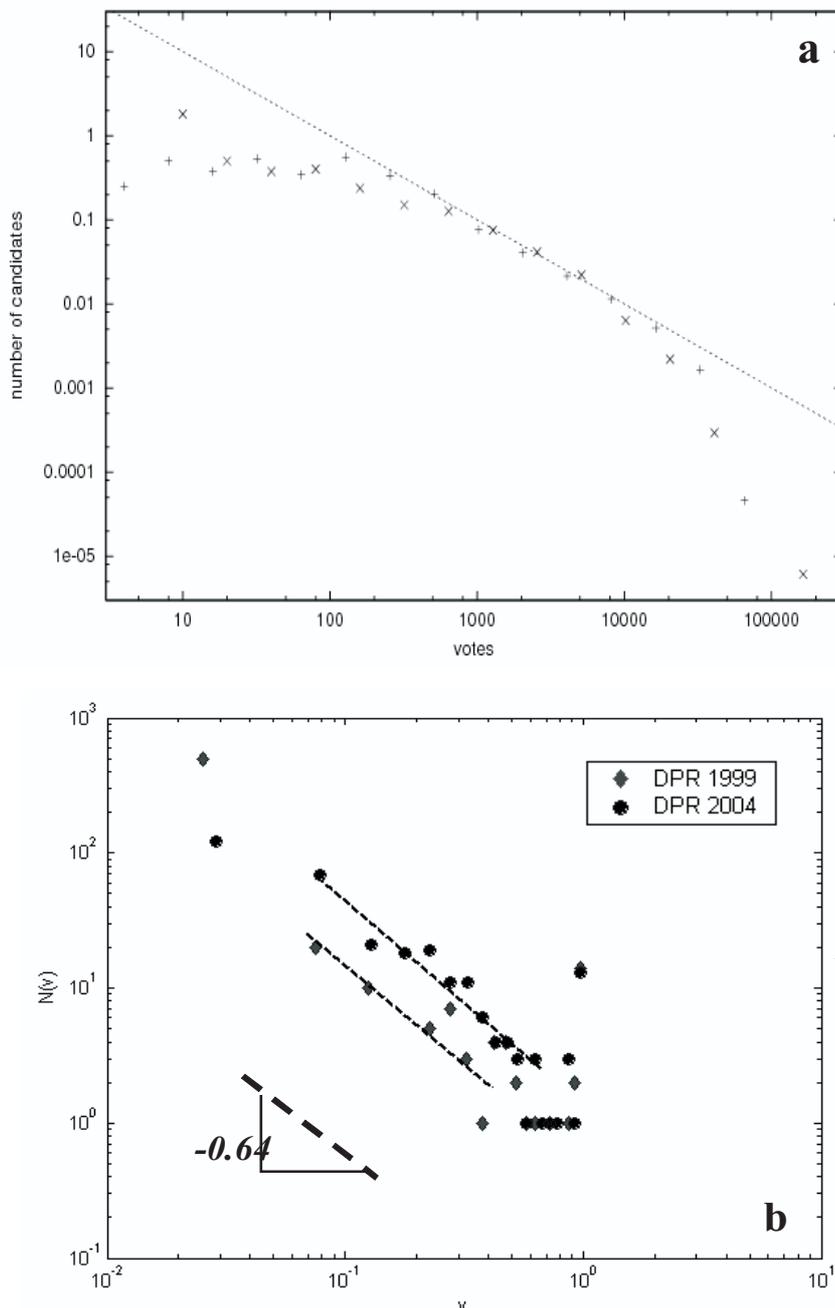
pada Gambar. 1a - kita tidak memprediksi kandidat mana yang memenangkan pemilu; kita juga bukan bermaksud menjelaskan kemenangan yang terjadi. Kita hanya menemukan (pola *-red*) berapa banyak kandidat yang memperoleh persentase suara tertentu, mulai dari pemenang absolut hingga yang paling tidak beruntung. Dan hasil serupa ternyata juga ditemukan di negara-negara lain, seperti pemilu yang diadakan di Indonesia yang dianalisis di Bandung Fe Institute[10], seperti ditunjukkan pada Gambar 1b, ditemukan pola hukum pangkat (*power-law*) yang serupa dengan bagian tengah Gambar 1a, hasil dari Brazil.

Model Sznajd yang sama juga diaplikasikan dalam koalisi tiga atau empat partai politik: apakah konsensus masih mungkin tercapai dalam jumlah partai 1,2,3,4 jika anggota partai *i* hanya dapat meyakinkan anggota partai *i-1* dan *i+1* untuk mengadopsi pilihan yang diyakini oleh anggota partai *i* tersebut. Model tersebut menghasilkan

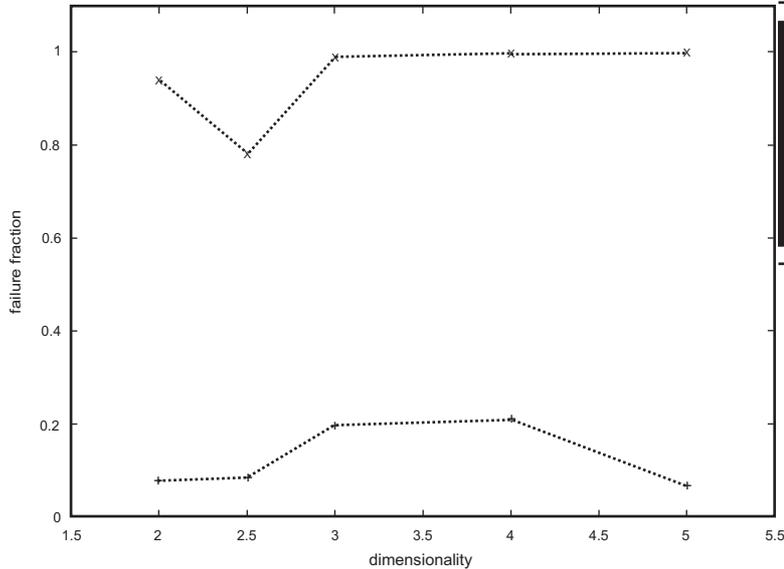
konsensus, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar.2, sering menghasilkan konsensus tiga partai dan jarang menghasilkan empat partai, untuk sistem demokrasi pada umumnya. Namun demikian, India hingga tahun 2004, memiliki koalisi pemerintahan dari lebih dari 20 partai.

Sederhananya, kita bisa membandingkan tujuan yang terbatas dari sosiofisika ini dengan konstitusi pada sebuah demokrasi. Sosiofisika bertujuan untuk memprediksi prinsip-prinsip umum dan bukan nasib individual. Konstitusi menentukan bagaimana pemilu dilaksanakan dan bagaimana cara menentukan pemenangnya, tetapi konstitusi tidak dapat memberitahukan nama pemenangnya secara spesifik. Kendati demikian, konstitusi tetap penting, begitu pula sosiofisika meskipun ia memiliki keterbatasan sampai pada perhitungan atas rata-rata.

Ekonofisika mengarah pada pembentukan perusahaan-perusahaan di mana fisikawan teoretis membimbing lembaga keuangan tentang bagaimana mengurus resiko dan aspek keuangan lainnya. Saya tidak melihat kesuksesan praktis serupa pada sosiofisika, tetapi mungkin satu bidang riset akan bisa sangat bermanfaat bagi banyak negara berkembang. Indonesia diprediksi hingga tahun 2005 memiliki kenaikan 400 persen jumlah orang yang “tua”, melebihi nilai prediksi bangsa lainnya di dunia. Di Eropa barat dan tengah, angka harapan hidup tinggi, fraksi jumlah yang berusia tua juga besar, sehingga kenaikan relatif jumlah penduduk berusia tua akan lebih rendah. Juga oleh angka kelahiran yang jatuh sekitar tahun 1970, dan perempuan Jerman memiliki rata-rata 1,4 anak, jauh di bawah level sebelumnya, yakni sedikit di atas 2, maka di tahun 2030 kelompok umur paling besar di Jerman diperkirakan adalah orang-orang berusia 70-an, sementara saat ini kebanyakan orang Jerman menginginkan pensiun pada usia menjelang 60 tahun. Ini bisa menjadi bencana jika aturan untuk pensiun dan angka kelahiran (atau imigrasi) tidak berubah. Saat ini Jerman memiliki tingkat



**Bagian a:** Distribusi suara dalam pemilu Brazil (x) dan dalam simulasi model Sznajd (+). Kita memplot log-log jumlah kandidat yang memperoleh sejumlah suara yang disebutkan. Skala hasil simulasi disesuaikan dengan skala nilai yang diperoleh sebenarnya; bentuk kurva tidak terpengaruh oleh penyesuaian ini. Dari [9]  
**Bagian b:** Hasil dari pemilu Indonesia tahun 1999 dan 2004 memberikan pola hukum pangkat yang sama. Dari Situngkir & Surya [10]



Probabilitas koalisi empat partai (data bagian atas) dan tiga partai politik (data bagian bawah) tidak menghasilkan konsensus dalam model Sznajd, terhadap dimensionalitas kisi. Kisi segitiga menunjukkan dimensionalitas 5/2. Diambil dari prosiding konferensi AIP. 690, 147 (2003).

physics), sebuah upaya untuk menggunakan metode fisika umum untuk mensimulasikan berbagai persoalan hukum[13].

Fisika biasanya dibagi ke dalam fisika teoretis dan fisika eksperimental. Kedua hal tersebut dapat juga diterapkan dalam sosiofisika. Penelitian eksperimental akan menganalisis realitas, dengan membuat misalnya, statistik tentang berapa banyak orang mengirim pesan *e-mail* kepada partner tertentu dalam setiap minggunya. Sedangkan penelitian teoretis akan membangun model, berdasarkan unit individual (atau sering juga disebut agen), dan kemudian menyelesaikan model ini secara matematis atau dengan simulasi komputer.

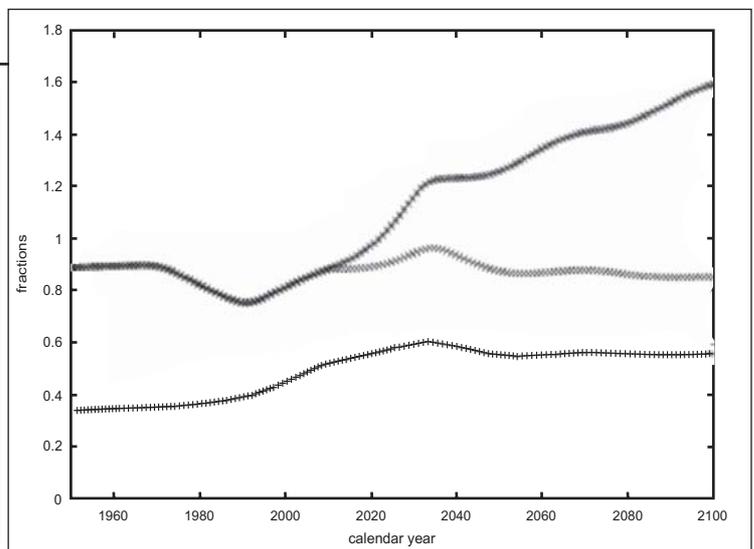
Bagi pembaca yang tertarik dengan persoalan seperti ini, anda dapat menemukan makalah-makalah fisika dalam jurnal-jurnal seperti *Physica A* (Amsterdam) atau *International Journal of Modern Physics C* (Singapura), sedangkan *Journal of Artificial Societies and Social Simulations* merupakan sebuah ruang pertemuan para sosiolog dengan fisikawan (hanya tersedia dalam bentuk elektronik di <http://jasss.soc.surrey.ac.uk>).

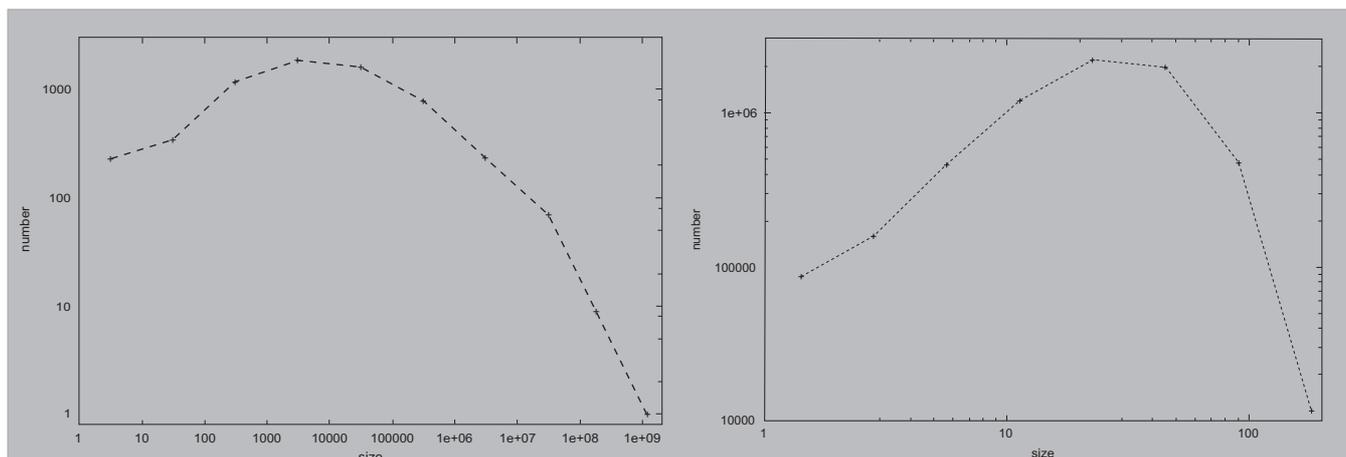
Bagi siapapun yang ingin berkarya dalam bidang sosiofisika yang menarik ini dan ingin memperoleh program Fortran dari saya untuk model-model tertentu, dapat menghubungi saya di [stauffer@thp.uni-koeln.de](mailto:stauffer@thp.uni-koeln.de); saya dan rekan-rekan juga menulis buku tentang simulasi komputer bidang inter-disipliner [14] di mana saya menanggapijawab bab tentang sosiofisika. ■

pengangguran yang tinggi, tapi di tahun 2030 mungkin sudah tidak ada cukup orang dengan usia kerja di sana. Simulasi komputer [11] dalam literatur, Gambar 3, diperlukan untuk mengecek apakah model yang berbeda memberikan hasil yang secara umum konsisten, sehingga menjadi dapat dipercaya. Negara-negara berkembang harus belajar dari kesalahan Eropa dan dalam jangka panjang ke depan mencoba menyesuaikan tingkat kelahiran dan laju migrasi seperti halnya juga usia pensiun; saya mendengar bahwa di Malaysia sekarang telah kekurangan penduduk usia kerja muda. Di tempat lain, Algeria,[11] akan sejahtera jika tingkat kelahiran dan migrasinya tetap stabil.

Papua New Guinea merupakan sebuah negara dengan hampir seribu bahasa dan hanya berisi beberapa juta orang. Apakah keadaan ini akan tetap stabil? Di tahun 2005 secara serempak banyak hasil simulasi komputer independen dipublikasikan oleh para fisikawan dalam hal kompetisi antar bahasa-bahasa yang berbeda[12], lihat Gambar 4. Sangat mungkin ini merupakan sebuah sub-bidang sosiofisika yang tengah berkembang. Yang lebih mutakhir lagi adalah "fisika hukum" (*legal*

RASIO JUMLAH ORANG DI LUAR USIA KERJA TERHADAP ORANG USIA KERJA UNTUK EROPA BARAT-TENGAH. Dari [11]. Kurva atas mengasumsikan kondisi tetap: pensiun pada usia 65, tidak ada imigrasi. Kurva bagian tengah menggunakan asumsi imigrasi tahunan 0,38 persen dan peningkatan usia pensiun setengah dari kenaikan angka harapan hidup. Kurva bagian paling bawah menggunakan asumsi yang sama tapi mengabaikan anak-anak usia non-pekerja. Jumlah total populasi (tidak ditunjukkan) secara umum stabil untuk kurva bagian tengah dan bawah, dan menurun untuk kurva bagian atas.





**JUMLAH BAHASA YANG DIPAKAI TERHADAP JUMLAH ORANG**, untuk data sebenarnya (a) dan data hasil simulasi (b). Diambil dari Schulze and Stauffer [12].

### Catatan

- [1] Schelling, T.C., 1971, *J. Mathematical Sociology* 1, 143.
- [2] Meyer-Ortmanns, H., 2003, *Int. J. Mod. Phys. C* 14, 311. Schulze, C., 2005, *Int. J. Mod. Phys. C* 16, 351.
- [3] Weidlich, W., 2000, *Sociodynamics: A Systematic Approach to Mathematical Modelling in the Social Sciences* (Harwood Academic, Chur).
- [4] Callen, E., D. Shapero, 1974, *Physics Today*, 27, 23 (July issue).
- [5] Galam, S., Y. Gefen, Y. Shapir, 1982, *J. Mathematical Sociology* 9, 1.
- [6] Bonabeau, E., G., G. Theraulaz, J.-L. Deneubourg, 1995, *Physica A* 217, 373. Kohring, G.A., 1996, *J. Physique I* 6, 301. Galam, S., 1996, *Physica A* 230, 174.
- [7] Sznajd-Weron, K., J. Sznajd, 2000, *Int. J. Mod. Phys. C* 11, 1157.
- [8] Deffuant, G., F. Amblard, G. Weisbuch, T. Faure, 2002, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 5, issue 4, paper 1. Hegselmann, R., U. Krause, 2002, *ibidem*, issue 3, paper 2 (jasss.soc.surrey.ac.uk).
- [9] Bernardes, A.T., D. Stauffer, J. Kertesz, 2002, *Eur. Phys. J. B* 25, 123.
- [10] Situngkir, H., Y. Surya, 2004, *Power Law Signature in Indonesian Legislative Election 1999-2004*. Working Paper WPK2004. Bandung Fe Institute = nlin.AO/0405002
- [11] Martins J.S. Sa, D. Stauffer, 2004, *Ingenierias* (Univ.Nuevo Leon, Mexico) 7, 35 (Jan-Mar issue). Zekri, L., D. Stauffer, q-bio.PE/503015.
- [12] Abrams, D.M, S.H. Strogatz, 2003, *Nature* 424, 900. Patriarca, M., T. Leppanen, 2004, *Physica A* 338, 296. Mira, J., A. Paredes, 2005, *Europhys. Lett.* 69, 1031. Kosmidis, K., J.M. Halley, P. Argyrakis, 2005, *Physica A* 353, 595. Schulze C., D. Stauffer, 2005, *Int. J. Mod. Phys. C* 16, 781 and *Phys. of Life Reviews* 2, 89 = physics/0503101. Schw"ammle, V., 2005 *Int. J. Mod. Phys. C* 16, issue 10 = physics/0503238. de Oliveira, V.M., M.A.F.Gomes, I.R.Tsang, 2005, *Physica A = physics/0505197*.
- [13] Hausken, K., J.F. Moxnes, 2005, *Int. J. Mod. Phys. C* 16, issue 11. Rosenfeld, A., A. Martinez, 2005, *Data processing and environmental protection - e-waste*. Talk at DYSES05, Mar del Plata, Argentina, June 2005.
- [14] Stauffer, D., S.Moss de Oliveira, P.M.C. de Oliveira, J.S. Sa Martins. *Biology, Sociology, Geology by Computational Physicists*, book in preparation for Elsevier, Amsterdam.

Dietrich Stauffer adalah guru besar fisika teori di Institute for Theoretical Physics, Cologne University, D-50923 Koln, Euroland. Sekarang beliau menjadi *visiting professor* di Instituto de Fisica, Universidade Federal Fluminense; Av. Litoranea s/n, Boa Viagem, Niteroi 24210-340, RJ, Brazil. Makalah ini ditulis khusus untuk pembaca Buletin BFI di Indonesia yang diterjemahkan oleh Tiktik Dewi Sartika.