

KAJIAN SIMULASI MODEL BISWAS-SEN DALAM DINAMIKA OPINI UNTUK 1 DIMENSI DENGAN PARAMETER BAK-SUHU

Indri Yanti¹, RintoAnugraha NQZ²

¹ Fakultas Teknik, Universitas Wiralodra, Jawa Barat

² FMIPA, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta

(Desember, 2015)

ABSTRAK

Pada penelitian ini model dinamika yang digunakan adalah model Biswas-Sen. Model Biswas-Sen merupakan model dinamika opini biner yang tergantung pada ukuran domain tetangga. Dalam model dinamika opini biner diasumsikan bahwa seorang individu akan dipengaruhi oleh tetangga atau domain terdekatnya. Model ini direpresentasikan oleh suatu sistem spin Ising yang hanya memiliki 2 keadaan, yaitu keadaan *up* dan *down*. Penelitian ini mengusulkan sebuah model Biswas-Sen dalam 1 dimensi dengan parameter bak-suhu (*temperature-like fluctuation*) untuk menguji eksistensi transisi fase. Pada model Biswas-Sen 1 dimensi tanpa parameter bak-suhu tidak terjadi transisi fase. Sehingga dalam model Biswas-Sen 1 dimensi dianalogikan seperti model Ising 1 dimensi yaitu tidak ada transisi fase. Simulasi dilakukan dengan metode Monte Carlo dengan menggunakan algoritma Metropolis dan *softwareImageJ*. Hasil dari penelitian ini yaitu model Biswas-Sen 1 dengan parameter bak-suhu belum muncul transisi fase. Parameter bak-suhu hanya berperan untuk menunda waktu untuk mencapai keadaan homogen dan membuat sistem cenderung disorder namun keadaan akhir yang diperoleh tetap homogen.

Kata Kunci : Simulasi Monte Carlo, Model Ising, Algoritma Metropolis, Transisi Fase, Model Biswas-Sen.

I. PENDAHULUAN

Fenomena sosial menjadi salah satu topik riset yang diminati oleh fisikawan belakangan ini. Sejumlah model yang mensimulasikan perumusan opini dalam suatu sistem sosial telah diusulkan dalam literatur fisika baru-baru ini (Biswas dan Sen, 2009). Salah satu isu yang menonjol dalam riset di bidang fisika sosial adalah dinamika dua buah opini yang saling berlawanan (*binary opinion*). Banyak literatur yang menunjukkan hubungan yang dekat dengan model-model yang sudah familiar bagi fisika statistik, misalnya model Ising. Berbagai jenis fase transisi telah diamati dalam model ini dengan memperkenalkan parameter yang sesuai. Salah satu fase transisi tersebut bisa dari masyarakat homogen, yaitu setiap orang memiliki opini yang sama terhadap masyarakat heterogen yang memiliki opini beragam [1].

Fitur utama dalam dinamika opini adalah interaksi antar individu. Manusia memutuskan apa yang harus dilakukan dalam suatu situasi dengan melihat apa yang orang lain lakukan [2]. Keputusan yang diambil oleh individu dapat dipengaruhi oleh individu di sekitarnya. Individu dalam banyak situasi berperilaku seperti partikel yang tidak memiliki kehendak bebas. Individu memiliki kecenderungan untuk mengubah opininya mengikuti opini dari individu lain atau mengikuti opini yang memiliki pengikut yang lebih banyak. Perubahan pendapat dari seorang individu dikarenakan adanya tekanan sosial atau pun faktor lainnya, hal ini merupakan dinamika yang terjadi dalam kehidupan sosial. Dari sudut pandang fisikawan perilaku individu dan interaksi di antara mereka merupakan tingkat mikroskopik dari sistem sosial.

penelitian ini mengusulkan suatu model dinamika opini biner dalam 1 dimensi dengan gangguan eksternal tidak diikuti sertakan sehingga sistem dianggap tidak mengalami fluktuasi. Sistem dikembangkan dengan memperkenalkan suatu parameter yang seperti suhu (*temperature-like*) sehingga diharapkan pada model Biswas-Sen ini akan muncul fluktuasi sehingga bisa terjadi transisi fase. Transisifaseter jadi ketika keadaan setimbang suatu sistem berubah secara kualitatif sebagai fungsi dari kendala eksternal yang dikenakan. Kendala eksternal dapat berupa suhu, tekanan, medan magnetik, atau sejumlah kuantitas fisis lainnya. Dalam setiap transisi fase terdapat suatu kuantitas yang dapat diamati untuk mengubah secara kualitatif sebagai fungsi suhu. Kuantitas ini disebut parameter keteraturan dari transisi fase [3].

Model Biswas-Sen 1 dimensi sudah pernah dilakukan oleh Soham Biswas dan Parongama Sen namun tanpa parameter bak-suhu. Model Biswas-Sen yang menggunakan parameter bak-suhu adalah sesuatu yang baru yang belum pernah dilakukan sebelumnya dengan tujuan untuk memunculkan fluktuasi dalam sistem. Model ini dapat diwakili oleh suatu sistem spin Ising, dengan keadaan *up* dan *down* sesuai dengan dua opini yang mungkin. Model dinamika opini biner pada penelitian ini merupakan jenis model Biswas-Sen dengan dinamika opini tergantung pada ukuran domain tetangga. Penelitian ini dilakukan dengan simulasi Monte Carlo dan menggunakan algoritma Metropolis untuk mempelajari evolusi dinamis dari model yang diusulkan dari suatu keadaan awal tertentu dengan menggunakan *ImageJ*. Dengan sebuah sistem N spin yang merepresentasikan individu, di tiap langkah, suatu spin dipilih secara acak dan keadaannya diperbaharui. Setelah N langkah, maka Monte Carlo dikatakan tahapannya sudah selesai.

Pada model Ising, suatu spin hanya memiliki dua keadaan yaitu $+1$ atau -1 . Interaksi spin dapat terjadi baik antara spin tersebut dengan tetangga terdekatnya maupun dengan medan magnet eksternal. Isingmenemukan bahwa pada model 1 dimensi ternyata tidak terdapat transisi fase. Model Ising 1 dimensi yang ditandai dengan tiap spin magnetik hanya memiliki dua tetangga terdekatnya yaitu kiri dan kanan.

Energi total sistem ditentukan oleh interaksi antara suatu sel dengan sel-sel tetangganya (atas, bawah, kiri, dan kanan) yang dirumuskan oleh Hamiltonian \mathcal{H}

$$\mathcal{H} = -J \sum_{\langle i,j \rangle} m_i m_j - B \sum_i m_i \tag{1.1}$$

dengan J merupakan energi kopling pertukaran antara sel-sel tetangga, μ adalah tetapan permeabilitas, H adalah medan magnetik eksternal, B adalah induksi medan magnetik, dan m_i adalah spin nomor ke i . Jumlahan $\sum_{\langle i,j \rangle} m_i m_j$ menunjukkan energi pertukaran yang dihitung hanya untuk tetangga-tetangga dari tiap spin.

Untuk induksi medan magnetik $B = 0$, maka:

$$\mathcal{H} = -J \sum_{\langle i,j \rangle} m_i m_j \tag{1.2}$$

Selanjutnya pada sistem ferromagnetik ($J > 0$) diambil nilai $J = 1$ sehingga

$$\mathcal{H} = - \sum_{\langle i,j \rangle} m_i m_j \tag{1.3}$$

Probabilitas untuk sistem dalam keadaan tertentu x yang direpresentasikan oleh Hamiltonan $\mathcal{H}(x)$ dinyatakan sebagai

$$P(x) \propto e^{-\frac{\mathcal{H}(x)}{k_B T}} \tag{1.4}$$

dengan k_B adalah konstanta Boltzmann dan T adalah suhu. Hal ini berarti sistem mengikuti distribusi energi Boltzmann atau dengan kata lain merupakan ensambel kanonik.

Misalkan sistem dapat diubah dari keadaan x ke x' dengan nilai-nilai spin m_i yang berubah, sehingga

$$x = (m_1, m_2, \dots, m_i, \dots, m_L) \text{ berubah menjadi } x' = (m_1, m_2, \dots, -m_i, \dots, m_L) \tag{1.5}$$

Diperkenalkan suatu fungsi $W(x' \rightarrow x)$ yang dirumuskan sebagai

$$W(x \rightarrow x') = \frac{P(x')}{P(x)} = e^{-\left(\frac{\mathcal{H}(x')}{k_B T} - \frac{\mathcal{H}(x)}{k_B T}\right)} = e^{\frac{\Delta \mathcal{H}}{k_B T}} \tag{1.5}$$

dengan $\Delta \mathcal{H} = \mathcal{H}(x') - \mathcal{H}(x)$ merupakan perubahan energi sistem dari keadaan x ke x' .

Interaksi antar spin sebenarnya sangat kompleks tetapi Ising menyederhanakan sistemnya yaitu hanya berinteraksi dengan empat tetangga terdekat dari spin yang dipilih secara random. Energi interaksi antara dua buah spin

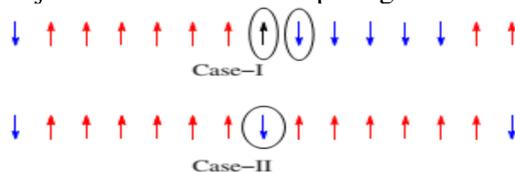
yang terpisah pada jarak r dituliskan sebagai (Griffiths, 1999):

$$U = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{1}{r^3} [\mathbf{m}_1 \cdot \mathbf{m}_2 - 3(\mathbf{m}_1 \cdot \hat{r})(\mathbf{m}_2 \cdot \hat{r})], \quad (1.6)$$

dengan μ_0 merupakan permeabilitas ruang hampa yang bersatuan $Wb/A.m$ atau H/m , \mathbf{m}_1 dan \mathbf{m}_2 merupakan momen magnet spin pertama dan kedua yang memiliki satuan *emu* atau $A.m^2$ atau J/T , dan r merupakan jarak antara kedua spin yang bersatuan m (dapat menggunakan Å). Sehingga U memiliki satuan J atau eV , dengan $1 eV = 1,6 \times 10^{-19} J$.

Soham Biswas dan Parongama Sen telah mengusulkan sebuah model opini biner dengan pendapat individu berubah berdasarkan keadaan domain tetangga mereka. Jika domain tetangga memiliki opini yang berlawanan maka opini domain dengan ukuran yang lebih besar diikuti. Dimulai dengan suatu konfigurasi acak (random), system berevolusi ke suatu keadaan homogen.

Model opini biner 1 dimensi, individu mengubah opininya dalam dua situasi: pertama ketika dua domain tetangga memiliki polaritas berlawanan maka individu akan mengikuti opini tetangga yang memiliki domain lebih besar. Kasus ini hanya muncul ketika individu berada pada batas dua domain. Kasus kedua, individu mengubah opininya ketika kedua domain tetangga memiliki polaritas yang sama namun berbeda dengan individu tersebut, dengan kata lain individu tersebut terjepit diantara dua domain yang memiliki opini yang sama. Kasus pertama dan kedua tersebut ditunjukkan secara skematis pada gambar 1.1.



Gambar 1.1 Aturan dinamis untuk model Biswas-Sen 1 dimensi: kasus pertama, spin yang dilingkari akan mengikuti opini dari domain kiri. Kasus kedua, spin down antara dua domain spin up akan membalik tanpa bergantung dengan ukuran domain tetangganya [1].

Dalam kasus pertama, spin yang dipilih dan terletak di batas antara dua domain akan mengikuti opini domain sebelah kiri. Hal ini

disebabkan jumlah spin yang sama pada domain sebelah kiri lebih besar daripada domain sebelah kanan. Untuk kasus kedua, spin *down* yang diapit oleh dua spin tetangga yang berorientasi *up* maka arahnya akan membalik untuk mengikuti orientasi spin tetangganya. Ini disebut sebagai tekanan sosial (*social pressure*).

Jika N_+ merupakan sejumlah orang dengan opini tertentu (spin *up*) dan N_- merupakan sejumlah orang yang memiliki opini berlawanan (spin *down*), parameter keteraturan didefinisikan sebagai:

$$m = \frac{|N_+ - N_-|}{N}. \quad (1.7)$$

II. METODE PENELITIAN

Simulasi dilakukan dengan metode Monte Carlo dengan menggunakan algoritma Metropolis.

Metode Monte Carlo

Metode-metode Monte Carlo bermacam-macam, tetapi cenderung untuk mengikuti suatu pola tertentu yaitu:

1. Mendefinisikan suatu domain dari input-input yang mungkin
2. Membangkitkan input secara acak dari suatu distribusi probabilitas
3. Melakukan suatu komputasi secara deterministik pada input
4. Mengumpulkan hasil-hasil.

Pada dasarnya, simulasi dengan menggunakan metode Monte Carlo berarti menggunakan angka acak untuk memeriksa permasalahan yang akan dipecahkan.

Algoritma Metropolis

Secara sederhana algoritma Metropolis pada sistem dinamika opini adalah sebagai berikut:

1. Mendefinisikan keadaan awal sistem (sistem mula-mula teratur atau random), serta menentukan berapa nilai T (bak-suhu).
2. Memilih spin yang akan dibalik secara random.

- Menghitung \mathcal{H}_1 untuk keadaan spin awal dan \mathcal{H}_2 untuk keadaan spin yang sudah dibalik.

$$\mathcal{H}_1 = -m_i \sum m_j$$

dan

$$\mathcal{H}_2 = -\mathcal{H}_1$$

- Menghitung $\Delta\mathcal{H} = \mathcal{H}_2 - \mathcal{H}_1$, yang merupakan perubahan energi akibat pembalikan yang dilakukan.
- Jika $\Delta\mathcal{H}$ kurang atau sama dengan nol, maka keadaan baru diterima dengan langsung menuju langkah ke-9.
- Jika $\Delta\mathcal{H}$ bernilai positif, hitung besar faktor Boltzmann $f = e^{-\frac{\Delta\mathcal{H}}{T}}$.
- Membangkitkan bilangan random p dengan $0 < p < 1$
- Jika $f > p$ maka pembalikan spin tersebut diterima, jika tidak maka pembalikan spin tersebut ditolak.
- Menentukan besaran fisis yang diinginkan.
- Mengulangi langkah 2 sampai 9 untuk memperoleh beberapa keadaan.

Menentukan rata-rata dari keadaan secara periodik.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Model Biswas-Sen 1 dimensi merupakan model dinamika opini yang paling sederhana karena hanya mempertimbangkan pengaruh domain tetangga terdekat. Pengaruh domain tetangga terdekat ini ternyata tidak menjadikan spin-spin dalam sistem berfluktuasi. Oleh karena itu model Biswas-Sen 1 dimensi masih dianggap sistem yang belum mendekati keadaan realistik. Untuk menjadikan sistem lebih realistik maka di dalam sistem ditambahkan parameter bak-suhu (takbersatuan/*dimensionless*) yang diharapkan akan muncul fluktuasi seperti suhu yang terdapat pada model Ising 2 dimensi dan juga muncul fenomena transisi fase.

Pada penelitian ini, simulasi model Biswas-Sen 1 dimensi dengan parameter bak-suhu dilakukan dengan memvariasi lebar sistem dan nilai parameter bak-suhu. Lebar sistem yang digunakan yaitu 16, 32, 64, dan 128. Sedangkan variasi parameter bak-suhu mulai dari 1, 2, 4, 8,..., 1048576 (variasi parameter bak-suhu menggunakan kelipatan dua). Masing-

masing bak-suhu diulang sebanyak 1000 kali. Data yang telah dirata-rata ditunjukkan oleh tabel 3.1 dan 3.2.

Tabel 3.1 Hasil simulasi yang telah dirata-rata pada model Biswas-Sen 1 dimensi dengan parameter bak-suhu untuk lebar sistem 16 dan 32.

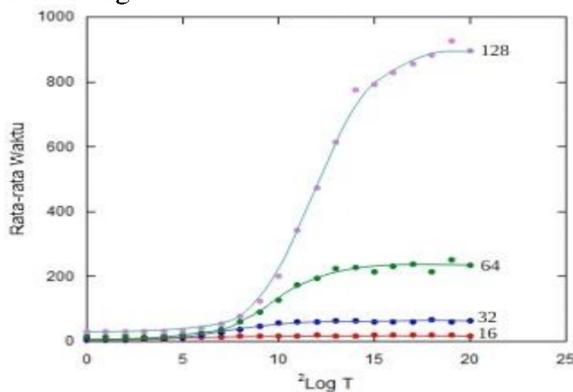
T	Lebar 16		Lebar 32	
	Waktu rata-rata	Standar deviasi	Waktu rata-rata	Standar deviasi
1	4,66	1,79	8,29	2,91
2	4,69	1,79	8,30	3,09
4	4,88	1,90	8,34	3,19
8	5,31	2,42	8,80	3,36
16	6,62	3,68	10,19	4,48
32	8,77	5,88	13,08	6,43
64	12,03	9,17	17,27	10,35
128	14,22	11,23	26,69	18,91
256	15,74	13,40	37,61	30,43
512	17,32	14,55	45,49	39,41
1024	17,26	14,73	56,38	49,22
2048	18,08	15,72	59,62	53,98
4096	19,11	16,37	61,44	58,01
8192	18,53	16,39	65,00	60,32
16384	18,45	16,38	63,85	54,55
32768	18,66	16,69	60,65	52,39
65536	19,18	16,59	61,79	57,34
131072	19,17	16,75	61,75	56,41
262144	18,69	17,35	66,34	61,09
524288	19,10	17,35	61,13	53,64
1048576	18,03	15,33	64,78	60,76

Tabel 3.2 Hasil simulasi yang telah dirata-rata pada model Biswas-Sen 1 dimensi dengan parameter bak-suhu untuk lebar sistem 64 dan 128.

T	Lebar 64		Lebar 128	
	Waktu rata-rata	Standar deviasi	Waktu rata-rata	Standar deviasi
1	15,69	5,44	29,18	9,88
2	15,19	5,31	28,90	10,58
4	15,32	5,71	29,56	10,19
8	15,19	5,59	29,20	10,76
16	16,66	6,37	30,39	11,22
32	19,77	8,01	32,08	12,09
64	25,91	12,58	39,15	15,67
128	37,19	20,03	53,06	24,11
256	59,89	37,46	78,94	42,35
512	89,43	66,98	125,82	74,04
1024	126,21	103,14	200,82	140,60

2048	175,83	152,78	342,52	263,04
4096	195,75	169,76	472,65	409,90
8192	225,54	208,15	613,36	543,55
16384	226,98	203,81	776,66	722,69
32768	215,16	201,42	791,14	725,33
65536	230,77	215,32	827,79	776,19
131072	237,10	221,37	858,60	778,47
262144	216,09	198,25	879,07	828,15
524288	251,72	243,91	928,00	875,61
1048576	233,75	207,48	898,92	820,15

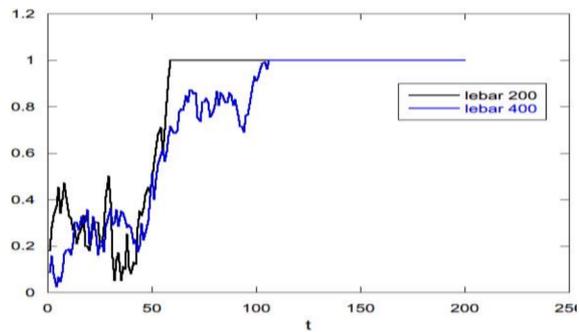
Pada tabel 3.1 dan 3.2, T menunjukkan bak-suhu, waktu rata-rata adalah waktu yang ditempuh oleh tiap T untuk menjadikan sistem E homogen per 1000 kali. Sedangkan standar deviasi menunjukkan standar penyimpangan data terhadap nilai rata-rata. Pengukuran penyimpangan adalah suatu ukuran yang menunjukkan tinggi rendahnya perbedaan data yang diperoleh dari rata-ratanya. Ukuran penyimpangan digunakan untuk mengetahui luas penyimpangan data atau homogenitas data. Dari data di atas terlihat bahwa sistem mulai homogen berturut-turut untuk lebar 16 dan 32 adalah sekitar $T = 2048, 4096, 8192$ dan 65536 . Perubahan waktu rata-rata untuk mencapai homogen fungsi bak-suhu dapat dilihat pada gambar 3.1 dan gambar 3.2. Pada grafik-grafik tersebut bak-suhu diubah menjadi bentuk log.



Gambar 3.1 Perbandingan grafik rata-rata waktu fungsi bak-suhu untuk lebar sistem 16, 32, 64 dan 128

Grafik pada gambar 3.1 menunjukkan pola yang hampir sama, namun yang berbeda adalah waktu rata-rata yang diperlukan untuk mencapai homogen. Semakin lebar ukuran sistem maka waktu rata-rata untuk mencapai homogen semakin lama. Dengan melihat grafik di atas nampak bahwa fungsi dari parameter

bak-suhu (T) tidak dapat membuat keadaan heterogen, keadaan akhir masih tetap homogen yaitu menjadi putih semua atau hitam semua. Sehingga parameter bak-suhu (T) hanya membuat fluktuasi yang menyebabkan sistem menjadi tertunda untuk segera mencapai homogen. Gambar 3.3 menunjukkan bahwa keadaan akhir system tetap menjadi homogeny walaupun sudah diperkenalkan T .



Gambar 3.2 Grafik perubahan m terhadap t untuk model Biswas-Sen 2 dimensi dengan parameter bak-suhu

Gambar 3.2 menunjukkan bahwa ketika ditambahkan parameter bak-suhu (T) maka sistem akan mengalami fluktuasi namun keadaan akhir yang dicapai tetap homogen.

IV. KESIMPULAN

Keberadaan T memungkinkan spin memilih domain yang lebih kecil yang menjadi penyebab fluktuasi terjadi. Untuk T yang sangat besar dapat membuat sistem berfluktuasi namun masih belum bisa mengalahkan rumusan utama dari model Biswas-Sen yaitu konsep domain tetangga terdekat. Penambahan parameter bak-suhu pada model Biswas-Sen 1 dimensi belum bisa memunculkan fenomena transisi fase, sistem hanya berfluktuasi namun keadaan akhirnya tetap menjadi homogen. Hal ini sama dengan model Ising 1 dimensi yang tidak terjadi fenomena transisi fase.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Biswas, S., dan Sen, P., 2009, Model of binary opinion dynamics: Coarsening and effect of disorder, *Physical Review E*, 80, 027101.

- [2] Cialdini, R.B., 2000, *Influence Science and Practice (4th Edition)*, Allyn & Bacon.
- [3] Olmsted P. D., 2000, Landau Theory of Phase Transitions. *Lectures*. Departement of Physics and Astronomy, University of Leed.
- [4] Sznajd-Weron, K., dan Sznajd, J., 2004, Dynamical model of Ising spins, *Physical Review E*, 70, 037104.