

**ANALISIS SIMULASI *TOTALLY ASYMETRIC SIMPLE EXCLUSION PROCESS* UNTUK MENENTUKAN PROFIL *ONE-BODY CORRELATION FUNCTION*, *TWO-BODY CORRELATION FUNCTION* DAN *THREE-BODY CORRELATION FUNCTION* DI SEKITAR UJUNG-UJUNG KEKISI DENGAN VARIASI JUMLAH KEKISI**

***SIMULATION ANALYSIS OF THE TOTALLY ASYMETRIC SIMPLE EXCLUSION PROCESS TO DETERMINE THE PROFIL OF THE ONE-BODY CORRELATION FUNCTION, TWO-BODY CORRELATION FUNCTION, AND THREE-BODY CORRELATION FUNCTION AROUND THE ENDS OF THE LATTICE WITH LATTICE NUMBER VARIATION***

**R. A. Adipurno\*, W. S. B. Dwandaru, Denny Darmawan dan Bambang Ruwanto**

Laboratorium Fisika Teori dan Komputasi, Jurusan Pendidikan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta

\*email: [raadipurno@yahoo.com](mailto:raadipurno@yahoo.com)

diterima 1 Desember 2014, disetujui 3 Maret 2015

**Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perilaku *one-body*, *two-body*, dan *three-body correlation functions* dari model TASEP dengan aturan dinamika *sequential updating* dan kondisi batas terbuka terhadap lalu lintas kendaraan di sekitar ujung lampu lalu lintas kendaraan. Penelitian ini dimulai dengan menentukan algoritma pemrograman simulasi model TASEP dilanjutkan pembuatan *coding* (program) dengan variasi nilai laju *input* ( $\alpha$ ), nilai laju *output* ( $\beta$ ), dan jumlah kisi ( $N$ ). Program dijalankan dengan batasan waktu ( $t$ ) dan jumlah sistem ( $M$ ) tertentu. Nilai *one-body correlation function* menentukan peluang rata-rata partikel untuk menduduki kekisi  $i$  pada waktu  $t$ . *Two-body correlation function* menentukan peluang rata-rata partikel untuk menduduki kekisi  $i$  ketika ada partikel lain menduduki kekisi tetangga terdekat,  $i+1$  pada waktu  $t$ . *Three-body correlation function* menentukan peluang rata-rata partikel untuk menduduki kekisi  $i$  ketika ada partikel lain menduduki kekisi tetangga terdekat,  $i+1$  dan  $i+2$  pada waktu  $t$ . Nilai *one-body correlation function* > *two-body correlation function* > *three-body correlation function* untuk semua fase. Semakin panjang jalan tersebut, maka korelasi yang diberikan pada masing-masing kendaraan terhadap kendaraan yang lain akan semakin besar.

Kata kunci: TASEP, *sequential updating*, *n-body correlation function*

**Abstract**

*This study aimed to determine the behavior of one-body, two-body, and three-body correlation functions of the model dynamics TASEP with sequential updating rules and open boundary conditions on vehicular traffic around the end of the traffic light. The study began with the determination of algorithm to model the dynamics of TASEP and coding, with the variation of the input rate ( $\alpha$ ), the output rate ( $\beta$ ), and the number of lattice sites ( $N$ ). Then the program run with specific time limit ( $t$ ) and number of systems ( $M$ ). The value of the one-body correlation function determines the average occupancy of particles in lattice site- $i$  at time  $t$ . Two-body correlation function determines the average occupancy of particle at site- $i$  when there is another particle occupying the nearest neighbor lattice,  $i+1$ , at time  $t$ . Three-body correlation function determines the average occupancy of particles to occupy lattice site- $i$  when there are other particles occupying the nearest and next nearest neighbor lattice sites,  $i+1$  and  $i+2$ , at time  $t$ . The value of the one-body correlation function turns out to be larger than the value of the two-body correlation function. The value of the two-body correlation function is larger than the value of the three-body correlation function for all phases. The correlation between a vehicle to another vehicle will be even greater.*

Keywords: TASEP, *sequential updating*, *n-body correlation function*

**Pendahuluan**

Ditinjau perilaku kendaraan yang berada di sekitar lampu lalu lintas. Jika lampu lalu lintas

sedang berada pada kondisi berwarna hijau, laju kendaraan yang ada di belakang akan sangat

ditentukan oleh laju kendaraan yang berada paling depan. Jika kendaraan paling depan mulai melaju sesaat setelah lampu hijau menyala dengan kelajuan yang lambat, maka kendaraan yang ada di paling belakang akan lama menunggu kendaraan untuk bergerak.

Salah satu metode dalam ilmu Fisika yang cocok untuk menganalisis masalah tersebut adalah Fisika Komputasi. Di dalam Fisika Komputasi terdapat model TASEP (*Totally Asymmetric Simple Exclusion Process*) [1]. TASEP merupakan proses stokastik dimana partikel yang menempati sebuah kekisi akan bergerak (melompat) kekisi sebelah atau tetangga terdekat selama kekisi tetangga tersebut tidak ditempati oleh partikel lain [2]. TASEP merupakan salah satu model yang dapat diselesaikan dengan mekanika statistik tak setimbang [3]. Dalam model TASEP dapat ditentukan kerapatan dan arus partikel yang melalui kekisi. Selain itu, dapat pula ditentukan korelasi atau hubungan probabilitas antara dua partikel yang berada pada dua kisi sembarang dua kisi [4]. Hal ini disebut sebagai *two-body correlation function*. Dapat pula ditentukan korelasi antara tiga partikel yang berada pada tiga kisi sembarang tiga kisi yang disebut sebagai *three-body correlation function*, dan seterusnya [5]. Dari besaran-besaran tersebut di atas, permasalahan kepadatan kendaraan di sekitar lampu lalu lintas akan dibahas.

Dipilihnya model TASEP dalam penelitian ini dikarenakan model fisisnya mirip dengan lalu lintas kendaraan yang bergerak pada ruas jalan searah. Pada lalu lintas searah, kendaraan bermotor sama perannya seperti partikel di dalam kisi, sedangkan ruas jalan adalah kisi tersebut [6]. Syarat batas terbuka pada TASEP satu dimensi ini menggunakan *sequential updating*.

## Metode Penelitian

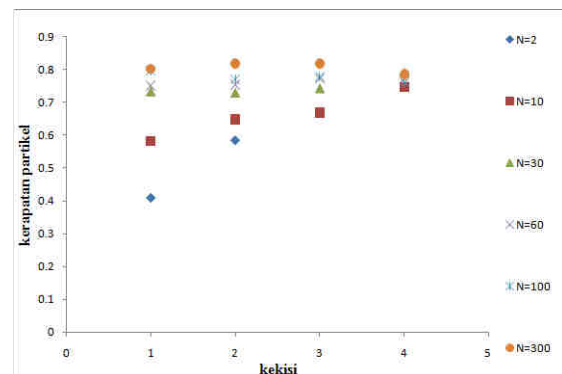
*Waktu dan Tempat Penelitian.* Penelitian ini dilakukan pada bulan Mei-Juli 2013. Penelitian dilakukan di Laboratorium Fisika Komputasi Universitas Negeri Yogyakarta dan di kediaman peneliti.

*Teknik Pengumpulan Data.* Teknik pengumpulan data penelitian ini dilakukan dengan menentukan algoritma pemrograman simulasi model TASEP dengan aturan dinamika *sequential updating*. Selanjutnya, dibuat *coding* (program) untuk menyelesaikan permasalahan menggunakan bahasa C++. Pada program yang

telah dibuat divariansi nilai laju input ( $\alpha$ ), nilai laju output ( $\beta$ ), dan jumlah kisi ( $N$ ). Kemudian menjalankan program dengan batasan waktu ( $t$ ) dan jumlah sistem ( $M$ ) tertentu. Data yang dihasilkan oleh pemrograman berupa kepadatan partikel (*one-body correlation function*), *two-body correlation function*, dan *three-body correlation function*. Data tersebut selanjutnya dibuat dalam bentuk grafik.

## Hasil dan Pembahasan

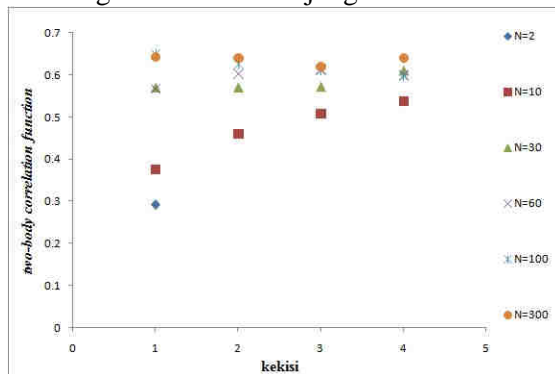
Hasil penelitian merupakan grafik hubungan antara kepadatan partikel (*one-body correlation function*), *two-body correlation function*, dan *three-body correlation function* dengan kekisi dan divariansi berdasarkan empat fase yang terdapat dalam model TASEP yakni *coexistence phase*, *low density*, *high density*, dan *maximum current*. Adapun yang terdapat pada pembahasan ini hanya dibahas *coexistence phase* pada ujung akhir kisi.



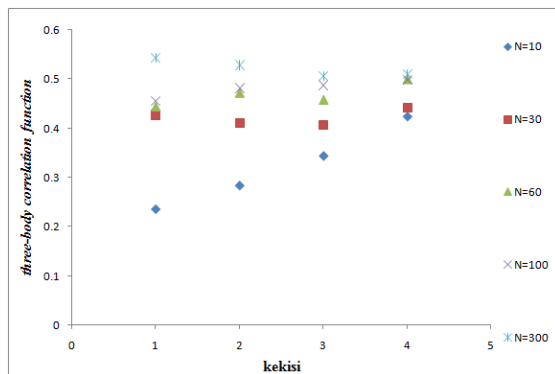
**Gambar 1.** *One-body correlation function* pada sekitar ujung akhir kisi untuk TASEP 1D dengan aturan dinamika *sequential updating* dan syarat batas terbuka, serta  $\alpha = \beta = 0,2$  (*coexistence phase*)

Dapat diamati dari Gambar 1,2, dan 3, nilai kerapatan (*one-body correlation function*) lebih besar daripada *two-body correlation function* sedangkan nilai *two-body correlation function* lebih besar daripada *three-body correlation function*, atau nilai kerapatan partikel  $>$  *two-body correlation function*  $>$  *three-body correlation function*. Tampak pula, nilai kerapatan partikel cenderung mendekati nilai 0,75 dengan semakin mendekati akhir kisi, *two-body correlation function* cenderung konvergen menuju sekitar nilai 0,55 dan *three-body correlation function* mendekati nilai 0,45. Hal ini berarti dengan semakin banyak kisi, nilai *two-body correlation*

function dan three-body correlation function cenderung naik di sekitar ujung kisi.



**Gambar 2.** Two-body correlation function pada sekitar ujung akhir kisi untuk TASEP 1D dengan aturan dinamika *sequential updating* dan syarat batas terbuka, serta  $\alpha = \beta = 0,2$  (*coexistence phase*)



**Gambar 3.** Three-body correlation function pada sekitar ujung akhir kisi untuk TASEP 1D dengan aturan dinamika *sequential updating* dan syarat batas terbuka, serta  $\alpha = \beta = 0,2$  (*coexistence phase*)

Setelah melakukan analisis terhadap *one-body correlation function*, *two-body correlation function*, dan *three-body correlation function*, maka dapat diperoleh korelasi model tersebut dengan lalu lintas kendaraan. Semakin panjang suatu jalan (bertambahnya jumlah kisi pada model TASEP) untuk perilaku kendaraan di ujung jalan, maka kerapatan antar kendaraan justru semakin tinggi dikarenakan laju *output* kecil ( $\beta=0,2$ ). Selanjutnya, hubungan kendaraan di ujung akhir jalan semakin besar pula untuk sebuah kendaraan yang berada satu kendaraan di belakangnya sebesar 0,55 atau 55 %. Lebih jauh lagi,

kelancaran gerak jalan dipengaruhi oleh dua kendaraan di belakangnya sebesar 0,45 atau 45 %.

## Simpulan

Nilai *one-body correlation function* > *two-body correlation function* > *three-body correlation function*. Keterkaitan model TASEP dengan lalu lintas kendaraan ini adalah semakin panjang jalan tersebut, maka korelasi yang diberikan pada masing-masing kendaraan terhadap kendaraan yang lain akan semakin besar, seperti yang terdapat pada *coexistence phase* dengan korelasi antar kendaraan sebesar 45% dan 55%.

## Pustaka

- [1] Parmeggiani A., Franosch T., dan Frey E., (2004), The Totally Asymmetric Simple Exclusion Process with Langmuir Kinetics, *Phys. Rev. E*70, 46101-46121.
- [2] Dwandaru W.S.B. dan Schmidt M. (2006) *J. Phys. A: Math. Theor.*40,13209
- [3] Brankov, J.G. (2006) *The Totally Asymmetric Exclusion process On a Ring: Exact Relaxation Dynamics and Associated Model of Clustering Transition*. Bulgaria: Institute of Mechanics.
- [4] Chowdry dan Debashis (2003) *Traffic flow of interacting self-driven particles: rails and trails, vehicles and vesicles*. Kanpur: Indian Institute of Technology.
- [5] Perros, H. (2009) *Computer Simulation Techniques: The definitive introduction*. Computer Science Department NC State University Raleigh, NC.
- [6] Dwandaru, W.S.B. (2010) *Various Correspondences Between Simple Driven and Equilibrium Statistical Hard Core Models*. University of Bristol: H H Will Physics Laboratory.