

## Simulasi Jarak Aman Berkendara Besbasis Molecular Dynamic

Fikri A.A<sup>1</sup>, Nurul .I<sup>2</sup>, Fitriyani<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Prodi S1 Ilmu Komputasi, Fakultas Informatika, Universitas Telkom  
<sup>1</sup>[fikriauziahq@yahoo.com](mailto:fikriauziahq@yahoo.com) <sup>2</sup>[Nurix@gmail.com](mailto:Nurix@gmail.com) <sup>3</sup>[Fitriyani.y@gmail.com](mailto:Fitriyani.y@gmail.com)

---

### Abstrak

Simulasi jarak aman berkendara dapat direpresentasikan dengan banyak metode. Proses simulasi yang sering digunakan dalam simulasi jarak aman adalah pendekatan linear yang efektif untuk menggambarkan masalah jarak dan waktu. Model linear sering digunakan dalam kasus jarak aman antar kendaraan yang masih bisa diamati satuannya. Karena dapat menggambarkan hubungan antar kendaraan dalam dunia nyata. Pendekatan jarak aman berkendara juga dapat digambarkan menggunakan molecular dynamic serta menggambarkan keadaan antar kendaraan dengan menggunakan persamaan persamaan Newtonian II. Hal ini didasari karena pendekatan simulasi menggunakan molecular dynamic dapat menggambarkan simulasi model linear dengan mengimplementasikan kondisi-kondisi berdasarkan sifat dasar dari sebuah molekul. Hubungan antar kendaraan beserta jarak amannya diibaratkan dua molekul yang saling berinteraksi. Kedua pendekatan tersebut dapat diimplementasikan untuk menyimulasikan jarak aman antar kendaraan dengan jumlah yang terbatas. Pada tugas akhir ini hasil yang didapat dari simulasi jarak aman berbasis molecular dynamic ini berupa jarak antar kendaraan baik terhadap waktu ataupun kecepatan. Hasil simulasi diuji terhadap data hasil observasi dari kasus nyata dengan hasil akurasi terbaik 35,98%.

Kata kunci : Simulasi, Model, Molecular dynamic, jarak aman, waktu, linear.

---

### 1. Pendahuluan

Kendaraan adalah salah satu kebutuhan pokok manusia modern. Saat ini di Indonesia pengguna kendaraan bermotor terus-menerus bertambah dari tahun ke tahun. Akan tetapi tingkat pertumbuhan pengguna kendaraan bermotor tidak diimbangi dengan pertumbuhan jalan yang memadai, hal ini menyebabkan sering terjadinya kecelakaan lalu lintas.

Kecelakaan lalu lintas di Indonesia setiap tahunnya terus bertambah. Tercatat pada tahun 2012 telah terjadi 117.949 kecelakaan yang menyebabkan 29.544 meninggal, 39.704 luka berat, 128.312 luka ringan, dan kerugian materi Rp 298.627.000 [2]. Untuk menghindari kecelakaan lalu lintas pemerintah Indonesia melengkapi jalan dengan rambu-rambu lalu lintas, tetapi rambu-rambu itu hanya dibuat untuk memperingati pengendara tentang kondisi jalan yang akan mereka temui, dan tidak memberi info kendaraan yang lain yang sedang melaju di jalur yang sama. Untuk menghindari kecelakaan yang disebabkan antar kendaraan, pengendara harus menjaga jarak dengan kendaraan lain yang ada di jalurnya, baik untuk memberikan ruang menyalipl, atau melakukan deselerasi. Jika ruang yang diberikan terlalu sempit kemungkinan terjadinya kecelakaan sangat besar dibandingkan jika ruang antar kendaraan cukup besar.

Cara yang banyak digunakan untuk mempertahankan jarak aman adalah dengan menjaga kecepatan dan percepatan kendaraan. Kondisi mempertahankan jarak aman pada kendaraan memiliki kesamaan kondisi dengan sebuah molekul. Molekul saling menjaga jarak antar molekul lainnya, agar tidak terlalu jauh tapi tidak juga terlalu dekat agar tidak saling melepaskan kekuatan jika saling bertabrakan. Dalam kondisi mempertahankan jarak aman baik kendaraan maupun molekul sama-sama mencari kondisi dengan ketidak teraturan yang paling rendah yang disebut kondisi equilibrium [3]. Kondisi equilibrium adalah saat sebuah molekul memiliki gaya tarik dan gaya tolak sama.

Kenyataannya masalah pada dunia nyata prinsip-prinsip dasar molekul terhadap kasus jarak aman berkendara tidak mempunyai patokan yang pasti, terutama untuk kondisi equilibrium [2]. Karena perbedaan kondisi ini, maka Tugas Akhir ini akan menyimulasikan jarak aman saat berkendara dengan menggunakan safe distance model based on molecular dynamic.

### 2. Dasar Teori

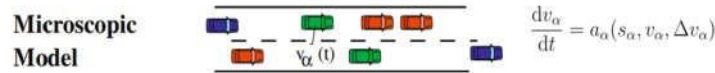
#### 2.1 Molecular Dynamic

Molecular dynamic adalah metode simulasi komputasi fisika yang sering digunakan untuk menyelesaikan masalah yang berhubungan dengan interaksi molekul atau kasus yang mengimplementasikan interaksi antar benda yang tidak boleh bersentuhan. Teori dasar untuk molecular dynamic merupakan gabungan persamaan fisika mekanik yang telah ditemukan oleh Euler, Hamilton, Lagrange, Newton. Persamaan yang mereka temukan sebagian besar berisi tentang dasar bagaimana kejadian alam bekerja.

Dasar bentuk sederhana dari Molecular Dynamic dibentuk dari hukum Newton II. Karena sifat-sifat yang ada di dalam molekul adalah sifat-sifat fisika. Tapi tidak semua kasus Molecular dynamic dapat diselesaikan hanya oleh hukum Newton II, adakalanya sebuah persamaan merupakan turunan dari beberapa rumus. Molecular Dynamic

merupakan metode simulasi yang memanfaatkan hukum-hukum fisika yang berada pada sebuah molekul dan mengimplementasikannya pada suatu masalah dengan pendekatan layaknya molekul.[3]

2.2 Simulasi Lalulintas dengan pendekatan microscopic



Gambar 1

Gambar 1 merupakan ilustrasi dari Pendekatan microscopic, dalam model lalulintas microscopic mendeskripsikan individu kendaraan sebagai particles dari bagian arus lalulintas. Pendekatan ini mendeskripsikan reaksi dari setiap kendaraan atau pengemudi dari aspek akselerasi, mengerem, tergantung dari keadaan lalulintas sekitar. Variabel dinamisnya adalah posisi kendaraan ( ), kecepatan ( ), dan akselerasi ( ).

2.3 Struktur Matematika

Persamaan diferensial berpasangan biasa. Dalam kelas matematis, variabel keadaan kontinu (lokasi , kecepatan dan percepatan ) bergantung pada satu variabel, waktu t. Model persamaan ini memiliki variabel yang berpasangan dengan waktu. Struktur persamaan ini dipasangkan dengan model safe distance yang berjalan secara linear yang membentuk molecular dynamic.

2.4 Safe Distance Model

Safe Distance Model Based on molecular dynamic adalah model untuk memperkirakan jarak aman berkendara yang menggunakan persamaan, yaitu :

$$= + \frac{\quad}{2} + \frac{\quad}{2} - \frac{\quad}{2} + \tag{2.1}$$

$$= + \frac{1}{2} \left( \frac{1}{\quad} - \frac{1}{\quad} \right) + \tag{2.2}$$

$$= + - \frac{2}{2} + \frac{\quad}{2} - \frac{\quad}{2} + \tag{2.3}$$

Jarak dari mobil follower ke kendaraan yang memimpin (leader) dari bagian depan ke bagian belakang kendaraan dibelakangnya, dengan adalah jarak bagian depan kedaraan follower ke bagian belakang kendaraa Leader dan adalah kecepatan kendaraan follower .Mencari x berdasarkan kecepatan dan waktu,d adalah jarak minimal gap (saat kendaraan melakukan deselerasi). Persamaan 2.1,2.2, dan 2.3 secara berturut-turut adalah persamaan jarak berdasarkan kondisi lebih dari, kurang dari, dan sama dengan. Safe Distance Model Based on molecular dynamic dasar untuk menentukan jarak aman berkendara dengan memperhitungkan jarak dan kecepatan kendaraan dengan menggunakan persamaan Newtonian II (rumus kecepatan dan percepatan). Dengan memberikan kecepatan awal dan waktu sebagai acuan untuk menentukan jarak aman yang memungkinkan kita untuk bereaksi dengan cukup untuk menghindari kecelakaan. Safe Distance Model Based on molecular dynamic sangat dipengaruhi oleh hubungan kecepatan kendaraan leader dan follower.

2.5 Steady/Equilibrium State

Di dunia nyata saat berkendara kita tidak memiliki acuan khusus untuk menentukan apakah laju kendaraan kita mempengaruhi atau tidak mempengaruhi terhadap kendaraan yang lain,maka kondisi equilibrium di molekul diganti dengan kondisi saat force yang dikeluarkan dan diterima sama dengan nol[10].Agar lebih relevan saat digunakan di jarak aman berkendara, Akselerasi akan dijadikan kondisi kendaraan mengeluarkan force dan deselerasi dijadikan kondisi kendara menerima force. Dengan hubungan a dengan v digambarkan dengan kondisi

$$( , ) = ( , ) \tag{2.5}$$

Kondisi saat semua kendaraan memiliki kecepatan yang sama ( = ) dan mempertahankan jarak dengan kendaraan di depannya ( = )

$$( , ) = ( , ) \tag{2.6}$$

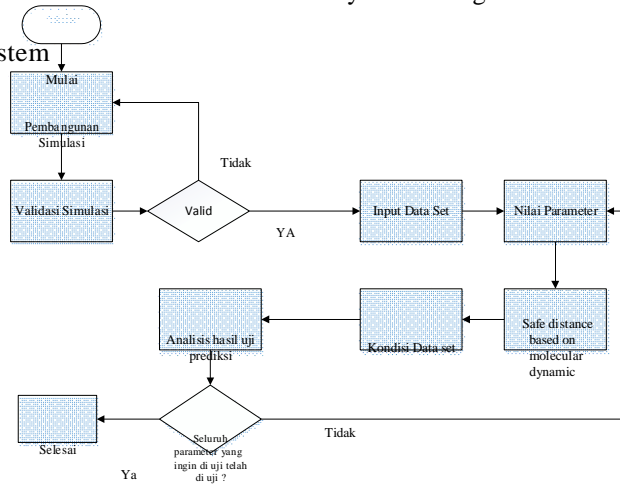
Kondisi saat semua kendaraan tidak melakukan akselerasi = 0 atau ( - Δ ) = ( ) [12], kondisi ini menyebabkan jarak antar kendaraan tidak bertambah atau berkurang secara mendadak. Sehingga dapat dikatakan sebagai kondisi stabil (Equilibrium).

### 3. Perancangan Sistem

#### 3.1 Deskripsi Sistem

Secara garis besar, tugas akhir ini akan menghasilkan sistem yang dapat mengestimasi jarak aman berkendara. Sistem ini menggunakan safe distance base on molecular dynamic dengan memanfaatkan metode Basic Interaction Schemes [6].

#### 3.2 Rancangan Umum Sistem



Gambar 2

Disistem ini simulasi akan memasukan data sesuai parameter yang ada dan dengan nilai sesuai rujukan. Simulasinya ada tiga kondisi, yaitu saat kecepatan follower lebih dari leader, kecepatan follower kurang dari leader, dan saat kecepatan leader sama dengan kecepatan follower. Jika hasil yang dilakukan simulasi valid berdasarkan hasil yang ada didalam rujukan. Baru simulasi dapat dimasukan data set dari kondisi real. Data setnya sendiri merupakan hasil dari pengamatan dari tempat observasi yang mendekati kondisi ideal model.

Hasil yang dikeluarkan oleh simulasi adalah jarak aman antar kendaraan dengan berhubungan dengan waktu berdasarkan molecular dynamic. Inputan data set berupa kecepatan awal follower dan leader, hal ini sama dengan variable yang diamato di tempat observasi data set. Hasil simulasi akan dibandingkan dengan hasil dari pengamatan kasus real setelah sistem simulasi dinyatakan valid.

Dalam pengerjaan simulasi jarak aman berkendara ini diperlukan suatu perancangan sistem agar dapat mengerjakan simulasi ini dengan yang diharapkan. Pada subbab ini akan ditampilkan rancangan umum pembangunan sistem dengan tahapan-tahapan:

##### 1. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pencarian materi atau referensi tentang metode yang akan diimplementasikan dalam proses pengerjaan simulasi jarak aman berkendara. Materi yang dipelajari yaitu pendekatan laju arus kendaraan dengan microscopic model (Newtonian II), model jarak aman berkendara berbasis molecular dynamic, data set hasil pengamatan.

##### 2. Pembangunan Simulasi

Simulasi ini dibangun menggunakan model safe distance base on molecular dynamic, dengan 3 kondisi yang terdapat dalam model safe distance base on molecular dynamic yaitu saat follower memiliki kecepatan lebih dari leader, kurang dari dan sama dengan leader.

##### 3. Validasi model

Model akan diuji validasi berdasarkan parameter dari rujukan dengan mengamati hasil yang dikeluarkan dari simulasi dengan hasil yang berada di dalam rujukan. Hasil yang dikeluarkan dari simulasi ini berupa nilai dan grafik. Grafik jarak terhadap kecepatan ini yang akan dijadikan nilai valid simulasi terhadap nilai yang berada dalam rujukan.

##### 4. Preprocessing data

Data hasil pengamatan awalnya berupa citra digital dari tempat observasi. Citra digital ini diolah agar dapat menampilkan data berupa data set dari satu iringan kendaraan yang memiliki leader dan follower. Data setnya sendiri berisi kecepatan, percepatan, dan waktu tempuh lintasan. Waktu tempuh lintasan lah yang akan dijadikan ukuran durasi simulasi.

##### 5. Input nilai

Nilai yang ada dari data set dimasukan kepada simulasi dengan parameter awal sesuai rujukan. Disini simulasi menguji parameter dan hasil dari simulasi.

##### 6. Analisis Hasil

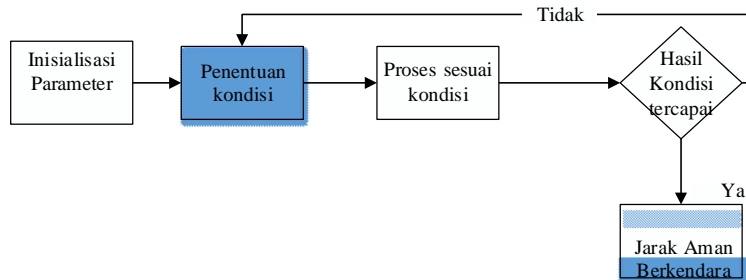
Jarak yang dikeluarkan oleh simulasi dilanjutkan dianalisis terhadap data set dari kasus nyata. Dan dicari hubungan nilai dengan parameter yang ada.

##### 7. Uji Parameter

Setelah simulasi diuji menggunakan nilai parameter yang ada dari rujukan. Maka nilai parameter diuji lagi menggunakan data set yang sama dengan uji saat simulasi menggunakan parameter sebelumnya.

8. Analisa Hasil

Setelah mendapatkan hasil dari parameter yang berbeda. Setiap hasil uji simulasi dengan parameter yang berbeda dianalisis dengan uji dari simulasi dengan parameter yang berbeda lainnya dan juga data set dari kasus nyata.



Gambar 3

Pada Algoritma safe distance based on molecular dynamic, model memiliki persamaan yang berbeda untuk setiap kondisi yang dimiliki oleh initial state ataupun iterasi terhadap waktu dilangkah yang selanjutnya. Pada simulasi ini mobil yang berada pada bagian depan iring-iringan disebut leader dan mobil yang berada pada bagian belakang disebut follower.

4. Pembahasan

4.1 Hasil simulasi Model Jarak Aman Berkendara

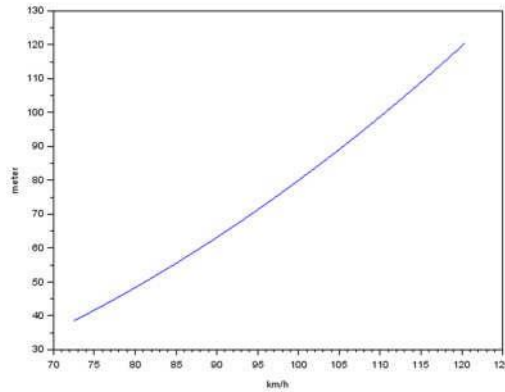
Simulasi jarak aman berkendara berbasis molecular dynamic dijelaskan dan diuji menjadi dua jenis, pertama hasil dari parameter yang disediakan oleh sumber dan hasil simulasi terhadap data hasil pengamatan, parameter yang digunakan adalah :

Tabel 4.1

Parameter	Arti	Nilai
	Minimum Clearance	4 m
	Percepatan Follower	7 m/
	Kecepatan Follower	70 Km/jam
	Waktu interval	0.2 s
	Waktu reaksi	0.9 s

4.1.1 Hasil Kondisi >

Pada kondisi ini follower memiliki percepatan lebih dari leader yang menyebabkan jarak antara follower bertambah seiring waktu. Kecepatan awal follower bisa saja kurang dari kecepatan awal yang dimiliki leader, tapi dengan percepatan yang lebih maka pada akhirnya kecepatan follower lebih dari kecepatan leader. Didapatkan hasil dengan plot :

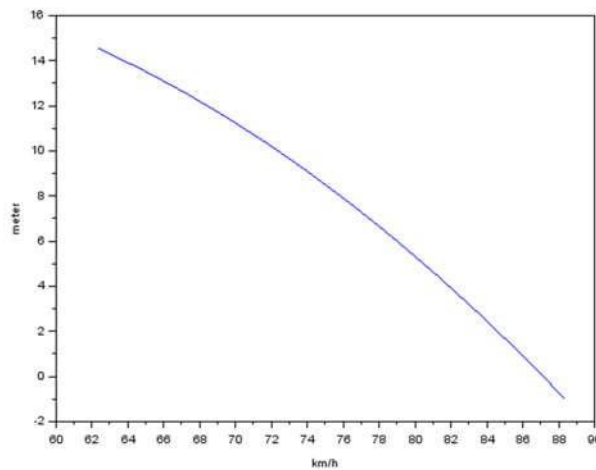


Gambar 4. 1

Terlihat pada kondisi kecepatan follower lebih dari kecepatan leader, akan menghasilkan grafik kurva naik. Kurva ini terbentuk karena percepatan follower yang lebih besar dari percepatan yang dimiliki leader, karena kecepatan leader pada akhirnya dapat didahului oleh kecepatan follower jika dilanjutkan maka akan terjadi tabrakan antar follower dan leader. Maka jarak antar follower dan leader harus ditambah secara konstan seiring dengan kecepatan follower yang pada akhirnya besar jarak aman antar follower dan leader akan lebih besar dari kecepatan follower.

4.1.2 Hasil Kondisi <

Pada kondisi ini follower memiliki kurang dari leader yang menyebabkan follower lambat laun menjauh dari leader karena kecepatan leader yang terus bertambah lebih banyak dari follower. Pada kondisi ini maka bisa saja follower menjauh sehingga kedua kendaraan tersebut tidak saling berpengaruh satu sama lainnya.

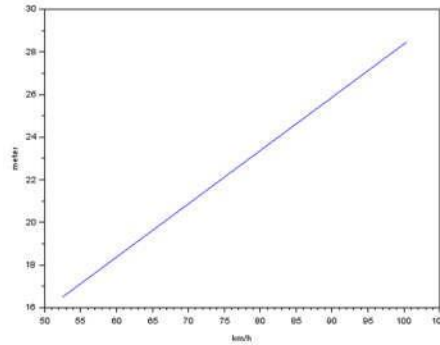


Gambar 4. 2

Pada kondisi ini pada akhirnya jika follower tidak menambah kecepatan untuk mendekati leader kembali maka follower akan keluar dari iringan jarak aman berkendara. Karena jarak yang dimiliki keduanya semakin jauh maka interaksi tidak akan berpengaruh antar satu sama lain.

4.1.3 Hasil Kondisi =

Pada kondisi ini follower memiliki kecepatan dan percepatan yang sama sehingga membuat jarak antar kendaraan konstan selama tidak ada yang membuat percepatan ataupun perlambatan secara mendadak. Pada skondisi ini baik follower atau leader menyesuaikan kecepatan dan percepatan secara bersamaan.

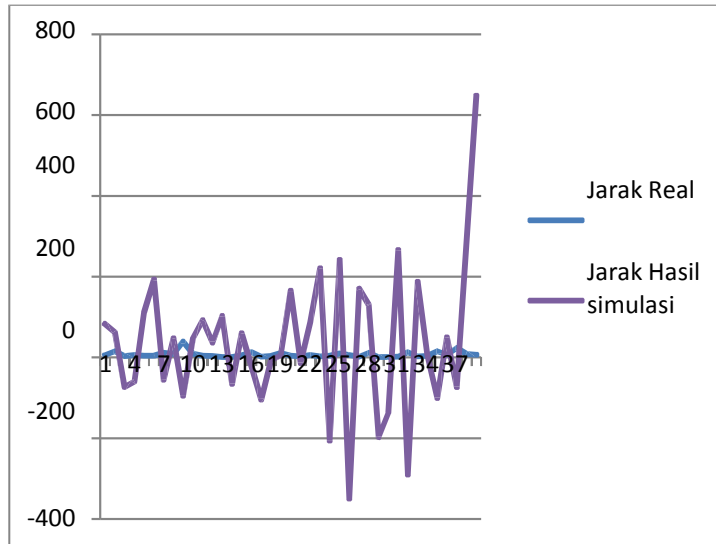


Gambar 4.3

Dalam kondisi ini kecepatan leader dan follower sama secara konstan, maka jika keduanya mempertahankan kecepatan atau percepatan secara konstan maka jarak antara kedua kendaraan yang dimiliki akan stagnan. Sehingga tidak akan terjadi kecelakaan selama tidak ada yang mengubah kecepatan dan percepatan secara mendadak.

#### 4.2 Hasil simulasi Model Jarak Aman Berkendara

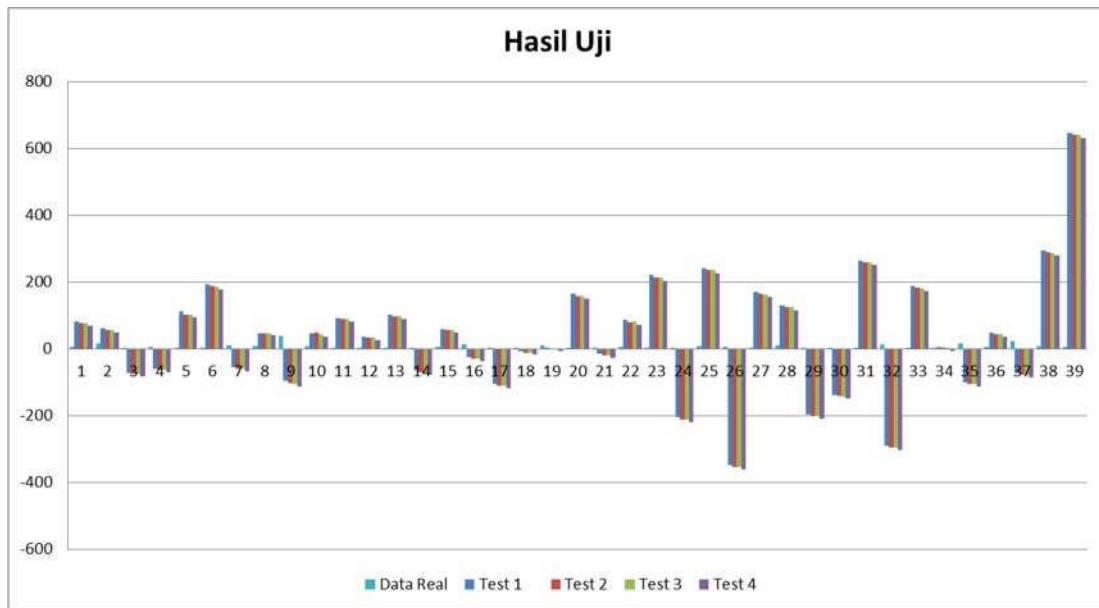
Pada simulasi model terhadap kasus nyata disini data yang digunakan merupakan hasil dari pengamatan, jalan tol satu arah. Masing-masing data set terdiri dari kecepatan, percepatan, dan jarak antar kendaraan yang memimpin dan yang mengikuti. Pengujian ini menggunakan parameter dari hasil pengamatan dan rujukan.



Gambar 4.4

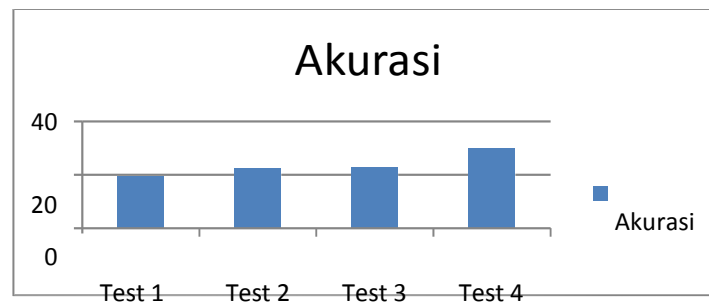
#### 4.3 Hasil Pengujian Parameter Simulasi Model Jarak Aman Berkendara

Pada sub Bab ini, simulasi akan dijalankan kembali dengan data real tetapi dengan memodifikasi parameter , dan



Gambar 4. 5

#### 4.4 Analisis Hasil



Gambar 4. 6

Dari hasil percobaan menggunakan parameter 0,8 dan 0,2, memberikan hasil yang lebih mendekati pada hasil dari pengamatan. Walau perubahan yang dialami cenderung sedikit dan hanya mempengaruhi 3,99 meter dari nilai rata-rata hasil simulasi, dan menambah akurasi menjadi 30,98%, begitu juga dengan mengganti nilai  $t_i$  menjadi 0,1 akurasi yang dihasilkan tetap tidak begitu besar dan hanya bertambah 0,28% menjadi 31,27%. Saat nilai  $t_r$  diturunkan menjadi 0,4 akurasi yang dihasilkan cukup bertambah banyak sebesar 4,7% menjadi akurasi yang paling besar memiliki nilai 35,98%. Jarak aman yang diberikan dari hasil simulasi memberikan jarak aman yang lebih bagus dibanding jarak aman yang sebenarnya.

Walaupun nilai  $t_r$  memiliki dampak yang besar untuk hasil yang dikeluarkan simulasi tetapi tidak mungkin untuk mengurangi lagi waktu  $t_r$  dan  $t_i$  karena tidak mungkin manusia biasa memiliki reflek berkendara kurang dari 0,5 sekon dan waktu interval sampai beraksi kurang dari 0,1 detik. Hal ini didukung oleh tingkat reflex manusia yang cenderung tidak konstan saat mengalami tekanan yang berasal dari luar ataupun dalam.

#### Kesimpulan

Pada dunia nyata perubahan waktu reaksi dapat mempengaruhi nilai keluaran antara kecepatan berubah menjadi 0 secara seketika atau berkurang secara perlahan, hal ini sejalan dengan perubahan nilai jarak yang dihasilkan oleh simulasi. Maka dari hasil simulasi dapatlah ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil simulasi sudah mendekati dengan hasil yang berada dalam rujukan [1]
2. Hasil akurasi tertinggi terhadap data set didapat dari data set yang tersedia hanya mencapai 35,98% dengan nilai yang berada diluar interval yang diberikan rujukan [1]
3. Keberadaan variable time reaction memiliki peranan lebih dibanding time interval dengan didukung 4 kali percobaan dataset, dan pertambahan akurasi lebih terlihat saat variable  $t_r$  yang di ubah
4. Model ini sudah valid sesuai parameter dan nilai yang ada dari rujukan [1] akan tetapi ada kemungkinan data set yang digunakan tidak cocok sehingga hasil akurasi tidak memuaskan
5. Ditinjau dari kesimpulan yang lain, maka simulasi jarak aman berbasis dinamika molekul ini dapat memberikan jarak aman yang lebih bagus dari data real. Maka model jarak aman berbasis dinamika molekul ini dapat diterapkan pada dunianya agar dapat meningkatkan kemungkinan selamat pengendara.

### 5.1. Saran

1. Untuk menerapkan simulasi jarak aman berkendara berbasis dinamika molekul yang lebih baik maka harus dilakukan kajian ulang terhadap driving behavior yang ada pada daerah yang akan diterapkan atau di uji
2. Pengamatan dan pengambilan data harus didukung dengan peralatan yang lebih memadai dengan tidak melupakan sudut pandang pengambilan data.

### Daftar Pustaka:

- [1] Q. Dayi, C. Xiufeng, Y. Wansan, and B. Xiaouhua "Modeling of Car Followong Required Safe Distance Based on Molecular Dynamics" Autimobile and Transportation College, Qindao Technological University, 2014.
- [2] BPS, "jumlah Kecelakaan, Koban Mati, Luka Berat, Luka Ringan, dan Kerugian Materi yang Diderita Tahun 1992-2012" BPS,2014 .[Online] . Available: [http://bps.go.id/tab\\_sub/view.php?kat=2&tabel=1&daftar=1&id\\_subyek=17 &notab=14](http://bps.go.id/tab_sub/view.php?kat=2&tabel=1&daftar=1&id_subyek=17 &notab=14) [Accessed 2 november 2014]
- [3] D. C. Rapaport 1995. "The Art of Molecular Dynamics Simulation Second Edition". Cambridge University Press. ISBN-13 978-0-511- 19448-1 (eBook EBL).
- [4] D. B.Fambro, R. J. Koppa, D. L. Picha, and K. Fitzpatrick, "Driver perceptions – brake response in stopping sight distance situations" journal of the transport reaserch Board, vol.1628,pp. 1-7, 1998.
- [5] W. Dian-hai, T. Peng-fei, H. Zhi-yi, J. Sheng, "Car- following theory of steady-state traffic flow using time-to-collision" Journal of Zheijing University. ISSN 1862-1775.
- [6] T. Toledo, "Driving behavior:models and challenges", transport review,vol27,no 1.
- [7] M. Jean, "The Verlet algorithm for molecular dynamic simulation" Illinois University .
- [8] Y. Peter " The Leapfrog method and other "symplectic" algorithm for integrating Newton's law of motion" University of California.
- [9] S. Druitt 1998. "The good part of Molecular Dynamics". Colorado University Press.
- [10] O. J. Johan, T. Andreas "Comparison of car-following models" Swedish National Road and Transport Research Institute.
- [11] M. Treiber, A. Kesting, "Traffic Flow Dynamics". Springer Heidelberg New York Dordrecht London. ISBN 978-3-642-32460-4 (eBook).