



# Pergerakan Dinamis Agen Autonom Dalam Formasi Berbasis Logika Fuzzy

Ahmad Ihsan<sup>1</sup>, Munawir<sup>2</sup>, Rizalul Akram<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Prodi Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Samudra, Langsa, Indonesia,

## INFORMASI ARTIKEL

### Riwayat Artikel:

Dikirim 10 November 2015

Direvisi dari 20 November 2015

Diterima 30 November 2015

### Kata Kunci:

formasi dinamis,  
agen autonom,  
logika fuzzy,  
kontrol formasi

## ABSTRAK

Pergerakan dinamis agen dalam formasi didefinisikan sebagai sekelompok unit autonom yang mampu beradaptasi terhadap perubahan keadaan lingkungan. Formasi dinamis banyak digunakan untuk mensimulasikan adegan pertempuran besar dalam game dan film. Di antara berbagai bentuk simulasi kawanan, formasi berkelompok autonom tetap menjadi tantangan bagi para peneliti karena membutuhkan algoritma yang efisien untuk menangani sejumlah besar karakter dengan tetap mempertahankan bentuk formasi dan otonomi di antara kawanan. Pendekatan formasi untuk mengorganisasikan kelompok biasanya masih bersifat statis, menyebabkan formasi belum mampu beradaptasi terhadap perubahan keadaan baik rintangan atau penghalang yang akan dihadapi. Formasi dinamis autonom agen dibuat agar mampu beradaptasi terhadap keadaan lingkungan yang dihadapinya. Formasi autonom agen dikendalikan dengan metode logika fuzzy. Metode ini berfungsi untuk mengarahkan agen agar dapat menghindari tabrakan sesama agen, pencocokan kecepatan, dan menghindari rintangan dengan tetap mempertahankan jarak antar agen. Pada metode ini dihasilkan formasi dinamis realistik terhadap lingkungan.

© 2015 Jurnal Ilmiah JURUTERA. Di kelola oleh Fakultas Teknik. Hak Cipta Dilindungi.

## 1. PENDAHULUAN

Sebuah perilaku khusus dari sebagian besar interaksi agen dinamis telah banyak menarik peneliti dari berbagai bidang disiplin ilmu. Otomatisasi animasi kelompok telah banyak diupayakan sebagai alat untuk mengurangi biaya produksi atau waktu secara keseluruhan, khususnya dalam produksi film animasi dan *game* karena membutuhkan sumber daya tinggi, skenario imajinasi kreatif sering dianggap sebagai pemborosan.

Formasi berkelompok merupakan formasi yang banyak digunakan untuk mensimulasikan adegan pertempuran pada *game* dan film, seperti *Total War*, *Avatar* dan *The Lord of the Ring*. Formasi berkelompok menjadi tantangan bagi peneliti karena membutuhkan algoritma yang efisien untuk menangani sekumpulan karakter dengan tetap mempertahankan bentuk formasi dan otonomi di antara kelompok.

Reynolds mengembangkan sebuah model animasi untuk gerakan kelompok agen interaktif berdasarkan tiga aturan heuristik yaitu, pemisahan, keselarasan dan kohesi pada tahun

1986. Perilaku kelompok karya Reynolds dapat didekomposisi menjadi beberapa perilaku kemudi sederhana ditingkat individu, dengan berkonsentrasi pada koordinasi lokal antara agen. Himpunan perilaku kemudi kemudian dikembangkan dan dimodelkan berdasarkan parameter fisik termasuk massa, kecepatan, posisi dan orientasi (Reynold, 1987)

Pada penelitian sebelumnya (H.G Tanner, 2005 dan Olfati saber, 2003) membahas mengenai desain potensial menarik atau menolak antar agen. Gu dan Hu mengusulkan algoritma kontrol berkelompok dalam jaringan tetap dan dinamis, dimana potensi menarik atau menolak dirancang menggunakan logika fuzzy (D. Hu, 2008). Penelitian ini membahas mengenai perilaku berkelompok yang berpusat pada titik massa. Perilaku kawanan agen NPC (*non-player character*) biasanya banyak diimplementasikan dalam bentuk formasi. Formasi didefinisikan sebagai suatu susunan kelompok unit dengan tujuan tertentu diposisikan untuk membentuk pola atau bentuk tertentu. Pendekatan formasi yang efektif untuk mengorganisasikan kelompok biasanya masih bersifat statis. Hal ini menyebabkan formasi belum mampu beradaptasi terhadap perubahan keadaan baik rintangan atau penghalang yang akan dihadapi.

\* Penulis Utama. Tel.: +0-000-000-0000 ; fax: +0-000-000-0000.

Alamat e-mail: [ahmadihsan@unsam.ac.id](mailto:ahmadihsan@unsam.ac.id), [munawir@unsam.ac.id](mailto:munawir@unsam.ac.id), [rizalulakram@unsam.ac.id](mailto:rizalulakram@unsam.ac.id)

Pada penelitian ini membahas perilaku formasi autonom agen (menghindari tabrakan, menghindari rintangan, dan pencocokan kecepatan) menggunakan logika *fuzzy*.

## 2. METODE YANG DITERAPKAN

Formasi dinamis pada penelitian ini menghindari rintangan berupa pintu yang hanya cukup dilewati satu agen saja. Agen berpindah dari satu posisi ke tempat lain melewati pintu tersebut. Jumlah agen berjumlah 5 (lima). Masing-masing agen bergerak dengan metode logika fuzzy.

### 2.1. Formasi dinamis

Formasi dinamis didefinisikan sebagai sekelompok agen bekerja sama yang mampu beradaptasi dengan perubahan keadaan. Para agen ditempatkan dalam lingkungan yang dinamis dimana para agen harus mampu menghindari tabrakan antar sesama agen dan menghindari hambatan.

Penelitian ini bertujuan untuk mencapai gerakan kawanan formasi alami dan fleksibel terhadap lingkungan. Kawanan agen tersebut bergerak sepanjang jalan. Selanjutnya agen berperilaku adaptif sehingga dapat bereaksi terhadap lingkungan. Perilaku tersebut adalah menghindari rintangan, masuk melalui jalan sempit, dan bergerak kembali ke dalam formasi ditetapkan sebelumnya, bukan membelah diri menjadi kelompok yang lebih kecil atau kehilangan bentuk formasinya saat menghindari rintangan.

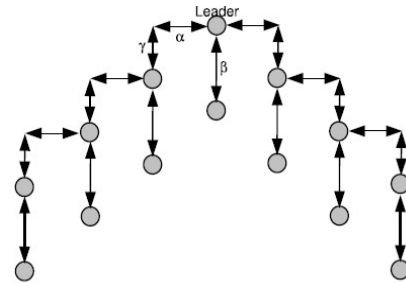
Pada saat agen menghadapi rintangan, posisi anggota kawanan dapat bereaksi dan beradaptasi ketika menemui rintangan. Perilaku agen tersebut dimodelkan dalam perilaku kawanan agen. Agen dimodelkan dengan satu set parameter yaitu posisi, orientasi, kecepatan, percepatan, dan massa.

### 2.2. Bentuk Formasi Dinamis

Dalam gambar 2, menggambarkan desain umum dari sebuah formasi dinamis. Arsitektur ini memungkinkan untuk menentukan berbagai bentuk formasi dinamis. Misalnya, bentuk persegi panjang, irisan atau irisan terbalik. Semua unit control-komputer pertama kali terbagi kedalam  $\phi$  formasi.

Setiap formasi dapat memiliki bentuk yang terpisah. Sebuah formasi dibangun dari grid, diatur dalam posisi baris. Baris dari grid ditempatkan dibelakang satu sama lain. Setiap baris terdiri dari sejumlah unit tetap  $\psi$ . Unit pada baris pertama memiliki jarak  $\alpha$  antara satu sama lainnya. Setiap baris berikutnya akan memiliki jarak  $\beta$  dibelakang pendahulunya.

Formasi ini berpusat disekitar unit yang disebut pemimpin, yang menentukan arah umum dari gerakan dan kecepatan formasi. Pemimpin adalah unit yang diposisikan ditengah-tengah baris pertama. Unit-unit disebelah kiri dan sebelah kanan pemimpin diposisikan yang berjarak  $\gamma$  didepan atau dibelakang pemimpin tergantung pada nilai  $\gamma$ .



Gambar 1. Desain umum dari formasi dinamis (Heijden, 2008)

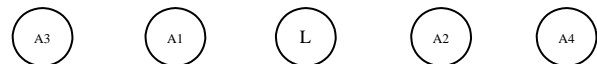
### 2.3. Kontrol Formasi

Kontrol formasi agen didefinisikan berdasarkan persamaan gerak yaitu :

$$\dot{x} = v \cos \theta, \quad (1) \quad \dot{y} = v \sin \theta, \quad (2) \quad \dot{\theta} = \omega, \quad (3) \quad v' = F/m, \quad (4) \quad \omega' = \tau/J. \quad (5)$$

dimana  $x$  dan  $y$  adalah vektor posisi,  $\theta$  adalah orientasi,  $v$  adalah kecepatan transisi,  $\omega$  adalah kecepatan angular,  $F/m$  dan  $\tau/J$  adalah gaya per massa dan torsi per momen inersia.

Formasi tetap pada dasarnya ada dua yaitu pemimpin menggerakkan formasi secara keseluruhan (*leader following*) dengan cara agen yang lain mengikuti *leader* ketika *leader* sudah bergerak dan agen yang lain tetap berada dalam formasi. Cara lain, pertukaran informasi *eksplisit* yaitu mengirimkan perintah gerakan yang sama untuk semua agen dan *impose* pada kontrol masing-masing formasi. Hal ini akan menggerakkan formasi keseluruhan, tapi waktu penundaan, kalibrasi dan kesalahan lainnya mau tidak mau akan menyebabkan penyimpangan.



Gambar 2. Desain umum dari formasi dinamis sistem (L: Leader; A: Agen)

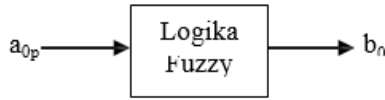
### 2.4. Logika Fuzzy

Sistem logika fuzzy ialah sistem yang berhubungan langsung dengan konsep fuzzy (yaitu fuzzy sets, variabel linguistik dan lainnya). Keunggulan sistem ini, pertama masukan dan keluaran merupakan variabel yang nyata, kedua sistem ini menyediakan hubungan untuk digabungkan dengan if-then rules dari tenaga ahli, ketiga, memiliki kebebasan untuk menentukan jenis pemfuzzyfikasian, mesin penalaran fuzzy dan pendefuzzyfikasian, sehingga dapat memilih atau menentukan sistem logika fuzzy mana yang paling sesuai untuk mengendalikan suatu plant.

Pada akhirnya kita dapat melakukan pembelajaran pada sistem pengendali fuzzy dengan algoritma pembelajaran yang berbeda-beda, sehingga diperoleh kinerja yang sangat baik dalam mengintegrasikan informasi variabel numerik maupun variabel linguistik.

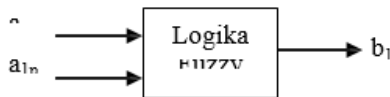
### 3. 3. Layout dan Spesifikasi

Desain logika fuzzy untuk sistem agen autonom leader terhadap agen pertama adalah sebagai berikut:



Gambar 3. Desain logika fuzzy leader

$a_{0p}$  : jarak leader terhadap pintu  
 $b_0$  : gerakan leader



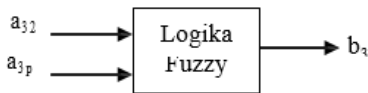
Gambar 4. Desain logika fuzzy agen 1

$a_{10}$  : Jarak agen 1 terhadap leader  
 $a_{1p}$  : Jarak agen 1 terhadap pintu  
 $b_1$  : gerakan agen 1



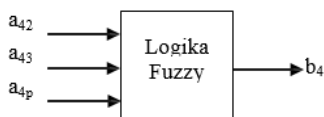
Gambar 5. Desain logika fuzzy agen 2

$a_{20}$  : Jarak Agen 2 terhadap leader  
 $a_{21}$  : Jarak Agen 2 terhadap agen 1  
 $a_{2p}$  : Jarak Agen 2 terhadap pintu  
 $b_2$  : Gerakan Agen 2



Gambar 6. Desain logika fuzzy agen 3

$a_{30}$  : Jarak agen 3 terhadap leader  
 $a_{3p}$  : Jarak agen 3 terhadap pintu  
 $b_3$  : gerakan agen 3



Gambar 7. Desain logika fuzzy agen 4

$a_{42}$  : Jarak Agen 4 terhadap leader  
 $a_{43}$  : Jarak Agen 4 terhadap agen 1  
 $a_{4p}$  : Jarak Agen 4 terhadap pintu

Fungsi keanggotaan masukan untuk menentukan gerakan suatu agen berjumlah satu sampai dengan tiga masukan. Masing-masing masukan terbagi menjadi tiga fungsi keanggotaan. Persamaan 6 sampai dengan 11 menunjukkan fungsi keanggotaan pada logika fuzzy agen 1. Logika fuzzy tersebut terdiri dari tiga masukan, yaitu: jarak agen 1 terhadap pintu dan jarak agen 1 terhadap leader

$$dekatx_{1l} = \begin{cases} 1, & 0 \leq x_{1l} \leq 700 \\ \frac{(x_{1l} - 1400)}{(700 - 1400)}, & 700 < x_{1l} \leq 1400 \\ 0, & x_{1l} > 1400 \end{cases} \quad (6)$$

$$sedangx_{1l} = \begin{cases} \frac{(x_{1l} - 700)}{(1400 - 700)}, & 700 \leq x_{1l} \leq 1400 \\ \frac{(x_{1l} - 2100)}{(1400 - 2100)}, & 1400 < x_{1l} \leq 2100 \\ 0, & x_{1l} < 700, x_{1l} > 2100 \end{cases} \quad (7)$$

$$jauhx_{1l} = \begin{cases} 1, & x_{1l} > 2100 \\ \frac{(x_{1l} - 1400)}{(2100 - 1400)}, & 1400 < x_{1l} \leq 2100 \\ 0, & x_{1l} < 1400 \end{cases} \quad (8)$$

$$dekaty_{1l} = \begin{cases} 1, & 0 \leq y_{1l} \leq 700 \\ \frac{(y_{1l} - 1400)}{(700 - 1400)}, & 700 < y_{1l} \leq 1400 \\ 0, & y_{1l} > 1400 \end{cases} \quad (9)$$

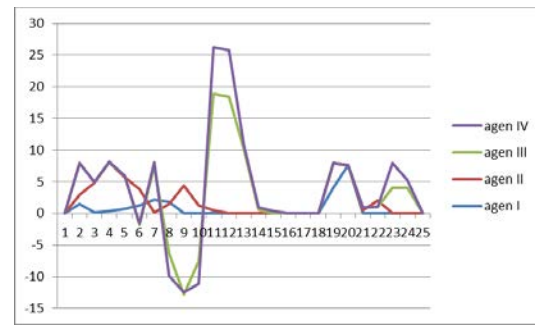
$$sedangy_{1l} = \begin{cases} \frac{(y_{1l} - 700)}{(1400 - 700)}, & 700 \leq y_{1l} \leq 1400 \\ \frac{(y_{1l} - 2100)}{(1400 - 2100)}, & 1400 < y_{1l} \leq 2100 \\ 0, & y_{1l} < 700, y_{1l} > 2100 \end{cases} \quad (10)$$

$$jauh y_{1l} = \begin{cases} 1, & y_{1l} > 2100 \\ \frac{(y_{1l} - 1400)}{(2100 - 1400)}, & 1400 < y_{1l} \leq 2100 \\ 0, & y_{1l} < 1400 \end{cases} \quad (11)$$

Aturan-aturan

- IF (jarakx\_1l IS dekatx\_1l) AND (jarakx\_1p IS dekatx\_1p) THEN  $x_{1l}$  IS AZ AND  $y_{1l}$  IS AZ
- IF (jarakx\_1l IS dekatx\_1l) AND (jarakx\_1p IS sedangx\_1p) THEN  $x_{1l}$  IS APS AND  $y_{1l}$  IS APS
- IF (jarakx\_1l IS dekatx\_1l) AND (jarakx\_1p IS jauh x\_1p) THEN  $x_{1l}$  IS PS AND  $y_{1l}$  IS PS

4. IF (jarakx\_11 IS sedangx\_11) AND (jarakx\_1p IS dekatx\_1p) THEN x\_1 IS APS AND y\_1 IS APS
5. IF (jarakx\_11 IS sedangx\_11) AND (jarakx\_1p IS sedangx\_1p) THEN x\_1 IS PS AND y\_1 IS PS
6. IF (jarakx\_11 IS sedangx\_11) AND (jarakx\_1p IS jauh\_x\_1p) THEN x\_1 IS APB AND y\_1 IS APB
7. IF (jarakx\_11 IS jauh\_x\_11) AND (jarakx\_1p IS dekatx\_1p) THEN x\_1 IS PS AND y\_1 IS PS
8. IF (jarakx\_11 IS jauh\_x\_11) AND (jarakx\_1p IS sedangx\_1p) THEN x\_1 IS APB AND y\_1 IS APB
9. IF (jarakx\_11 IS jauh\_x\_11) AND (jarakx\_1p IS jauh\_x\_1p) THEN x\_1 IS PB AND y\_1 IS PB



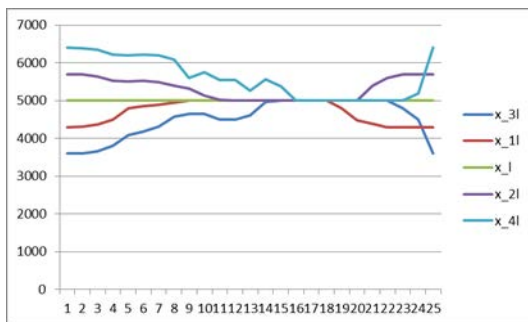
Gambar 10. Error jarak antar agen *Tip*

#### 4. Pembahasan Hasil

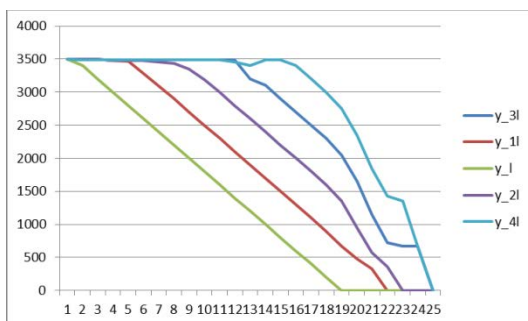
Metode logika fuzzy menghasilkan kendali agen yang mampu bergerak mendekati pemikiran manusia. Logika fuzzy yang digunakan pada penelitian ini adalah fuzzy Mamdani. Hal ini sesuai dengan perilaku agen yang mendekati pemikiran manusia.

Agen leader sebagai pemimpin sedangkan agen lain mengikuti formasi sesuai posisi masing-masing. Pada saat melewati sebuah halangan yang hanya dapat dilewati satu agen saja, pemimpin agen tersebut memimpin agen lainnya untuk melewati halangan. Satu agen menjaga jarak dengan agen lainnya agar tidak bertabrakan.

Jarak antar agen sangat menentukan kecepatan dan arah gerak agen agar dapat tetap menjaga formasi. Formasi ini sangat penting pada beberapa game. Misal pada game peperangan sangat penting untuk menjaga jarak antar agen sehingga tidak mudah untuk dikalahkan musuh.



Gambar 8. Posisi absis agen



Gambar 9. Posisi ordinat agen

Gambar 8 dan 9 menunjukkan hasil dari metode logika fuzzy terhadap agen sedangkan gambar 10 menunjukkan tingkat kesalahan jarak antar agen yang diharapkan, yaitu 700 satuan. Maksimum tingkat kesalahan adalah 3,7%. Hal ini menunjukkan bahwa metoda tersebut mampu mengendalikan gerakan antar agen sehingga antar agen tidak bertabrakan.

#### 5. Kesimpulan

Pergerakan agen dalam formasi berbasis logika fuzzy dapat tetap menjaga jarak antar agen dan menghindari halangan tanpa merusak formasi tersebut. Jarak antar agen dan jarak agen terhadap halangan sangat mempengaruhi arah dan kecepatan gerakan agen. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode logika fuzzy Mamdani. Metode ini digunakan karena sifatnya yang mendekati pemikiran manusia.

#### DAFTAR PUSTAKA

- D. Gu and H. Hu, "Using Fuzzy Logic to Design Separation Function in Flocking Algorithms," *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, Vol. 16, No. 4, August 2008, pp. 826-838.
- Heijden, M, Sander Bakkes, and Pieter Spronck, "Dynamic Formations in Real-Time Strategy Games," *IEEE Symposium on Computational Intelligence and Games*, 2008
- H. G. Tanner, A. Jadbabaie, and G. J. Pappas, "Stable flocking of mobile agents, Part I: Fixed topology," In 2003 IEEE Conference on Decision and Control, Maui, Hawaii USA, 2003, pp. 2010-2015.
- H. G. Tanner, A. Jadbabaie, and G. J. Pappas, "Stable flocking of mobile agents, Part II: Dynamic topology," In 2003 IEEE Conference on Decision and Control, Maui, Hawaii USA, 2003, 2016-2021.
- Reynolds, C., *Flocks, herds and schools: A distributed behavioral model*. In: *Proceedings of the 14th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*, pp. 25-34 (1987)
- R. Olfati-Saber, *Flocking for multi-agent dynamic systems: Algorithms and theory*, *IEEE Trans. Autom. Control*, vol. 51, no. 3, 2006, pp. 401-4..