

PERILAKU AGEN PADA PERMAINAN TINJU MENGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA

Anang Kukuh Adisusilo¹, Mochamad Hariadi², Ahmad Zaini³, Supeno Mardi Susiki Nugroho⁴

Jurusan Teknik Elektro

Institut Teknologi Sepuluh November (ITS)

Surabaya, Indonesia

anang.kukuh11@mhs.ee.its.ac.id¹, mochar@its.ac.id², zaini@its.ac.id³, mardi@its.ac.id⁴

Abstract—Dalam pemodelan perilaku agen sering digunakan FSM (Finite State Machine) berdasar variabel random yang merupakan distribusi nilai acak. Penggunaan distribusi acak akan sulit membuat perilaku agen yang dinamis bahkan kesulitan untuk mencapai nilai optimal. Dalam permainan tinju perilaku agen tinju dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain adalah teknik gerakan bertinju, jenis pukulan tinju, stamina dan energi pukulan. Faktor – faktor yang mempengaruhi perilaku agen dalam permainan tinju sulit mencapai nilai optimal jika menggunakan FSM dengan menggunakan variabel random. Pada penelitian ini untuk memperoleh nilai optimal perilaku agen dalam permainan tinju digunakan pembangkit FSM berbasis algoritma genetika (Genetic Algorithms / GA). Dari hasil penelitian dengan menggunakan pembangkit FSM berbasis algoritma genetika dihasilkan rata-rata fitness yang merupakan nilai optimal perilaku agen tinju yaitu 0.96. Nilai optimal deret kromosom algoritma genetika yang sudah menunjukkan bahwa agen tinju akan cenderung untuk maju kearah lawan dan energi yang dipakai untuk pukulan sudah cenderung sedikit, serta menggunakan jenis pukulan yang mempunyai objektivitas tinggi

Keywords—Perilaku agen; Algoritma Genetika; Optimal; FSM; Permainan Tinju

I. PENDAHULUAN

Agen dapat memberikan perlawanan terhadap pemain dengan pola perilaku agen yang dinamis sehingga membuat pemain tetap tertarik untuk melakukan permainan. Seperti dalam tinju dengan perilaku agen yang dinamis dapat membuat pemain terus melakukan permainan tersebut.

Perilaku agen tinju yang dinamis dapat dicapai dengan solusi optimal dari pola perilaku agen. Perilaku agen tinju yang optimal adalah suatu pola perilaku yang memperhitungkan beberapa faktor yang bisa mempengaruhi pola perilaku tersebut dan bukan perilaku yang statis. Sebagai contoh agen tinju tidak akan selalu menggunakan pukulan *hook* yang memerlukan energi pukulan besar jika kondisi stamina yang dimiliki sedang baik atau juga tidak akan selalu menggunakan pukulan *jab* yang sedikit memerlukan energi untuk melakukan pukulan jika kondisi stamina yang dimiliki sedang lemah. Dalam permainan tinju perilaku agen tinju merupakan bentuk dari teknik pemecahan masalah untuk perilaku seorang petinju. Tiga bagian utama yang harus dikuasai seorang petinju dalam bertinju adalah mencakup pola menyerang yang merupakan jenis pukulan dasar, cara bertahan dan gerakan kaki dalam melangkah, bahkan dalam

setiap latihan, bagian utama pembentuk perilaku petinju tersebut terus diulang-ulang [3].

Perencanaan pola perilaku agen tinju dalam permainan digambarkan dalam bentuk FSM (*Finite State Machine*). Secara umum pemakaian FSM untuk perilaku agen menggunakan variabel random. FSM yang memakai variabel random adalah bentuk FSM dengan distribusi dari *event* setiap *state* adalah acak sehingga untuk mencapai nilai optimal dari perilaku agen tinju mengalami kesulitan.

II. METODE PENELITIAN

A. FSM Perilaku Agen Permainan Tinju

Dalam permainan tinju perilaku NPC digambarkan dalam bentuk FSM pada proses permainannya. Berikut ini adalah FSM dari NPC pada permainan tinju.

1. Pertama kali NPC akan dalam posisi menunggu di pojok dari ring tinju yang merupakan *state* awal dengan status *standby*.
2. Ketika ronde dimulai NPC dalam kondisistatepola bermain dengan beberapa kondisi dalam *state* ini yaitu kondisi *idle*, kondisi maju, kondisi mundur, kondisi geser ke kiri dan kondisi geser ke kanan.
3. Jika lawan tidak berada didepan NPC maka NPC akan selalu mengikuti arah perpindahan lawan dengan melakukan *state* berputar.
4. Setelah melakukan *state* pola bermain dalam jarak waktu tertentu melakukan *state* pertahanan, dalam *state* ini terdapat kondisi menangkis atau tidak ketika menghadapi lawan.
5. *State* selanjutnya dalam jarak waktu tertentu dan jika jarak posisi lawan sudah dekat adalah *state* menyerang dengan jenis pukulan yang gunakan yaitu *jab*, *uppercut left*, *uppercut right* dan *cross*.
6. Jika melakukan gerakan memukul maka energi NPC akan berkurang dan jika habis maka NPC dalam *state* *regeneration power* untuk mengembalikan energi.
7. Jika NPC terkena pukulan maka stamina juga akan berkurang dan jika stamina habis maka NPC dalam *state* kalah.

Untuk lebih jelasnya FSM untuk perilaku agen tinju adalah seperti gambar. 1. Dari gambar 1. terdapat beberapa *state* yaitu *state* pola bermain, *state* pola pertahanan, *state* pola menyerang, *state* *standby*, *state* *refresh* energi dan *state* *lose*. Penjelasan masing – masing *state* adalah sebagai berikut :

1. *State* pola bermain

Didalam *state* pola bermain terdapat *standby*, yaitu ketika posisi agen tinju diam, *state* geser kiri dan *state* geser kanan yaitu ketika agen tinju bergerak kerah kiri dan kanan, *state* maju dan *state* mundur yaitu ketika agen tinju bergerak maju dan mundur. Nilai transisi 1,2,3,4 dan 5 yang dijelaskan di bagian 3.4.1 tentang pola permainan adalah nilai objektivitas pola permainan yang membuat agen tinju melakukan perpindahan dari satu *state* ke *state* lainnya.

2. State pola pertahanan

Didalam *state* pola pertahanan terdapat *state uncovered* dan tidak memukul (*UnNoHit*), yaitu ketika agen tinju tidak menangkis dan tidak memukul, *state uncovered* dan memukul (*UnHit*) yaitu ketika agen tinju ketika agen tinju tidak menangkis dan memukul, *state covered* dan tidak memukul (*CovNoHit*), yaitu ketika agen tinju menangkis dan tidak memukul, *state covered* dan memukul (*CovHit*) yaitu ketika agen tinju ketika agen tinju menangkis dan memukul. Nilai transisi 1,2,3 dan 4 yang dijelaskan di bagian 3.4.1 tentang pola bertahan adalah nilai objektivitas pola bertahan yang membuat agen tinju melakukan perpindahan dari satu *state* ke *state* lainnya.

3. State pola menyerang

Didalam *state* pola menyerang terdapat *state jab* ketika agen tinju melakukan pukulan *jab*, *state cross* ketika agen tinju melakukan pukulan *cross*, *state uppercut left* (*UpLeft*) ketika agen tinju melakukan pukulan *state uppercut left*, *state uppercut right* (*UpRight*) ketika agen tinju melakukan pukulan *state uppercut right*. Nilai transisi 1,2,3 dan 4 yang dijelaskan di bagian 3.4.1 tentang pola menyerang adalah nilai objektivitas pola menyerang yang membuat agen tinju melakukan perpindahan dari satu *state* ke *state* lainnya.

4. *State standby* adalah ketika agen tinju bersiap dengan transisi ronde dimulai, ronde selesai.

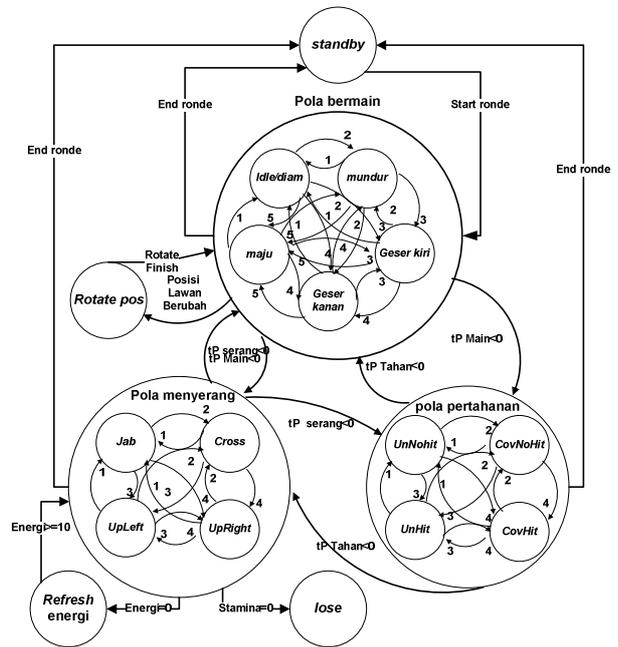
5. *State refresh energi* adalah ketika agen kehabisan energi dengan transisi jika energi sudah nol maka melakukan *state refresh energi*.

6. *State lose* adalah ketika agen tinju kalah dengan transisi jika stamina sudah habis atau nol.

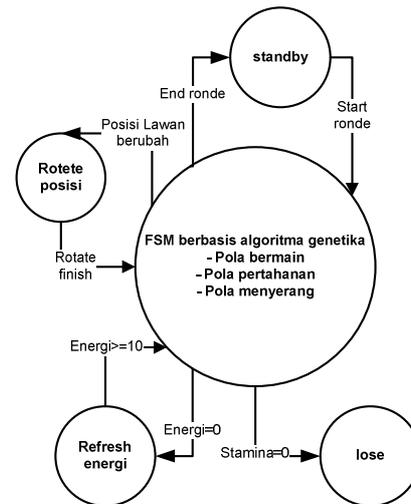
Dari perilaku NPC dengan pola permainan, pola pertahanan dan pola menyerang terdapat 80 kombinasi perilaku yang mungkin jika dilakukan secara acak. Untuk proses algoritma genetika dalam FSM perilaku NPC dilakukan pada *sequence* setelah proses *standby* dan berakhir ketika satu ronde selesai atau NPC kalah, seperti gambar. 2.

Nilai dari transisi didalam *state* pola bermain, *state* bertahan dan *state* menyerang sesuai dengan nilai objektivitas yang digunakan pada penelitian ini, dalam algoritma genetika untuk pembentukan populasi. Setiap jenis pukulan yang dilontarkan dan mengenai lawan akan mengurangi stamina lawan, pada penelitian ini jika terkena pukulan *jab* stamina akan berkurang 10, jika terkena pukulan *cross* stamina akan berkurang 15, jika terkena pukulan *uppercut left* stamina akan berkurang 20 dan jika terkena pukulan *uppercut right* stamina akan berkurang 25.

Gambar. 2. menunjukkan bahwa dari distribusi *event* pola permainan, pola pertahanan dan pola menyerang menggunakan metode algoritma genetika.



Gambar. 1. FSM perilaku agen permainan tinju



Gambar. 2. FSM perilaku NPC pada permainan tinju dengan algoritma genetika

B. Algoritma Genetika Pada Perilaku Agen Tinju

Algoritma genetika digunakan untuk melakukan optimasi perilaku agen NPC dalam bertinju. Dalam penelitian dilakukan beberapa tahap yaitu:

1. Populasi perilaku agen tinju.

Nilai – nilai pembentuk individu yang merupakan perilaku agen tersebut adalah:

a) Pola permainan.

Pola permainan agen dalam bertinju terdiri dari beberapa macam yaitu gerakan maju, gerakan mundur, gerakan bergeser kearah kiri, gerakan bergeser kearah kanan dan gerakan diam (*idle*).

Untuk perhitungan nilai obyektivitas gerakan maka digunakan nilai tertentu pada setiap gerakan, nilai tersebut antara 1 sampai 5. Nilai 5 adalah untuk gerakan maju dengan asumsi bahwa agen adalah petinju yang cenderung maju mendesak lawan sehingga obyektivitas bagi agen tinju yang agresif adalah maju Secara lebih rinci seperti tabel. 1.

Tabel 1. Tabel nilai obyektivitas pola permainan

Nilai	Pola permainan
1	Mundur
2	Diam/ <i>idle</i>
3	Geser kiri
4	Geser Kanan
5	Maju

b) Pola bertahan.

Dalam perilaku agen ketika melakukan pertahanan ada dua jenis secara umum yaitu ketika melakukan tangkisan dengan wajah dilindungi oleh tangan di depan bagian wajah (*covered*) dan membuka tangkisan dengan tanpa melindungi bagian wajah (*uncovered*). Dengan dikombinasikan ketika melakukan pukulan maka terdapat empat keadaan agen tinju melakukan tangkisan atau tidak melakukan tangkisan. Empat keadaan tersebut seperti pada tabel. 2.

Tabel 2. Tabel nilai obyektivitas pola bertahan

Nilai	Bertahan
1	<i>Uncovered</i> dan tidak melakukan pukulan
2	<i>Covered</i> dan tidak melakukan pukulan
3	<i>Uncovered</i> dan melakukan pukulan
4	<i>Covered</i> dan melakukan pukulan

c) Pola menyerang.

Sesuai dengan beberapa jenis pukulan yang digunakan agen tinju dalam riset ini maka pukulan *uppercut* mempunyai nilai obyektivitas tinggi, dengan mengacu pada kondisi agen tinju yang ortodoks dan tidak kidal maka *uppercut right* mempunyai nilai lebih tinggi dibandingkan dengan *uppercut left*. Nilai obyektivitas terendah adalah pada pukulan *jab*. Untuk lebih rinci nilai obyektivitas 1 sampai 4 untuk jenis pukulan adalah seperti tabel 3.

Tabel 3. Tabel nilai obyektivitas pola menyerang

Nilai	Bertahan
1	<i>Jab</i>
2	<i>Cross</i>
3	<i>Uppercut Left</i>
4	<i>Uppercut Right</i>

d) Energi pukulan.

Energi yang dikeluarkan petinju tergantung dari jenis pukulan yang digunakan agen tinju. Semakin tepat dan cepat pukulan maka akan semakin besar energi yang dikeluarkan. Dengan semakin besar energi yang dikeluarkan maka stamina agen petinju akan semakin cepat berkurang. Dari jenis pukulan agen tinju pada riset kali ini yang membutuhkan energi lebih besar adalah jenis *uppercut*, dikarenakan dengan nilai

obyektivitas tinggi maka diasumsikan *uppercut* membutuhkan energi yang lebih besar dari jenis pukulan yang lain. Sehingga stamina akan berkurang banyak jika agen menggunakan jenis pukulan *uppercut*, dan dengan mengacu agen adaah petinju ortodoks tidak kidal maka jenis pukulan *uppercut right* lebih banyak mengeluarkan energi. Dengan memberi nilai obyektivitas energi antara 40 sampai 100, maka range energi untuk jenis pukulan adalah seperti tabel 4.

Tabel 4. Tabel nilai obyektivitas energi pukulan

Range nilai	Bertahan	Energi pukulan
40 sampai 100	<i>Jab</i>	10
	<i>Cross</i>	15
	<i>Uppercut Left</i>	20
	<i>Uppercut Right</i>	25

2. Obyektivitas pola perilaku.

Nilai obyektivitas untuk mencapai optimasi dari agen tinju dipengaruhi oleh posisi/*moved*, kondisi *covered/uncovered*, jenis pukulan dan energi dari agen tinju tersebut.

a) Fungsi obyektif pada pola permainan agen tinju.

Pada pola permainan agen tinju nilai obyektif yang dicari mengacu pada pola permainan dengan nilai obyektif yang tertinggi yaitu gerakan maju untuk petinju yang agresif.

Persamaan. 1. menunjukkan fungsi obyektif untuk pola permainan agen tinju.

$$FoG(x, y) = G(x, y) - makG \quad (1)$$

$FoG(x, y)$ adalah fungsi obyektif pola permainan pada kromosom ke (x, y) , $G(x, y)$ adalah nilai kromosom pola permainan pada (x, y) dan $makG$ adalah nilai obyektivitas tertinggi dari pola permainan agen tinju.

b) Fungsi obyektif pada pola pertahanan.

Pada kondisi pertahanan agen tinju juga mengacu pada nilai obyektif yang tertinggi yaitu suatu kondisi agen yang *covered* dan melakukan pukulan.

$$FoC(x, y) = C(x, y) - makC \quad (2)$$

Persamaan 2. menunjukan fungsi obyektif pola pertahanan.

$FoC(x, y)$ adalah fungsi obyektif kondisi pertahanan pada kromosom ke (x, y) , $C(x, y)$ adalah nilai kromosom kondisi pertahanan pada (x, y) dan $makC$ adalah nilai obyektivitas tertinggi dari pola pertahanan.

c) Fungsi obyektif pada pola menyerang.

Untuk fungsi obyektif dari pola menyerang terdapat jenis pukulan dengan empat kromosom untuk runtutan jenis pukulan yang dilakukan agen tinju. Nilai obyektif mengacu pada jumlah dari nilai obyektivitas tertinggi dari jenis pukulan.

Persamaan. 3. menunjukkan fungsi obyektif untuk pola menyerang.

$$FoP(x, y) = \sum_{y=1}^4 P(x, y) - \sum_{y=1}^4 makP(x, y) \quad (3)$$

$FoP(x,y)$ adalah fungsi objektif pola meyerang pada kromosom ke (x,y) , $P(x,y)$ adalah nilai jenis pukulan untuk gen ke- $y=1$ sampai $y=4$ dan $maxP$ adalah nilai objektivitas tertinggi dari jenis pukulan untuk $y=1$ sampai $y=4$.

d) Fungsi objektif pada energi agen tinju.

Pada fungsi objektif energi nilai optimasi yang diharapkan adalah nilai terkecil dari nilai objektif energi, karena dengan semakin kecil energi yang dikeluarkan akan membuat stamina petinju tetap optimal.

Persamaan. 4. menunjukkan fungsi objektif untuk energi agen tinju.

$$FoE(x,y) = E(x,y) - makE \quad (4)$$

$FoE(x,y)$ adalah fungsi objektif energi pada kromosom ke (x,y) , $E(x,y)$ adalah nilai energi pada (x,y) .

Untuk mencari nilai bobot (w), sebelumnya digunakan variabel temporer, yaitu variabel x (x_1, x_2, \dots, x_n) dengan n adalah jumlah atribut. Kromosom v merupakan representasi dari variabel x yang berbentuk bilangan real. Kromosom terbagi atas n gen (v_1, v_2, \dots, v_n). Sedangkan panjang setiap gen adalah tergantung dari jenis objektivitas yang akan digunakan. Range yang diijinkan untuk setiap x_i adalah $[a, b]$, dengan a dan b adalah sembarang bilangan real, dalam hal ini nilai a adalah nilai minimal dari objektivitas tersebut dan b adalah nilai maksimal dari objektivitas. Sehingga persamaan. 5. untuk menghitung nilai dari x .

$$xi = a + [(b - a)/(2^{li} - 1)] * vi \quad (5)$$

li =jumlah kemungkinan kromosom ke- i dan vi adalah nilai kromosom ke- i

Persamaan. 6. untuk menghitung bobot kromosom ke- i .

$$wi = \frac{xi}{Total x} \quad (6)$$

Total x adalah jumlah total dari hasil pembobot dalam kromosom setiap individu.

Untuk menentukan individu yang digunakan pada siklus algoritma genetika digunakan fungsi $fitness$ dan probabilitas dari hasil fungsi objektif agen tinju. Individu dengan hasil fungsi $fitness$ yang besar dan probabilitas besar adalah individu yang terpilih pada siklus algoritma selanjutnya.

Fungsi $fitness$ beracuan dari fungsi objektif pada persamaan 1., 2., 3., 4 dan .6 untuk pembobot.

Persamaan .7., 8., 9 dan .10 untuk menghitung nilai $fitness$ dari masing-masing pola perilaku agen tinju.

$$fg(i) = FoG(i)^2 \times wi^2 \quad (7)$$

$$fc(i) = FoC(i)^2 \times wi^2 \quad (8)$$

$$fp(i) = FoP(i)^2 \times wi^2 \quad (9)$$

$$(10)$$

$$fe(i) = FoE(i)^2 \times wi^2$$

Untuk $fitness$ keseluruhan dalam satu individu $F(x)$ seperti pada persamaan .11.

$$F(x) = \frac{1}{fg(x) + fc(x) + fp(x) + (1/fe(x))} \quad (11)$$

Dari nilai objektivitas yang ditentukan maka dari setiap individu yang terdiri dari deretan kromosom merupakan gabungan dari pola bermain, pola pertahanan, pola menyerang dan energi. Dengan mengacu seri gerakan bertinju maka diasumsikan ada empat runtunan jenis pukulan dalam satu individu. Untuk lebih jelasnya seperti gambar .3.

G	C	P1	P2	P3	P4	E
---	---	----	----	----	----	---

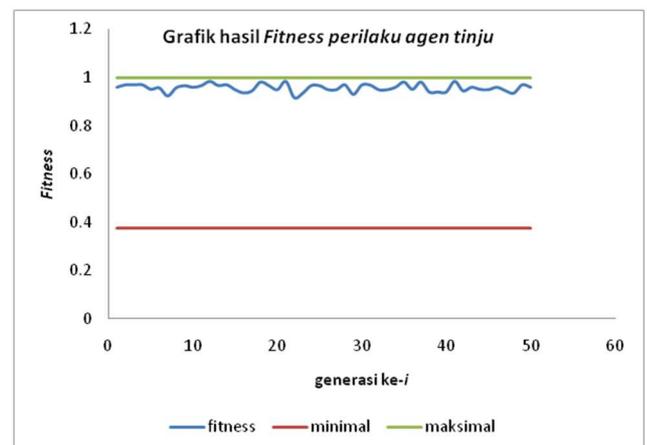
Gambar .3. Deret kromosom pada individu agen tinju.

G adalah pola bermain, C adalah pola pertahanan, P1 sampai P4 adalah runtunan pola serangan yang merupakan urutan jenis pukulan dan E adalah energi.

III. HASIL PERCOBAAN

Percobaan bertujuan untuk mendapatkan nilai $fitness$ yang stabil dan kecenderungan dari nilai $fitness$ tersebut mendekati nilai maksimal dari nilai $fitness$. Algoritma genetika pada percobaan ini menggunakan fungsi pembobot pada proses perhitungan $fitness$ dari persamaan 5 dan persamaan 6, sehingga nilai perhitungan $fitness$ menggunakan persamaan 7, persamaan 8, persamaan 9 dan persamaan 10.

Hasil percobaan dari siklus algoritma genetika generasi ke-1 sampai generasi ke 50 adalah seperti gambar 7



Gambar .4. Grafik hasil 50 kali siklus perilaku agen tinju.

Pada percobaan ini dibandingkan nilai maksimal/minimal dari $fitness$ dibuatkan grafik adalah seperti gambar.4.

$Fitness$ maksimal =1 dan $fitness$ minimal= 0.37.

Grafik gambar .4. terlihat bahwa rata-rata $fitness$ mendekati nilai $fitness$ maksimal, dimana rata-rata nilai $fitness$ dari percobaan ini adalah 0.96. Dari percobaan ini terdapat nilai $fitness$ yang belum stabil diantaranya pada generasi ke

7,12,18,19, 21 dan 22, tetapi secara keseluruhan dari rata-rata *fitness* sudah mendekati nilai tertinggi dari *fitness* dengan perbandingan nilai maksimal dan minimal *fitness* dengan hasil algoritma genetika. Pada percobaan ini sudah menunjukkan adanya nilai optimal, tetapi masih adanya kemungkinan terdapatnya generasi yang mempunyai *fitness* sangat berbeda dari yang lain.

Dari nilai rata-rata *fitness* 0.96 jika dalam bentuk pola perilaku agen tinju sudah menunjukkan bahwa agen tinju akan cenderung untuk maju ke arah lawan dan energi yang dipakai untuk pukulan sudah cenderung sedikit, serta menggunakan jenis pukulan yang mempunyai objektivitas tinggi. Perilaku tersebut terlihat dari grafik pada gambar .7 bahwa hasil *fitness* selalu mendekati nilai maksimal. Jika dalam bentuk deret kromosom deret tersebut dimungkinkan adalah [5, 4, 4, 3, 3, 4, 50].

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil percobaan tentang optimasi perilaku agen tinju menggunakan FSM berbasis algoritma genetika yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal yaitu:

- 1) Nilai optimal dari perilaku agen tinju ditunjukkan dengan nilai *fitness* dari hasil algoritma genetika, yaitu nilai rata-rata *fitness* optimal adalah 0,96 dengan percobaan sebanyak 50 kali siklus algoritma genetika.
- 2) Perilaku agen tinju yang optimal ditunjukkan dari hasil deret kromosom algoritma genetika dengan nilai tertinggi dari *fitness* optimal adalah 0,96., dengan pola perilaku agen tinju yang sudah menunjukkan bahwa agen tinju akan cenderung untuk maju ke arah lawan dan energi yang dipakai untuk pukulan sudah cenderung sedikit, serta menggunakan jenis pukulan yang mempunyai objektivitas tinggi.

B. Saran

Agan tinju ini merupakan salah satu contoh dari jenis agen permainan yang ada dan sistem permainan tinju ini belum merupakan produk yang sudah siap digunakan. Oleh karena itu diperlukan banyak pengembangan sistem sehingga siap dipasarkan. Penulis menyarankan beberapa pengembangan sistem terutama yang berhubungan dengan perilaku agen, yaitu:

- 1) Memperbanyak pola perilaku pada agen.
- 2) Melakukan percobaan lanjutan dengan fungsi *multiobjective* pada Algoritma genetika dengan fungsi *elitism*.
- 3) Memasukkan parameter luar dari agen untuk menentukan nilai optimal dari perilaku agen, sehingga bisa adaptif terhadap agen lawan dan lingkungan bermain.

REFERENCES

- [1] Chek Tien Tan and Ho-lun Cheng, "A Combined Tactical and Strategic Hierarchical Learning Framework in Multi-agent Games", International Journal of Computer Games Technology Volume 2011 (2011).
- [2] Andreas Pfeifer, Prof. Dr. Johannes Furnkranz, "Creating Adaptive Game AI in a Real Time Continuous Environment using Neural Networks", Darmstadt, Germany, May 1th 2009.
- [3] Doug Werner and Alan Lachica, "Fighting Fit: Boxing Workouts, Techniques and Sparring" Start-Up Sports / Tracks Publishing, 140 Brightwood Avenue, Chula Vista, CA 91919, 619-476-7125 fax 619-476-8173, copyright @ 2000.
- [4] Ian Millington and John Funge, "Artificial Intelligence For Games", second edition copyright @ 2009 by Elsevier Inc.
- [5] Sanjay, Dharm, Chirag, "Optimization of Fitness Function Through Evolutionary Game Learning", Evolution in Networks and Computer Communications A Special Issue from IJCA, www.ijcaonline.org.
- [6] [Dwi Kurniawan Saputro, "Agen Cerdas Game Remi Berbasis Minimax", Program Pasca Sarjana Game Technology Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- [7] Johnny N, "Boxing Basics How to Box, deciding Between Orthodox or Southpaw", www.expertboxing.com.
- [8] Jason Brownlee, "Finite State Machine (fsm)" 2002, AI Depot, <http://ai-depot.com/FiniteStateMachines>,
- [9] Mark Hatmaker with Dug Werner, Boxing Mastery: "Advanced Technique, Tactics and Strategies From The Sweet Science", Tracks Publishing (October 1, 2004)
- [10] Hertao, "Ultimate Self Defence e-book", <http://www.functionalselfdefense.org/>.
- [11] [Boxing Training and Fitness, "12 Techniques That Win Fights, e-Book". <http://www.boxingtrainingfitness.com>.
- [12] [J.H. Holland, "Adaptation in Natural and Artificial Systems", University of Michigan Press, Ann Arbor, Michigan; re-issued by MIT Press (1992).
- [13] [David Goldberg, "The Design of Innovation (Genetic Algorithms and Evolutionary Computation)", Springer; 1 edition (June 30, 2002).
- [14] Metropolis, N., A.W. Rosenbluth, M.N. Rosenbluth, A.H. Teller, and E. Teller, "Equation of State Calculations by Fast Computing Machines", J. Chem.Phys., Vol. 21, No. 6, pp. 1087 - 109a, 1953.
- [15] S. Kirkpatrick; C. D. Gelatt; M. P. Vecchi, "Optimization by Simulated Annealing", Science, New Series, Vol. 220, No. 4598 (13 MAY 1983)
- [16] [Michalewicz, Z., "Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs", Polish translation, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warsaw, 1997.