

## **Artificial Intelligence Berbasis Pengetahuan Pemain untuk Real Time Tactic Game Menggunakan Knowledge Based Artificial Neural Networks**

### *Artificial Intelligence Based on Knowledge of Human Player for Real Time Tactic Game Using the Knowledge Based Artificial Neural Networks*

Muhammad Rofiul Ibad\*, Moch. Hariadi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

#### ABSTRAK

Penyelesaian terhadap masalah kompleksitas *Artificial Intelligence* (AI) pada permainan *Real Time Tactic* (RTT) sebagai salah satu permainan simulasi dunia nyata membutuhkan sistem pengontrolan yang efektif. Sistem pengontrolan ini berupa agen yang representatif sebagaimana pemain manusia dalam mengantisipasi perubahan keadaan permainan. Dalam penelitian ini agen pengontrol dibangun dengan menerapkan *Knowledge Based System* (KBS) yang berpedoman pada pengetahuan dasar pemain manusia terkait aksi pencapaian goal permainan. Konstruksi KBS dibagi menjadi dua fase inferensi, yaitu penentuan kasus dalam format linguistik pemain manusia dari nilai numerik keadaan permainan yang kompleks dan pemilihan taktik yang tepat jika serangkaian kasus terjadi. Adanya pengetahuan yang tidak deterministik sebagai dasar proses inferensi membutuhkan adaptifitas agen melalui sistem pembobotan pengetahuan dan pembelajaran. KBS dipetakan ke dalam *Knowledge Base Artificial Neural Networks* (KBANN) yang menggunakan metode pembelajaran *certainty factor* (CF) *based back propagation*. Inferensi dibatasi pada proses pencapaian goal utama permainan melalui pengaturan penyerangan dan pertahanan. Rancangan sistem AI diimplementasikan pada RTT Game "The Cursed" melalui shared AI interface dari SPRING Game Engine. Pengujian melawan AI statis lainnya menunjukkan adanya kemampuan beradaptasi terhadap perubahan keadaan permainan dan peningkatan kualitas pengontrolan sebesar 0,017745641. Hasil ini sesuai ekspektasi pemain manusia yang mengharapkan adanya perbaikan kualitas permainan pada setiap sesinya melalui pemilihan aksi pencapaian goal yang tepat.

**Kata kunci:** *Real Time Tactic Game, Artificial Intelligence, Knowledge Based System, Knowledge Based Artificial Neural Networks, Certainty Factor, Back Propagation*

#### ABSTRACT

*Solution for the complexity problem of Artificial Intelligence (AI) on Real Time Tactic (RTT) game as one of the real-world simulation game requires effective control system. Control system is in the form of a representative agent as a human player in anticipating the changes of the game states. In this thesis, control agent is built by applying a Knowledge Based System (KBS) based on the knowledge base related to human player action for goal achievement of the game. The construction of KBS inference is divided into two phases, which is determination of the case in linguistic format of human players from the numerical values of complex states in the game, and selection of the appropriate tactic when a series of cases occur. Existence of knowledge that is not deterministic as the basis of the inference process, requires adaptability of the agent through weighting system of knowledge and learning. KBS is mapped to Knowledge Base*

---

\* Alamat korespondensi  
e-mail: ibadista@gmail.com

*Artificial Neural Networks (KBANN) using certainty factor (CF) based back propagation as learning method. Inference is limited to the process of achieving main goal through controlling of attack and defense. The design of AI system is implemented in RTT Game "The Cursed" through the shared interfaces of SPRING AI Game Engine. Testing against other static AI shows the ability of adaptation to changes in circumstances and improved quality control of the game by 0.017745641. These results fit expectations of human players who expect an improvement of playing quality in each session through the selection of appropriate goal achievement action.*

**Key words:** Real Time Tactic Game, Artificial Intelligence, Knowledge Based System, Knowledge Based Artificial Neural Networks, Certainty Factor, Back Propagation.

## PENDAHULUAN

Sebelumnya para pengembang game komersil lebih terfokus pada peningkatan kemampuan grafis dari game. Artificial Intelligence (AI) sebagai suatu sistem (perangkat lunak) yang dapat berperan sebagaimana pemain manusia dalam menjalankan permainan, tidak berkembang sesuai dengan harapan pengguna game yang menginginkan permainan yang dinamis dan menantang. Kualitas pengontrolan permainan oleh AI cenderung statis sehingga mudah ditebak atau sebaliknya, terlalu sulit dikalahkan. Pemain jauh lebih menikmati permainan seimbang melawan pemain manusia lainnya (*multiplayer*) dibanding melawan AI.

Buro (2003) menyatakan bahwa sebagian peneliti pengembangan sistem AI pada game mulai tertarik pada game simulasi dengan strategi kompleks seperti *Real Time Strategy (RTS) Game* yang menantang untuk dikaji karena besarnya ruang keadaan (*state space*) dalam lingkungan permainan dan banyaknya pilihan keputusan (*decision space*) dalam menentukan langkah untuk mengantisipasi keadaan permainan. Penyelesaian terhadap kompleksitas AI pada game RTS, membutuhkan sistem pengontrolan atau agen yang representatif melalui hasil inferensi pengetahuan atau kaidah sebab-akibat dari keadaan permainan yang terjadi (Spronck *et al.*, 2004). Ponsen and Spronck (2004) membangun kisi-kisi (*lattice*) untuk merepresentasikan dan merelasikan keadaan-keadaan yang abstrak. Mereka memperkecil *decision space* dengan menerapkan pemakaian bahasa tingkat tinggi terhadap aksi-aksi agen dan mengeksplorasi strategi dalam *decision space* sehingga diperoleh taktik yang memenuhi untuk setiap kasus sebagai generalisasi keadaan. Adanya pengetahuan yang tidak deterministik pada game karena kompleksitas keadaan dan aksi sebagai simulasi dunia nyata mengakibatkan adanya pembobotan pengetahuan dan *rule* yang terus dioptimalkan melalui pembelajaran (*learning*).

Penelitian ini mengarah pada AI sebagai sistem pengendalian pasukan tempur (*army units*) pada game *Real Time Tactic (RTT)* sebagai bagian dari game RTS yang hanya fokus pada pertempuran saja. Perumusan bagaimana pemain manusia pada umumnya memantau keadaan dan menjalankan aksi dalam game ini merupakan pendekatan yang tepat untuk menghasilkan sistem AI yang lebih representatif dan memaksimalkan perannya sebagaimana pemain manusia sehingga menghasilkan keseimbangan antara pemain manusia dan AI. Penggalan pengetahuan pemain sebagai dasar penentuan serangkaian aksi (taktik) untuk pencapaian

goal permainan dalam suatu lingkup keadaan tertentu (kasus). Penentuan serangkaian aksi tersebut disusun menjadi (Ignizio, 1991) sistem berbasis pengetahuan atau *Knowledge Base System (KBS)* sebagai sistem inferensi. Fase pertama inferensi adalah menentukan kasus yang dipahami pemain manusia terhadap nilai bilangan dari keadaan permainan yang kompleks. Fase kedua adalah menentukan taktik jika kasus terjadi. Proses inferensi dan pembelajaran memanfaatkan arsitektur *Knowledge Base Artificial Neural Network (KBANN)* melalui metode pembelajaran *certainty factor (CF) based back propagation*.

Rancangan sistem AI diterapkan pada Game "The Cursed" menggunakan SPRING Game Engine sebagai salah satu RTS *open source game engine* yang mendukung integrasi terhadap program AI eksternal. Game "The Cursed" lebih menfokuskan permainan pada pertempuran daripada penggalan sumber daya, pembangunan, maupun *upgrade* teknologi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem perangkat lunak berbasis AI untuk pengontrolan unit tempur yang representatif dalam mengantisipasi keadaan dalam RTT Game berpedoman pada umumnya pemain manusia menjalankan permainan dan pembelajaran menggunakan sistem inferensi berbasis pengetahuan yang menerapkan KBANN. Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi para pengembang dan pengguna game untuk mendapatkan RTT Game yang lebih dinamis, menantang, dan seimbang.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan teknik pengembangan sistem terstruktur dan terarah menggunakan metode *waterfall* dalam pengaturan proses-proses yang dilakukan. Tahapan pengerjaannya dideskripsikan sebagai berikut. (1) **Menelaah kondisi saat ini.** Telaah ini dilakukan untuk mengetahui kondisi awal dari objek penelitian. (2) **Analisis sistem.** Pada tahap ini konsep terkait RTT Game, entitas permainan, relasi, dan atributnya diidentifikasi dan dirumuskan. Kemudian dirumuskan cara bermain pemain manusia meliputi pembacaan keadaan, pemilihan aksi, dasar pengetahuan, taktik, adaptivitas, dan peningkatan kemampuan permainan. (3) **Perancangan.** Perancangan sistem AI meliputi proses pembacaan keadaan, pengendalian aksi, pengorganisasian goal, KBS penentuan kasus dan pemilihan taktik, sistem inferensi KBANN dan pembelajarannya. Hasil rancangan diintegrasikan

dalam rancangan global sistem AI. (4) **Implementasi**. Pengembangan perangkat lunak sebagai implementasi dari hasil rancangan pada tahapan sebelumnya. Perangkat lunak kemudian diintegrasikan dengan sebuah RTT Game "The Cursed" menggunakan SPRING Game Engine sebagai salah satu RTS *open source game engine* yang mendukung integrasi terhadap program AI eksternal. (5) **Pengujian**. Ujicoba permainan sistem AI yang dibuat melawan AI statis lainnya. Hasil beberapa kali permainan dilakukan regresi data untuk mengetahui representasi sistem AI yang berperan sebagaimana pemain manusia melalui adaptivitas dan peningkatan kemampuannya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

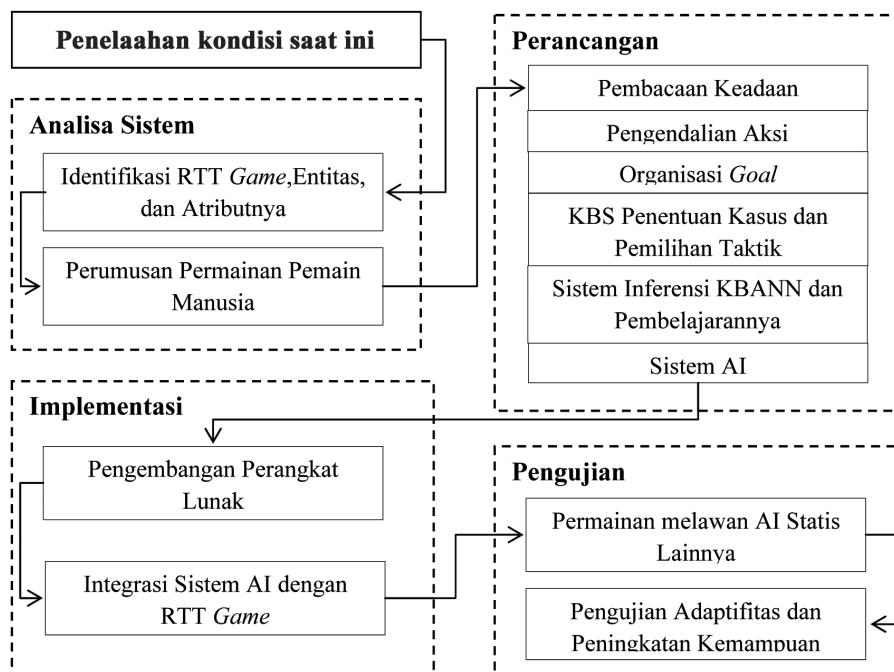
*Real Time Tactics* (RTT) Game adalah game yang mensimulasikan pengaturan taktik berupa pengadaan dan pengendalian secara *real time* (dapat dilakukan setiap waktu atau tidak adanya pembagian babak dan giliran) sejumlah unit yang mempunyai tipe bervariasi dalam suatu peperangan, perseteruan, atau konflik (sebagaimana game berjenis RTS: *Real Time Strategy*) dengan meminimalisasi atau menghilangkan bagian *micromanagement* (pengaturan detail yang tidak langsung memengaruhi tercapainya tujuan permainan). Game ini merupakan simulasi dunia nyata yang mempunyai lingkungan permainan dengan dimensi keruangan yang kompleks berupa peta yang terbagi dalam berbagai tipe permukaan. Pemain dapat memilih (*select*) satu atau beberapa unit untuk kemudian diberi instruksi

meliputi pindah (*move*), serang (*attack*), jaga (*guard/defend*) atau instruksi lainnya ke posisi tertentu pada peta dalam rangka mencapai *goal* permainan. *Goal* permainan ini di antaranya adalah mengeliminasi unit musuh dan mempertahankan unit sendiri (Strategy Planet, 2001).

Objek dalam RTT Game secara umum terdiri atas peta, unit umum, unit tempur, tentara, unit produksi, pekerja, sumber daya, markas, barak (Tabel 1).

Dalam suatu permainan RTT atau RTS sebagai permainan simulasi yang biasanya berbasis visual, manusia menggunakan mata untuk menangkap keadaan permainan dengan skala konsentrasi tertentu sebatas kemampuannya secara serempak, kemudian berdasarkan pengalamanan dan pengetahuannya, dilakukan pencernaan data visual (citra) menjadi sesuatu (kasus) yang dapat dikonsumsi pemikiran, dan melalui pengetahuan dan keterampilannya menghasilkan rangkaian aksi untuk mencapai *goal*. Rangkaian aksi terpilih disebut sebagai taktik. Pemantauan keadaan berawal dari penangkapan objek pada konsentrasi lokasi tertentu. Pengetahuan berisi kerangka konsep logis, sedangkan keterampilan merupakan konfigurasi bobot dari elemen detail pengetahuan berdasarkan pengalaman.

Adaptifitas dan peningkatan kemampuan bermain dilakukan melalui evaluasi berupa penilaian terhadap aksi yang dilakukan pada akhir pencapaian *goal* berdasarkan tingkat keberhasilannya dalam lingkup kasus yang terjadi. Tingkat kepastian terhadap suatu pengetahuan yang mendasari keberhasilan aksi akan semakin menguat karena evaluasi alami yang dilakukan manusia terhadap keterampilannya.



Gambar 1. Diagram alir metode penelitian

**Tabel 1.** Objek RTT *Game* dan atributnya

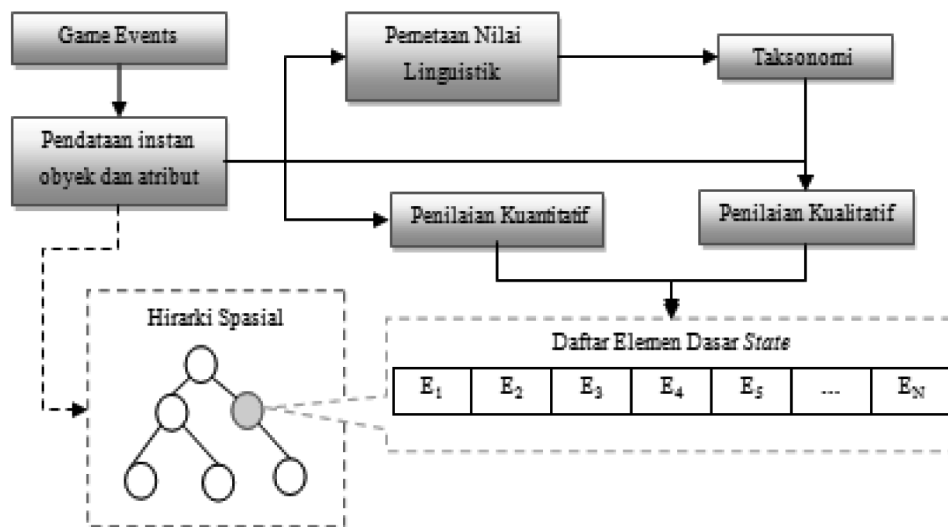
Objek	Atribut
Peta (M)	Dimensi ( $DM_{w,h}$ ), Daftar Zona, Jalur
Unit Umum (U)	Nama Unit, ID, Posisi ( $PS_{x,y}$ ), Jangkauan Lihat (JL), Daya Tahan (DT), Keberadaan (AD), Kesehatan (KS), Biaya Pembuatan (BB), Aktifitas (AK)
Unit Tempur, Tentara (S)	Atribut Unit Umum, Daya Serang (DS), <i>Shield</i> (SH), Serang Udara (SU), Serang Air (SA), Serang Darat (SD), Kecepatan (CP)
Unit Produksi	Atribut Unit Umum, Daftar Nama Unit ( $DU_{1..N}$ ), Kecepatan Produksi (CB)
Pekerja	Atribut Unit Umum, Daftar Bangunan ( $DB_{1..N}$ ), Kecepatan Membangun (CB)
Sumber Daya (R)	Tipe Sumber Daya, Ketersediaan (KT), Posisi ( $PS_{x,y}$ )
Markas	Atribut Unit Produksi
Barak	Atribut Unit Produksi

Keadaan atau *state* RTT/RTS *Game* pada suatu *frame* permainan berasal dari pengukuran atau penilaian terhadap atribut lingkungan permainan dan penilaian keberadaan dan atribut setiap objek dalam lingkungan

permainan sebagai respon terhadap even permainan (*game events*). Berdasarkan cara manusia menangkap keadaan permainan, maka pendekatan yang sesuai terhadap penyusunan struktur *state* adalah struktur spasial; setiap posisi mempunyai nilai *state* tertentu.

*State* disusun terhierarki secara spasial. Level paling atas atau level 0 adalah *state* global yang terkandung dalam keseluruhan peta (*map*). Peta kemudian dibagi per zona jangkauan sebagai level hierarki berikutnya, sedangkan level *state* paling detail digeneralisasi pada setiap *spot* penting permainan baik yang terkait dengan pihak musuh, pihak sendiri, maupun *spot netral*. Untuk memperkecil *state space* sebagai kombinasi objek dan atribut yang dimiliki, nilai atribut yang kompleks dipetakan ke dalam nilai linguistik sederhana yang mempunyai definisi interval kelas *uniform* terhadap nilai asal. Nilai suatu atribut sebagian besar dibagi dalam 3 kelompok meliputi kecil, sedang, dan besar.

Aksi dalam penelitian ini lebih diarahkan pada pengontrolan game RTT atau RTS terkait pengaturan unit tempur dengan ruang aksi dideskripsikan sebagai penempatan setiap instan unit yang dimiliki pada posisi, objek/target tertentu, dan aksi tertentu terhadap objek/target terkait frame permainan tertentu. Ruang aksi merupakan kombinasi unit tempur, posisi, objek/target, dan indeks frame dinotasikan dengan (F,X,Y,O,A,I). Kompleksitas ruang aksi dapat diperkecil melalui bagaimana pemain manusia mengarahkan aksinya sehingga didapatkan ruang aksi baru sebagai subruang dari ruang aksi sebelumnya (Tabel 2).



**Gambar 2.** Diagram proses pembacaan *state*

**Tabel 2.** Transformasi ruang aksi

Elemen Ruang Aksi		Keterangan
Lama	Baru	
F	G : grup unit	Unit tempur yang dikenai aksi yang sama digabungkan dalam grup
X, Y, O	SP : spot	Posisi dipilih area persekitaran titik yang dianggap penting (spot) dengan target di sekitar spot
A	A	Aksi terhadap objek/target terkait berupa serangan terhadap musuh atau penjagaan unit sendiri
I	S : sesi	Suatu aksi dilakukan dalam jangka waktu tertentu sebagai sesi yang berawal dari frame indeks ke $I_s$ dan berakhir sampai frame indeks ke $I_e$ .

Pencapaian *goal* utama lebih diarahkan pada bagian pengontrolan unit tempur untuk mengeliminasi unit-unit musuh (penyerangan) dan mempertahankan unit-unit sendiri (pertahanan) pada setiap *spot* permainan. Pencapaian *goal* utama ditentukan oleh pencapaian setiap *goal* anaknya, yaitu *goal* pertahanan dan *goal* penyerangan. Pencapaian *goal* pertahanan ditentukan oleh pencapaian *goal* pertahanan pada setiap *spot*. Pencapaian *goal* penyerangan ditentukan oleh pencapaian *goal* penyerangan pada setiap *spot* musuh. Pertahanan atau penyerangan pada suatu *spot* tertentu dicapai melalui eksekusi serangkaian aksi detail. Aksi pada *goal* induk (*goal* yang mempunyai *goal* anak) didefinisikan sebagai eksekusi terhadap serangkaian aksi pencapaian *goal* anaknya. Aksi pencapaian *goal* selesai jika semua aksi dalam rangkaian selesai dieksekusi.

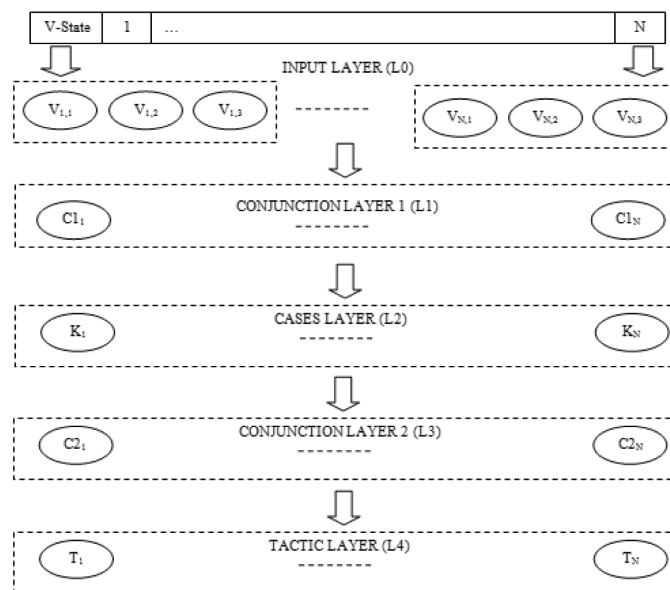
*Knowledge Base* disusun sebagai: (1) himpunan asosiasi antara setiap vektor state dengan terjadinya kasus. Dibutuhkan pemetaan nilai setiap elemen vektor

ke nilai linguistik  $V1.N$  seperti pada penilaian subjek kasus terkait. (2) himpunan asosiasi logis dalam bentuk aturan atau rule antara kasus dengan pemilihan taktik untuk setiap tingkat hierarki *goal*.

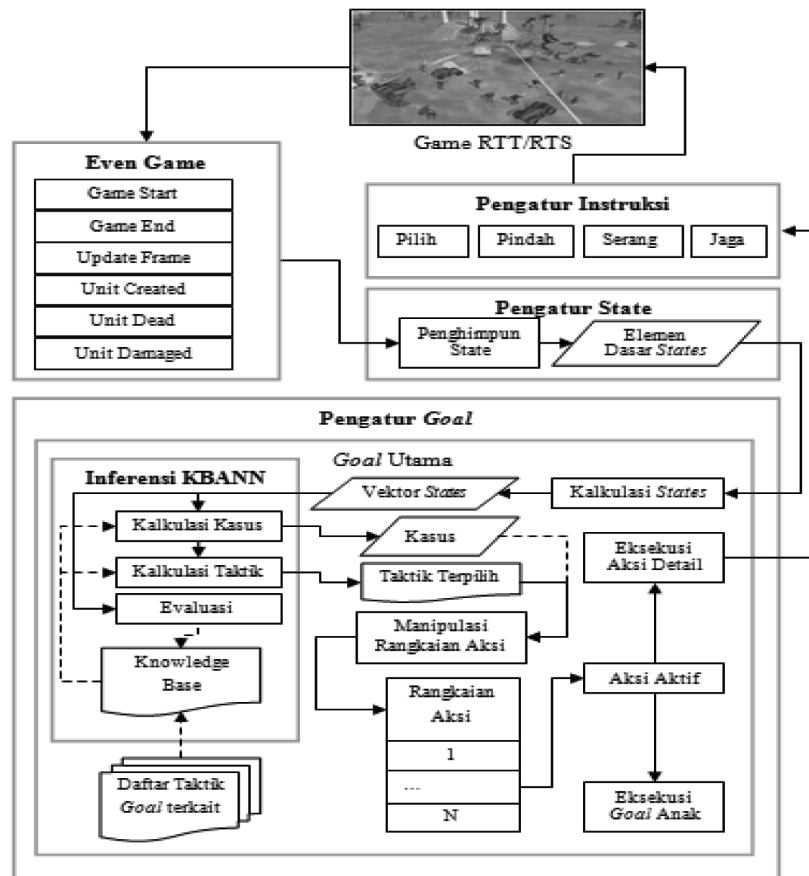
Sistem inferensi dibatasi pada *goal* utama saja sebagai pengontrol utama permainan secara menyeluruh (*macro*). *Goal* utama melakukan aksinya dengan mengeksekusi *goal* anaknya, yaitu pertahanan dan penyerangan. Aspek apa saja yang memengaruhi pemilihan taktik dapat digunakan untuk mendapatkan kasus sebagai penilaian aspek terkait, antara lain sebagai berikut. (1) Kekuatan (KT): kekuatan unit tempur sendiri terhadap musuh. (2) Pertahanan Musuh (TM): kekuatan musuh yang berjaga di semua *spot*-nya. (3) Serangan Musuh (SM): kekuatan musuh di semua *spot* sendiri. Setiap aspek kasus mempunyai 3 nilai linguistik sebagai predikatnya, yaitu {kuat, sedang, lemah}.

Variasi dalam penentuan prioritas terhadap kedua *goal* anak tersebut menghasilkan variasi taktik dalam *goal* utama sebagai berikut. (1) Taktik *Defensif* (DF): taktik yang mengutamakan pertahanan. (2) Taktik *Balance* (BL): taktik seimbang antara pertahanan dan penyerangan. (3) Taktik *Ofensif* (DF): taktik yang mengutamakan penyerangan.

Sistem inferensi pada KBANN memproses input melalui *node* input mewakili masing-masing nilai linguistik dari setiap elemen vektor *state*. Sistem inferensi ini memproses nilai yang dimasukkan pada setiap *node* input berupa CF dari nilai linguistik pada *node* terkait. Suatu aturan (*rule*) untuk penentuan kasus dari beberapa *node* input dihubungkan melalui sebuah *node* pada *conjunction layer 1*. Layer kasus (*cases layer*) mempunyai *node* yang mewakili nilai linguistik (predikat) kasus KT, TM, dan SM dan nilai aktifasinya merupakan CF terhadap penilaian kedekatan suatu kasus dengan fakta. Suatu *rule* untuk penentuan taktik dari beberapa *node* kasus dihubungkan melalui *conjunction layer 2* (CL2),



**Gambar 3.** Diagram arsitektur KBANN



Gambar 4. Diagram rancangan sistem AI

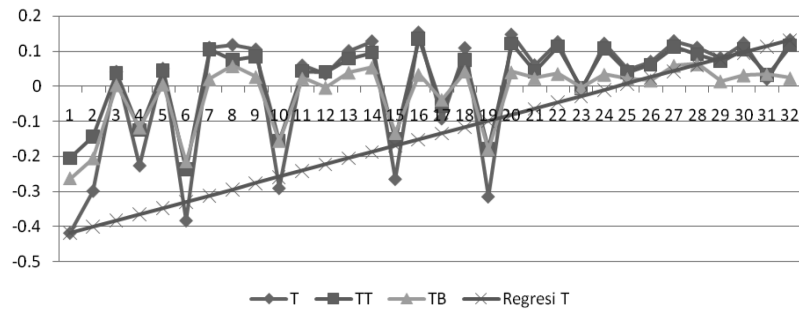
sedangkan untuk layer taktik mempunyai *node* yang mewakili taktik *goal* terkait DF, BL, dan OF dengan nilai aktivasi sebagai besarnya CF dari keputusan pemilihan taktik terkait. Taktik terpilih mempunyai nilai CF tertinggi.

Berdasarkan bagaimana pemain manusia menjalankan aksinya dari taktik terpilih karena terjadinya suatu kasus hasil pemantauan keadaan permainan, rancangan sistem AI dibuat dengan mengintegrasikan setiap tahapan kerja yang telah diuraikan pada sub bab sebelumnya. Vektor *state* melalui inferensi KBANN dikalkulasi untuk mengetahui kasus yang sedang terjadi dan menghasilkan taktik terpilih dari daftar taktik. Jika terjadi perubahan kasus, dilakukan evaluasi KBANN menghasilkan pembobotan pengetahuan baru untuk mendapatkan pemilihan taktik optimal. Taktik terpilih melakukan manipulasi rangkaian aksi pencapaian *goal* dan mengaktifkan suatu aksi untuk dieksekusi. Jika aksi aktif berupa aksi detail, maka dilakukan eksekusi melalui pengatur instruksi. Jika aksi aktif adalah pencapaian *goal* anak maka dilakukan eksekusi pencapaian *goal* anak sebagai proses rekursif (Gambar 4).

Berdasarkan hasil perancangan sistem AI, maka dilakukan pembuatan perangkat lunak untuk menghasilkan *library AI* yang bisa dipanggil oleh

*SpringGame Engine* melalui *shared interface*-nya sebagai pemain (*bot*) dalam game *The Cursed*. Rancangan sistem AI diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman C++ dengan IDE Microsoft Visual Studio 2008. Karena tidak semua aspek pengontrolan unit didukung hasil rancangan sistem AI, maka aspek selain taktik pengontrolan unit tempur akan ditangani oleh *library AI* lainnya yaitu *Shard AI*. Selain itu, implementasi AI didukung oleh *lua scripting* untuk pemrograman AI yang lebih dinamis dan mudah. Perangkat lunak hasil implementasi diberi nama KBAIT (*Knowledge Based Artificial Intelligence for Tactician*), dijalankan sebagai salah satu <sup>[2]</sup>*Skirmish AI* (AI sebagai pemain pengendali tim tertentu), dilakukan *sharing* paket data permainan oleh *game engine-external AI* terhadap instan objek tertentu dalam KBAIT yang dibangun sebagai *class* (C++) turunan dari *abstract class IAI* yang sudah disediakan oleh *SpringLibrary*.

KBAIT sebagai hasil implementasi sistem AI diuji representasinya dalam mengontrol unit tempur untuk mencapai *goal* permainan sebagaimana pemain manusia. Representasi ini diukur berdasarkan perkembangan permainan KBAIT terkait pencapaian *goal* utama dari beberapa kali permainan. Berikut adalah diagram hasil pengujian melalui 32 kali permainan antara KBAIT melawan *Shard AI*:



**Gambar 5.** Diagram hasil pengujian permainan KBAIT melawan *Shard AI*

Dari data permainan diperoleh tingkat pencapaian *goal* utama (T), tingkat pencapaian terkait perbandingan kekuatan tempur (tentara) (TT), dan tingkat pencapaian terkait perbandingan kuantitas bangunan (TB) (Gambar 5).

Analisis perkembangan kemampuan sistem AI (KBAIT) dalam pencapaian *goal* utama pada uji coba permainan melawan *Shard AI* berdasarkan grafik (Gambar 5) adalah sebagai berikut. (1) Terjadi adaptasi pengontrolan permainan yang ditandai dengan naik turunnya grafik pencapaian *goal* dengan amplitudo yang cukup besar pada awal rangkaian permainan dan semakin kecil sampai di akhir rangkaian permainan. (2) Terjadinya perkembangan kualitas pengontrolan permainan yang representatif untuk pencapaian *goal* yang ditandai dengan naiknya garis regresi linier dari T pada grafik di atas dengan kemiringan sebesar 0.017745641 yang berarti juga sebagai peningkatan kemampuan dalam setiap permainan.

## SIMPULAN

Simpulan yang diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut. (1) Pembacaan keadaan oleh sistem AI terhadap RTT *Game* sebagaimana pemain manusia dilakukan melalui pendataan atribut objek permainan secara terhierarki spasial. Pendefinisian aksi dalam *game* RTT adalah vektor dalam ruang aksi sebagai kombinasi grup unit tempur (G), *spot* (SP), aksi (A), dan sesi (S). Aksi dirangkai untuk mencapai *goal* permainan yang terhirarki dari *goal* utama sampai *goal* penyerangan pada *spot* musuh dan pertahanan *spot* sendiri. Adaptifitas

dan peningkatan kemampuan permainan dilakukan melalui penilaian terhadap aksi yang dilakukan pada akhir pencapaian *goal*. (2) *Knowledge base* terdiri atas 2 level *rule* yaitu level *rule* penentuan terjadinya kasus berdasarkan vektor *state* dan level *rule* pemilihan taktik berdasarkan kasus yang terjadi. Taktik pada pencapaian *goal* utama terdiri dari defensif, *balance*, dan ofensif. Aspek dari terjadinya kasus terdiri atas kekuatan tempur, pertahanan musuh, dan serangan musuh. (3) KBS disusun dari himpunan *rule* untuk *goal* terkait dan dipetakan ke arsitektur KBANN yang terdiri dari 5 buah *layer* yaitu *layer* input, *layer* konjungsi 1, *layer* kasus, *layer* konjungsi 2, dan *layer* taktik. (4) Pengujian representasi pencapaian *goal* utama permainan terhadap KBAIT sebagai implementasi sistem AI dilakukan melalui 32 kali permainan melawan *Shard AI* sebagai AI statis pada *mapRavage V2* dengan KBAIT dan *Shard AI* memerankan ras *The Cursed* menunjukkan bahwa KBAIT melakukan adaptasi dan mengalami perkembangan kualitas permainan yang representatif sebesar 0.017745641 melalui regresi linier.

## DAFTAR PUSTAKA

- Strategy Planet, 2001. *Point - CounterPoint: Resource Collection vs. Fixed Units*, <http://www.strategyplanet.com/features/articles/pcp-resources>.
- Buro M, 2003. *Real-time strategy games: A new AI research challenge*, In IJCAI'2003, 1534-1535, Morgan Kaufmann.
- Ignizio JP, 1991. *Introduction to Expert System: The Development and Implementation of Rule-Based Expert System*, McGraw-Hill Inc.
- Spronck P, Sprinkhuizen-Kuyper I & Postma, 2004. *Online Adaptation of Game Opponent AI with Dynamic Scripting*. "International Journal of Intelligent Games and Simulation, 3(1): 45-53.