

# SURVEY METODE FUSI INFORMASI UNTUK PERANCANGAN COGNITIVE PROCESSOR

Catherine Olivia Sereati  
Fakultas Teknik Unika Atma  
Jaya Jakarta  
Jl. Jendral Sudirman Kav 51 –  
Jakarta - Indonesia

Arwin Datumaya Wahyudi  
Sumari  
Fakultas Strategi Pertahanan,  
Universitas Pertahanan  
Indonesia  
Jl. Salemba Raya No. 14,  
Jakarta- INDONESIA

Trio Adiono,  
Adang Suwandi Ahmad  
Sekolah Tinggi Elektro dan  
Informatika, Institut Teknologi  
Bandung  
Gedung Achmad Bakrie Lt.2 ,  
Jl. Ganeca 10, Bandung  
40132, INDONESIA

## Abstrak

Cognitive Processor is a processor which have ability to emulate how human brain work to process information by gathering information from the environment and take the inference from the information that have received. To design Cognitive processor, appropriate methode is need to support the performance of this processor. Knowledge Growing System (KGS) is a new development of Artificial Intelligence that have ability to growing knowledge base on information which have been gathered as time passes. KGS concept emerge by observing mechanism of human brain when doing information fusion to gain new knowldege. This paper aimed to discuss several fusion information method as a basis to design Cognitive Processor.

## Keywords

cognitive processor, KGS, information fusion

## 1. PENDAHULUAN

*System On Chip* (SoC) adalah suatu sistem rangkaian terintegrasi yang didalamnya terdiri dari suatu sistem elektronik yang mempunyai fungsi khusus dan terintegrasi dalam satu *chip*. SoC dapat berupa suatu sistem mikrokomputer, rangkaian pengkondisian sinyal, rangkaian pengolah sinyal audio, dan sistem-sistem lain dengan fungsi yang lebih spesifik. Untuk dapat mendesain sebuah SoC diperlukan *tools* yang sesuai. Salah satunya yaitu dengan menggunakan *Field Programmable Gate Array*. Sesuai dengan namanya, sebuah keping FPGA terdiri dari kombinasi gerbang logika yang dapat diprogram koneksinya sehingga dapat dihasilkan sebuah rangkaian gerbang logika dengan fungsi tertentu.

Suatu sistem komputer terdiri dari prosessor, memori, sistem jalur data dan piranti-piranti lain yang mendukung kerja dari komputer tersebut (misalnya GPIO, UART, USB Port, dll). Dengan menggunakan SoC dan *tools* yang sesuai, dapat dirancang sebuah sistem komputer dalam satu keping IC, lengkap dengan piranti yang mendukung proses kerjanya. Saat ini prosessor dengan fungsi-fungsi khusus juga sedang dikembangkan. Misalnya, prosessor untuk sistem kendali pada sistem navigasi, dimana prosessor tersebut dapat melakukan perintah-perintah dan merespon masukan dari sistem navigasi yang ada. Selain itu ada juga prosessor khusus untuk menggerakkan suatu sistem wahana gerak mandiri, dimana

prosessor dibantu dengan sensor yang ada dapat menerima dan mengolah setiap intruksi yang ada untuk menggerakkan sistem wahana gerak mandiri tersebut.

Perancangan sebuah *Cognitive Processor* dirasa mampu untuk menjadi solusi bagi pengembangan sistem processor dengan fungsi-fungsi tersebut. *Cognitive Processor* adalah sebuah processor yang mampu mengemulasikan cara kerja otak dalam memproses informasi, yang berkaitan dengan proses penginderaan (*sensing*), perasa (*perceive*) dan interaksi (*interact*) dengan organ-organ yang lain. Oleh karena itu suatu *Cognitive Processor* seharusnya memiliki kemampuan untuk dapat menerima informasi dari berbagai macam sensor yang terhubung dengannya, melakukan penggabungan (fusi) informasi, dan mengambil keputusan berupa kesimpulan dari setiap informasi yang diterimanya.

Makalah ini akan membahas tentang beberapa metode fusi informasi dan melakukan perbandingan dari setiap metode yang ada dalam kaitannya dengan perancangan suatu *Cognitive Processor*. Struktur dari makalah ini adalah sebagai berikut : Latar belakang permasalahan yang akan diteliti dijelaskan dalam bagian 1, selanjutnya bagian 2 akan membahas tentang kajian teori yang mendukung penelitian ini, yang meliputi tentang konsep *Cognitive Processor* dan *Knowledge Growing System*. Bagian ke 3 akan menjelaskan tentang beberapa metode fusi informasi, dan bagian 4 merupakan bagian penutup berupa kesimpulan tentang hasil perbandingan dari setiap metode fusi informasi yang dibahas pada makalah ini.

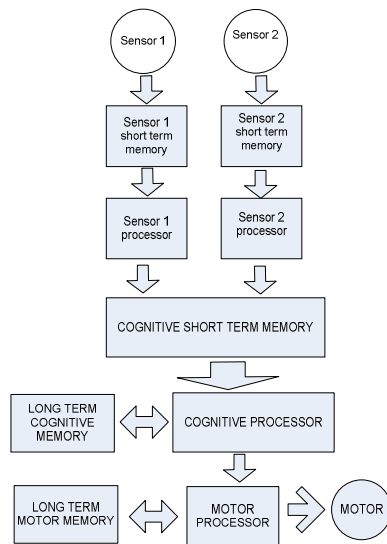
## 2. KAJIAN TEORI

### 2.1. Konsep Cognitive Processor

*Cognitive Processor* adalah sebuah prosesor yang mampu mengemulasikan cara kerja otak dalam memproses informasi, yang berkaitan dengan proses penginderaan (*sensing*), perasa (*perceive*) dan interaksi (*interact*) dengan organ-organ yang lain. Ilustrasi penggunaan *Cognitive Processor* dalam suatu model *Human Modelling Processor* (HMP) ditunjukkan dalam Gambar 4. Dalam ilustrasi tersebut ditunjukkan bahwa *Cognitive Processor* bersama dengan memory digunakan untuk mengolah masukan-masukan dari sensor dan mengubahnya menjadi sinyal untuk menggerakkan sistem tersebut.

HMP sendiri dikembangkan pertama kali oleh Card, S.K., Moran T.P., & Newell, A pada tahun 1983. Konsep ini

memodelkan bagaimana cara kerja sebuah komputer yang dilengkapi dengan sensor, komponen memori dan aktuator, supaya bisa bekerja seperti cara otak manusia bekerja. Menurut mereka, suatu HMP memiliki 3 komponen penting yaitu : *perceptual system*, *motor system* dan *cognitive system* [Card, Moran, and Newell, 1983]. *Perceptual system* terdiri dari sensor dan komponen memori pendukungnya, misalnya sebuah sensor visual memerlukan sebuah *buffer* memori untuk menyimpan keluaran dari sensor tersebut, sebelum keluarannya menuju ke proses berikutnya. *Cognitive system* bertugas menerima informasi dari memori sensor yang ada, dan membandingkan data yang diterima dengan data yang sebelumnya sudah tersimpan dalam komponen *long-term memory* yang dimiliki *cognitive system*, dan membuat keputusan bagaimana merespon hasil perbandingan tersebut. *Motor system* bertugas untuk melakukan eksekusi dari respon yang dikeluarkan oleh bagian *cognitive system*, berupa aksi pergerakan sesuai dengan permintaan dari bagian *cognitive system*. Gambar 1. Menunjukkan blok diagram dari suatu sistem *Human Modelling Processor (HMP)*.



**Gambar 1. Blok diagram Cognitive Processor HMP**

Penjelasan fungsi masing-masing bagian adalah sebagai berikut :

Tahapan awal adalah menerima data dari sensor kemudian menyimpannya dalam *short-term memory*. Setiap sensor masing-masing memiliki sistem pemrosesan data, sesuai dengan jenisnya. Misalnya, jika sensornya berupa sensor audio, maka diperlukan sistem untuk memproses data audio tersebut. Jika informasi yang diterima diperlukan untuk proses selanjutnya maka hasil masukan dari sensor diproses oleh ke langkah berikutnya. Jika tidak maka informasi tersebut akan disimpan hanya dalam jangka waktu tertentu saja dan selanjutnya akan terhapus (*decay*). *Short term memory* ini hanya dapat menyimpan data dalam waktu yang singkat dan memiliki kapasitas terbatas

Setelah masukan dari sensor diproses maka hasil proses tersebut di simpan dalam *cognitive short-term memory*. Proses ini hanya berlangsung sepersekian detik setelah input dari sensor diterima. Pada proses ini yang terjadi adalah informasi yang diterima dari masing-masing sensor dikombinasikan untuk diambil suatu kesimpulan.

Kapasitas dari *cognitive short-term memory* ini terbatas dan hanya dapat menampung beberapa data saja, karena pada prinsipnya proses dalam tahapan ini hanya untuk menyimpan data secara sementara sebelum dianalisis apakah informasi/data yang ada layak disimpan/diolah sebagai informasi yang benar atau tidak (lihat tahap selanjutnya). Pada bagian ini akan terjadi proses penggabungan informasi tahap pertama.

Hasil penggabungan informasi dari *short-term cognitive memory*, selanjutnya masuk ke bagian *cognitive processor*. Pada tahap ini *cognitive processor* mengambil informasi dari *long-term cognitive memory* dan kembali melakukan penggabungan informasi dari *short-term memory* dan *long-term memory* untuk menganalisa kesimpulan apa saja yang dapat diambil dari dari penggabungan informasi tersebut. Jika kesimpulan tersebut layak disimpan dan bisa menjadi informasi baru maka informasi baru tersebut akan disimpan dalam *long-term memory*. Pada bagian ini akan terjadi proses penggabungan informasi tahap ke dua, yaitu penggabungan informasi dari *cognitive processor* dan dari *long term cognitive memory*.

Proses pada *Actuator* dan *Long Term Memory Motor* adalah bagian terakhir dari sistem HMP. Pada bagian ini hasil dari penggabungan informasi keluar sebagai informasi untuk pergerakan motor (*actuator ; muscle*). Informasi dari *cognitive processor* masuk ke Motor processor, untuk menggerakkan motor (*muscle*). *Motor processor* seperti halnya *Cognitive processor* juga mempunyai *Long-term memory motor* untuk menyimpan setiap pergerakan/aktivitas motor tersebut, sehingga suatu saat jika motor tersebut harus melakukan pekerjaan yang sama /perulangan yang lama, maka prosesnya dapat langsung dilakukan tanpa harus melalui proses pembelajaran dari awal lagi, karena informasi yang ada cukup diambil dari *Long-term memory motor*.

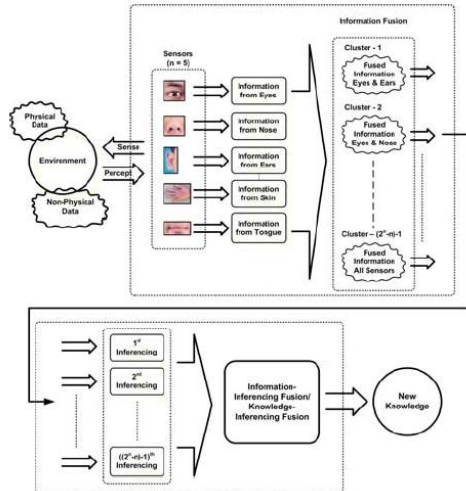
## 2.2. Konsep Knowledge Growing System (KGS)

Pada dasarnya KGS adalah suatu sistem yang mempunyai kemampuan untuk menumbuhkan pengetahuan yang dimilikinya berdasarkan informasi yang diterimanya dalam setiap berjalannya waktu. Konsep dari KGS muncul dari hasil pengamatan mekanisme cara kerja otak manusia pada saat melakukan penggabungan informasi (*information fusion*) untuk memperoleh pengetahuan yang baru [A.D.W. Sumari, A.S. Ahmad, A.I. Wuryandari dan J. Sembiring 2009]. Untuk lebih memahami bagaimana mekanisme dari sistem ini, maka dibuat suatu pemodelan HIS (*Human Inference System*) yang merupakan ilustrasi dari cara kerja dari otak manusia dalam melakukan pengambilan kesimpulan (*inference*) dari penggabungan informasi (*information fusion*) yang diterima dari masing-masing indera.

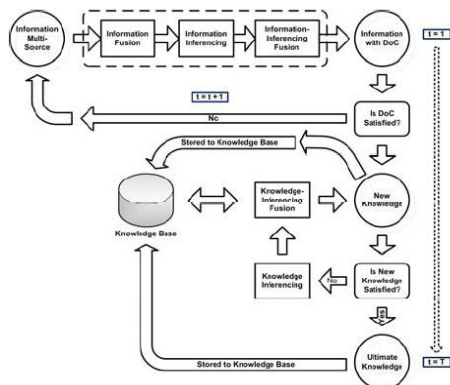
Dari ilustrasi yang ditunjukkan dalam Gambar 2, proses untuk memperoleh pengetahuan baru yang didapat dari informasi fenomena yang didapat dari sensor (panca indera) dapat diperoleh setelah melewati tahap-tahap berikut : penggabungan informasi (*information fusion*), pengambilan kesimpulan (*information inferencing*) dan penggabungan kesimpulan-kesimpulan menjadi suatu kesimpulan akhir (*information-inferencing fusion*). Konsep HIS ini menjadi dasar dari mekanisme *Knowledge Growing System (KGS)* seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 3.

Setiap hasil penggabungan informasi mempunyai hasil kesimpulan berupa data-data yang didapat dari masing-masing sensor. Kesimpulan tersebut kemudian diuji melalui proses *Degree of Certainty (DoC)* untuk melihat apakah hasilnya

dianggap dapat mendeskripsikan fenomena apa yang terjadi. DoC pada dasarnya adalah sebuah perhitungan matematis berupa hipotesa yang paling memungkinkan dari semua alternatif yang ada. Jika memenuhi syarat maka kesimpulan tersebut dapat menjadi pengetahuan baru (*New Knowledge*). Jika tidak, maka proses akan kembali berulang setelah sistem menerima data atau informasi baru.



Gambar 2. Ilustrasi HIS [A.D.W. Sumari, A.S. Ahmad, A.I. Wuryandari dan J. Sembiring 2009 ]



Gambar 3. Mekanisme KGS [Sumari. et.all. 2009]

Jika sudah memperoleh kesimpulan berupa pengetahuan baru, maka pengetahuan ini akan disimpan dalam data base pengetahuan (*knowledge database*). Setiap pengetahuan baru yang muncul, akan digabungkan sehingga menjadi gabungan dari beberapa pengetahuan (*knowledge informasi fusion*). Proses ini akan terus berulang sampai sistem KGS menghasilkan suatu pengetahuan yang utuh (*ultimate knowledge*).

### 3. KAJIAN TENTANG METODI FUSI INFORMASI

Definisi formal tentang Fusi Informasi menurut *International Society of Information Fusion (ISIF)* adalah :

“Integrasi yang sinergis dari sekumpulan informasi yang didapat dari beberapa sumber yang berbeda, tentang perilaku

suatu sistem, dimana hasil dari integrasi informasi tersebut dapat digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan dan aksi terkait untuk sistem tersebut “ [www.isif.org].

Pada dasarnya fusi informasi adalah proses penggabungan informasi sehingga dihasilkan suatu kesimpulan (*inference*) berupa informasi baru [Hall, Liggins, Martin and Llinas 2009]. Manusia dan makhluk hidup lainnya memiliki kemampuan dasar untuk melakukan fusi informasi melalui indera yang dimiliki. Sebagai contoh, manusia dapat mengenali orang lain yang sudah dikenalnya tanpa harus melihat wajahnya. Manusia dapat mengenali seseorang dari suaranya, bentuk tubuhnya atau dari informasi yang lain.

Beberapa metode fusi informasi yang sudah dikembangkan dalam beberapa penelitian yang dilakukan oleh para peneliti sebelumnya yang akan dibahas pada makalah ini adalah sebagai berikut :

#### A. Artificial Neural Network (ANN) dan Algoritma Back Propagation (BP)

Jaringan Saraf Tiruan (JST) atau *Artificial Neural Network (ANN)* merupakan salah satu cabang dari AI (*Artificial Intelligence*). JST telah dikembangkan sejak tahun 1940. Pada tahun 1943 McCulloch dan W.H.Pitts memperkenalkan model matematis neuron. Tahun 1949, Hebb mencoba mengkaji proses belajar yang dilakukan oleh neuron. Teori ini dikenal sebagai Hebbian Law. Tahun 1958, Rosenblatt memperkenalkan konsep *perceptron* suatu jaringan yang terdiri dari beberapa lapisan yang saling berhubungan melalui umpan maju (*feed forward*). Konsep ini dimaksudkan untuk memberikan ilustrasi tentang dasar-dasar intelegensi secara umum. Hasil kerja Rosenblatt yang sangat penting adalah *perceptron convergence theorem* (1962) yang membuktikan bahwa bila setiap *perceptron* dapat memilah-milah dua buah pola yang berbeda maka siklus pelatihannya dapat dilakukan dalam jumlah yang terbatas.

Pengertian *Backpropagation* merupakan sebuah metode sistematis pada jaringan saraf tiruan dengan menggunakan algoritma pembelajaran yang terawasi dan biasanya digunakan oleh *perceptron* dengan banyak layer untuk mengubah bobot-bobot yang ada pada lapisan tersembunyinya [Russell and Norvig, 2002]. *Backpropagation* adalah pelatihan jenis terkontrol dimana menggunakan pola penyesuaian bobot untuk mencapai nilai kesalahan yang minimum antara keluaran hasil prediksi dengan keluaran yang nyata [Pandjaitan, 2007]

Proses pembelajaran pada JST dapat dilihat sebagai proses dari fusi informasi. Dengan mengaplikasikan algoritma BP, dan mengatur pembobotan lapisan dan nilai *threshold* maka hubungan informasi antara masukan dan keluaran dapat dideskripsikan. Liu Dong (2010) melakukan metode ini untuk melakukan uji coba pada sistem robot untuk menghindari rintangan.

Pada penelitian ini Robot yang diuji dioperasikan ke suatu lingkungan dengan tingkat komplikasi rintangan tertentu. Robot dilengkapi dengan beberapa sensor infrared dan ultrasonic. Pada pengujian ini digunakan 11 sensor yang diletakan di depan robot. Langkah pertama adalah dengan cara melakukan penggabungan data (data fusi) dari sensor ultrasonic dan sensor infrared. Berdasarkan karakteristik dari ultrasonic dan infrared, dilakukan pendeskripsian aturan-aturan untuk dapat mengidentifikasi data hasil penggabungan. Aturan-aturan itu mengacu pada jarak masing-masing sensor baik infrared dan ultrasonic dengan rintangan.

Aturan-aturan yang dideskripsikan untuk fusi data dari sensor ultrasonic dan infrared :

1. Jika hasil dari infrared adalah 1, apapun hasil keluaran dari ultrasonic, hasil keluaran ditentukan sebesar 10 cm (mengacu pada rintangan terdekat)
2. Jika hasil dari sensor infrared adalah 0, dan hasil dari ultrasonic menunjukkan 20 – 300 cm maka hasil keluaran diambil dari data ultrasonic
3. Jika sensor infrred adalah 0 dan hasil dari ultrasonic adalah 300, maka data yang diambil adalah 300 cm (mengacu pada rintangan pada jarak diatas 300 cm)

Selanjutnya adalah mendapatkan hasil penggabungan data dari semua sensor. Langkah ini disebut tahapan fusi informasi ke 2. Pada pergerakannya, Robot perlu menentukan dimana posisi dari rintangan, apakah pada posisi kiri depan, kanan depan, kiri atau kanan. Untuk keperluan akurasi informasi, maka informasi dari 11 sensor tersebut diadopsi untuk mendapatkan hasil yang komprehensif. Karena adanya permasalahan ketidak pastian dari bentuk rintangan, maka diambil data dari masing-masing 3 sensor dari beberapa arah, contoh, untuk posisi kanan depan diambil dari titik 4,5,6. Untuk posisi kiri depan diambil dari titi 2,3,4, dan seterusnya.

Pada algoritma BP Neural Network, pada saat tahapan informasi ke 2, untuk melakukan adaptasi masukan neural network, maka dilakukan pengklasifikasian informasi jarak yang sudah dikumpulkan oleh komponen sensor pada Robot. Klasifikasi itu adalah :

- Dekat , diklasifikasikan sebagai integer '1'
- Jauh , diklasifikasikan sebagai integer '2'
- Sangat jauh diklasifikasikan sebagai integer '3'

Sedangkan informasi arah juga diklasifikasikan sebagai berikut :

- Jalan lurus, diklasifikasikan sebagai integer '1'
- Belok kanan 45°, diklasifikasikan sebagai integer '2'
- Belok kanan 90°, diklasifikasikan sebagai integer '3'
- Belok kiri 45°, diklasifikasikan sebagai integer '4'
- Belok kiri 90°, diklasifikasikan sebagai integer '5'
- Belok kanan 135°, diklasifikasikan sebagai integer '6'

Data tersebut menjadi masukan bagi algoritma BP NN sebagai data training. Makalah ini membuktikan bahwa Robot dapat melewati rintangan secara real time.

### B. Adaptive Neuro- Fuzzy Inference Sytem (ANFIS)

Konsep ANFIS dikemukakan oleh J.S.R Jang (1997). Pada dasarnya ANFIS adalah sebuah metode penggabungan dari JST dan logika Fuzzy. Metode ini menggabungkan karakteristik dari JST dan Fuzzy Logic, dan juga mengeliminasi beberapa kekurangan dari kedua metode tersebut, saat masing-masing digunakan sebagai metode yang berdiri sendiri. Sistem inferensi fuzzy yang digunakan adalah sistem inferensi fuzzy model Tagaki-Sugeno-Kang (TSK) orde satu dengan pertimbangan kesederhanaan dan kemudahan komputasi. Keunggulan system inference fuzzy adalah dapat menerjemahkan pengetahuan dari pakar dalam bentuk aturan-aturan, namun biasanya dibutuhkan waktu yang lama untuk menetapkan fungsi keanggotaannya.

Karena ANFIS merupakan kombinasi dari JST dan Logika Fuzzy, maka metode ini mampu mengatasi

permasalahan pengambilan keputusan yang kompleks dan tidak linear. Walaupun target tidak diberikan, ANFIS dapat mencapai hasil yang optimal dalam waktu yang singkat. Hamdi Atmaca, Bayram Cetisli dan H. Servan Yavuz (2001) melakukan perbandingan antara metode Fuzzy, JST dan ANFIS dalam aplikasi pengumpulan data pemakaian bahan bakar. Dari hasil pengujian, metode ANFIS menunjukkan tingkat kesalahan yang kecil dibandingkan dengan metode Logika Fuzzy dan JST dikarenakan metode ini menggabungkan beberapa kelebihan JST dan logika Fuzzy.

Percobaan tersebut memakai dua tipe data yaitu *training* dan *checking data*. Pada *training data* ANFIS memberikan hasil kesalahan minimum dibandingkan JST dan Fuzzy. Hasil pada data *training* menunjukkan metode ANFIS memiliki kesalahan yang sedikit lebih besar daripada JST, yang dikarenakan terbatasnya data ujicoba.

Logika Fuzzy memberikan hasil yang paling buruk. Hal ini disebabkan pada saat uji coba besar nilai aturan dan fungsi yang keanggotaan dibatasi nilainya pada besar tertentu. Jika lebih banya nilai keanggotaan (*membership variable*) yang diberikan, maka ada kemungkinan kesalahan dapat dikurangi.

### C. Metode Fusi Informasi Berbasis Knowledge Growing System (KGS)

Salah satu fenomena yang terjadi pada sistem kecerdasan manusia adalah kemampuan untuk menambah pengetahuannya dengan mempelajari hal-hal baru yang terjadi di sekelilingnya berdasarkan pengalaman-pengalaman yang diperolehnya (*Knowledge Growing*). Dengan menggunakan metode-metode yang ada dalam bidang AI, telah dikembangkan suatu sistem yang dapat mengemulasikan cara kerja intelegensia manusia dalam menambah pengetahuannya. Sistem ini dinamakan *Knowledge Growing System* (KGS), yang telah dikembangkan oleh Arwin Datumaya, Adang Suwandi Ahmad, Aciek Ida, dan Jaka Sembiring pada tahun 2009.

Di dalam otak, masukan berupa informasi dari masing-masing panca-indra tersebut kemudian mengalami proses penggabungan (fusi) untuk menghasilkan suatu informasi baru yang digunakan sebagai dasar pengetahuan untuk mengambil suatu tindakan. Selanjutnya informasi tersebut digabungkan dengan pengetahuan yang sudah dimiliki sebelumnya (*prior knowledge*) untuk menghasilkan pengetahuan yang lebih lengkap (*posterior knowledge*). Pengetahuan ini kemudian dibandingkan dengan pengetahuan yang telah terlebih dahulu disimpan dalam otak untuk menghasilkan satu kesimpulan (*inferencing*) mengenai fenomena yang dirasakan oleh indera-inderanya tersebut. Kesimpulan ini akan menjadi dasar pengambilan keputusan atau tindakan yang akan dilakukan terhadap fenomena tersebut.

Cara manusia dalam mendapatkan pengetahuan bisa dilakukan dengan cara pembelajaran langsung dan secara probabilistik. Proses berpikir melibatkan pencarian dan pemilihan dari semua jawaban yang mungkin ada. Ketika bekerja, otak manusia membangun hipotesa yang paling memungkinkan dari semua alternatif jawaban yang ada. Hal ini disebut juga dengan Derajat Keyakinan (*Degree of Certainty*, DoC).

Di dalam bidang Artificial Inteligent (AI), metode pengambilan keputusan (*inference method*) yang paling sering digunakan adalah metode *Bayes Inference Method* (BIM) dimana metode ini didasarkan pada aturan probabilitas Bayes yang dirumuskan sebagai berikut :



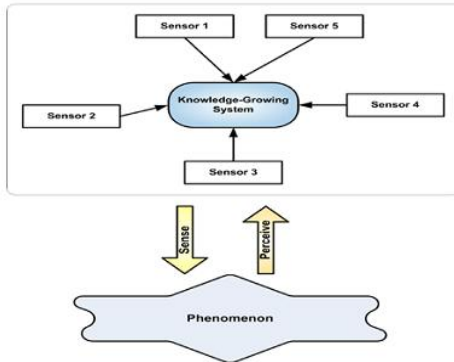
$$P(B_j | A) = \frac{P(A | B_j)P(B_j)}{\sum_j P(A | B_j)P(B_j)} \quad (1)$$

dimana :

$P(B_j|A)$  : kemungkinan terjadinya keadaan B jika A terjadi (posterior probability)

$P(A|B_j)$  : kemungkinan terjadinya keadaan A saat B terjadi (prior probabiliy)

$P(B_j)$  : Seluruh kemungkinan terjadinya keadaan B



Gambar 4. Ilustrasi Pengolahan Informasi Metode KGS

[ADW Sumari.et.all . 2012]

Metode BIM selanjutnya digabung dengan metode Maximum A Posteriori (MAP) untuk menghasilkan kesimpulan berdasarkan fenomena yang diamati. Hasil penggabungan BIM dan MAP menghasilkan persamaan berikut :

$$P(A_i | B_1, B_2, \dots, B_m) = P(A_i | B_j) = \frac{P(B_j | A_i)P(A_i)}{P(B_j)} \quad (2)$$

dimana :

$i = 1, 2, \dots, n$  adalah jumlah hipotesa

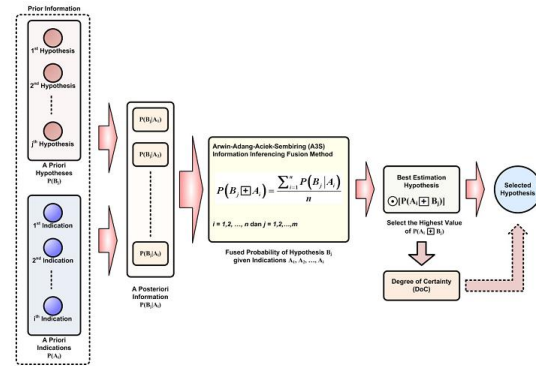
$j = 1, 2, \dots, m$  adalah jumlah informasi-informasi yang berkaitan.

Yang kemudian disempurnakan lagi untuk menghasilkan persamaan berikut

$$P(A \oplus B_j)_{est} = \frac{\max_{i=1, \dots, n} \sum_{j=1}^m P A_i | B_j}{j} \quad (3)$$

Dimana persamaan (3) disebut sebagai metoda fusi penginferensian informasi A3S (ArwinAdang-Aciek-Sembiring) . Metoda ini murni dikembangkan dari hasil observasi pada kecerdasan manusia dalam menfusikan informasi yang diterima oleh panca inderanya. Cara manusia dalam mengumpulkan informasi-informasi yang berkaitan dapat dikatakan sebagai pembelajaran akumulatif (*accumulative learning*) yakni memfusikan informasi-informasi yang berkaitan guna menjadi informasi tunggal yang lengkap sebagaimana yang dimodelkan oleh metoda A3S pada Persamaan (3). Gambaran mekanisme fusi informasi metode A3S dapat dilihat dalam Gambar 5.

Adapun hasil pengolahan fusi informasi dengan metode ini dibuktikan dengan hasil yang terdapat pada tabel 1.

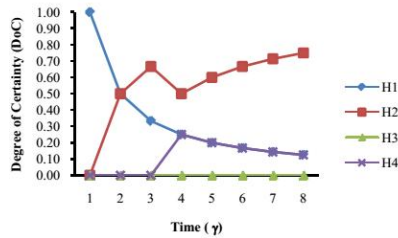


Gambar 5. Mekanisme Fusi Informasi metode A3S [ADW Sumari.et.all . 2009]

Tabel 1. Hasil hipotesis pengolahan informasi fusi yang didapat dari sensor

i-th observation time	i-th information from Sensors	Multi-Hypothesis			
		H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>4</sub>
γ <sub>1</sub>	S <sub>1</sub>	1	0	0	0
	S <sub>2</sub>	1	0	0	0
	S <sub>3</sub>	0	0	0	0
	S <sub>4</sub>	0	0	0	0
γ <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	0	1	0	0
	S <sub>2</sub>	0	1	0	0
	S <sub>3</sub>	0	0	0	0
	S <sub>4</sub>	0	0	0	0
γ <sub>3</sub>	S <sub>1</sub>	0	1	0	0
	S <sub>2</sub>	0	1	0	0
	S <sub>3</sub>	0	0	0	0
	S <sub>4</sub>	0	0	0	0
γ <sub>4</sub>	S <sub>1</sub>	0	0	0	0
	S <sub>2</sub>	0	0	0	1
	S <sub>3</sub>	0	0	0	1
	S <sub>4</sub>	0	0	0	0
γ <sub>5</sub>	S <sub>1</sub>	0	1	0	0
	S <sub>2</sub>	0	1	0	0
	S <sub>3</sub>	0	1	0	0
	S <sub>4</sub>	0	0	0	0
γ <sub>6</sub>	S <sub>1</sub>	0	0	0	0
	S <sub>2</sub>	0	1	0	0
	S <sub>3</sub>	0	1	0	0
	S <sub>4</sub>	0	0	0	0
γ <sub>7</sub>	S <sub>1</sub>	0	1	0	0
	S <sub>2</sub>	0	1	0	0
	S <sub>3</sub>	0	1	0	0
	S <sub>4</sub>	0	0	0	0
γ <sub>8</sub>	S <sub>1</sub>	0	1	0	0
	S <sub>2</sub>	0	1	0	0
	S <sub>3</sub>	0	1	0	0
	S <sub>4</sub>	0	0	0	0

Hasil pengolahan hipotesis-hipotesis tersebut dengan metode A3S menghasilkan grafik seperti ditunjukkan dalam Gambar 6.



**Gambar 6. Pengolahan data A3S dalam mengolah hipotesis berdasarkan waktu pengamatan.**

Dari Tabel 1 dan dari grafik pada Gambar 6, dapat dilihat bahwa dengan menggunakan metode A3S, sistem dapat melakukan fusi informasi dan pengambilan hipotesis seiring dengan berjalannya waktu. Pada grafik tersebut juga ditunjukkan bahwa pada hipotesis ke 2 (H<sub>2</sub>) sistem dapat melakukan penumbuhan pengetahuannya dibandingkan dengan hipotesis yang lain, seiring dengan berjalannya waktu, yang dibuktikan dengan peningkatan nilai DoC.

Dari hasil pengamatan beberapa metode tersebut maka dapat dibuat tabel perbandingan sebagai berikut :

**Tabel 2 Perbandingan Metode Information Fusion dari hasil penelitian sebelumnya**

Metode	Karakteristik	Kapabilitas	Keterbatasan
ANN – BP	Proses pembelajaran pada NN dapat dilihat sebagai proses dari fusi informasi dengan mengaplikasikan algoritma BP	Dapat melakukan fusi informasi yang didapat sebagai data training untuk pembobotan jaringan NN	Masih membutuhkan training dan pembobotan sehingga tidak memungkinkan untuk melakukan pengembangan knowledge secara real time. Belum membahas tentang validasi data yang mengalami proses fusi
ANFIS	Metode ini menggabungkan karakteristik dari JST dan Fuzzy Logic, dan juga mengeliminasi beberapa kekurangan dari kedua metode tersebut	Dapat menyelesaikan permasalahan kompleksitas dan ketidak-linear-an dikarenakan merupakan penggabungan dari JST dan Fuzzy Logic	Masih membutuhkan training dan pembobotan sehingga tidak memungkinkan untuk melakukan pengembangan knowledge secara real time. Belum membahas bagaimana mengolah fusi data yang kompleks
Informasion Fusion berbasis KGS	Mengadopsi cara kerja otak manusia dalam mengumpulkan informasi-informasi yang berkaitan. Dikatakan sebagai pembelajaran akumulatif ( <i>accumulative learning</i> ) yakni memfuskikan informasi-informasi yang berkaitan guna menjadi informasi tunggal yang lengkap ( <i>ultimate knowledge</i> )	Metode A3S yang membangun sistem ini memungkinkan untuk mengolah data dari berbagai hipotesa yang berbeda, parameter yang berbeda, dan terbukti dapat memecahkan permasalahan dalam kehidupan nyata, yang membutuhkan parameter yang cukup banyak	Metode yang masih baru dikembangkan sehingga pengaplikasiannya masih terbatas.

#### 4. PENUTUP

Makalah ini mencoba menjelaskan tentang konsep dari suatu cognitive processor dan pengembangan konsep KGS dan metode fusi informasi untuk mendukung rancang bangun processor tersebut. Berdasarkan kajian perbandingan metode fusi yang ada, metode Fusi Informasi berbasis KGS dengan metode A3S adalah metode yang paling mendekati cara kerja otak manusia dalam melakukan pengambilan kesimpulan dari penggabungan data. Oleh karena itu bisa dikatakan algoritma fusi informasi A3S dapat digunakan untuk mendesain suatu cognitive processor.

Masih diperlukan studi lebih lanjut untuk mendalami bagaimana arsitektur dari cognitive processor dan fungsi dari cognitive processor yang akan dirancang untuk memilih metode information fusion yang akan digunakan.

#### 5. REFERENSI

- [1] A.D.W. Sumari, A.S. Ahmad, A.I. Wuryandari dan J. Sembiring. 2009. Sistem Fusi Informasi Berbasis Agen-Agen Kolaboratif untuk Misi-Misi Strategis. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Aplikasinya (SENTIA2009)*. Politeknik Negeri Malang, 12-13 Maret. Malang, pp. F67-F72, ISSN 977-208-5234-00-7
- [2] A.D.W. Sumari, A.S. Ahmad, A.I. Wuryandari dan J. Sembiring. 2009. A New Information-Inferencing Fusion Method for Intelligent Agents. *International Conference on Electrical Engineering and Informatics*. 5-7 August . Selangor, Malaysia, pp. 93 - 97; ISBN: 978-1-4244-4913-2
- [3] A.D.W. Sumari, A.S. Ahmad, A.I. Wuryandari, dan Jaka Sembiring. 2010. Constructing Brain-Inspired Knowledge Growing System: A Review and A Design Concept. *International Conference on Distributed Frameworks for Multimedia Applications (DFMA)*. Yogyakarta 2-3 Agustus. pp. 1- 7, ISBN 978-1-4244-9335-7
- [4] A.D.W. Sumari, A.S. Ahmad, A.I. Wuryandari dan J. Sembiring. 2012. *Brain-inspired Knowledge Growing-System: Towards A True Cognitive Agent*. *International Journal of Computer Science & Artificial Intelligence (IJCSAI)*. Vol. 2, No. 1, 30 Maret, World Academic Publishing, pp. 26-36, ISSN 2226-4450 (Online), 2226-4469 (Print)
- [5] A.D.W. Sumari. 2010. Sistem Berpengetahuan-Tumbuh: Satu Perspektif Baru dalam Kecerdasan Tiruan. *Doctor of Electrical Engineering and Informatics Dissertation*, School of Electrical Engineering and Informatics. Institut Teknologi Bandung. Bandung
- [6] A.D.W. Sumari .2010. Knowledge-Growing System Basics: A Review on Human Thought Models for Building An Intelligent Agent. *Proceedings of Conference on Information Technology and Electrical Engineering 2010 (CITEE2010)*. Gajah Mada University. Yogyakarta
- [7] A.M. Djafari. 2002. Bayesian Approach for Data and Image Fusion. [on-line]. Available : <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.19.9894>

- [8] Ahmed A. Jerraya, Aimen Bouchhima, Frédéric Pétro. 2006. Programming models and HW-SW interfaces abstraction for multi-processor So . pp. 280-285. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1146981>
- [9] Card, SK. Moran, T.P. and Newell, A. 1986. The Model Human Processor, An Engineering Model of Human Performance. *Handbook of perception and Human Performance* – University of Texas Arlington. pp. 1-35
- [10] Eduardo F. Nakamura, Antonio A. F. Loureiro. 2008. Information fusion in wireless sensor networks. *Proceedings of the 2008 ACM SIGMOD international conference on Management of data*. pp 1365-1372, ISBN 978-1-60558-102-6
- [11] Hall, David, Liggins, Martin E. and Llinas, James . 2009. *Handbook of Multisensor Data Fusion, Theory and Practice*. 2nd Ed, CRC Press-Taylor & Francis Group.
- [12] Hamdi Atmaca, Bayram Cetiçli, H. S. Yavuz. The Comparison of Fuzzy Inference Systems and Neural Network Approaches with ANFIS Method for Fuel Consumption Data. [On-line]. Available : [http://radio.ir/sitepics/advertise/949041438f187f643090a53e\\_ek.pdf](http://radio.ir/sitepics/advertise/949041438f187f643090a53e_ek.pdf)
- [13] Hayek, A.et.all. 2012. FPGA-based wireless sensor network for safety-related cognitive systems. *IX International Symposium on Telecommunications (BIHTEL)*. Sarajevo 25-27 Oct, pp. 1 – 6, E-ISBN : 978-1-4673-4874-4
- [14] Jangsik Cho, Kato S, Itoh H. 2007. Bayesian Based Inference of Dialogist Emotion for Sensitivity Robots. *Robot and Human interactive Communication (RO-MAN)*. Jeju 26-29 Agustus, pp.792-797, E-ISBN 978-1-4244-1635-6
- [15] L.W. Pandjaitan .2007. Dasar-Dasar Komputasi Cerdas, Yogyakarta: Andi Offset. 2007
- [16] Liu Dong. 2010. A Study On Multiple Information Fusion Technology in Obstacle Avoidance of Robots. *Second Pacific-Asia Conference on Circuits, Communication and System (PACCS)*. Beijing 1- 2 Agustus, pp. 171-174, ISBN 978-1-4244-7969-6
- [17] Michael Gschwind, Valentina Salapura, and Dietmar Maurer. 2001. FPGA prototyping of a RISC processor core for embedded applications. *IEEE Transaction On VLSI Systems*. Vol. 9, NO.2. pp 241-250, ISSN 1063-8210
- [18] Nithish Kumar V, Harsha Bhalavi, Lakshminarayanan G, and Mathini Sellathurai. 2013. FPGA based decision making engine for cognitive radio using genetic algorithm. *8th IEEE International Conference on Industrial and Information Systems (ICIIS)*. Peradeniya 17-20 December. pp. 633-636, ISBN 978-1-4799-0908-7
- [19] Salih. Muataz and Arshad .M.R. 2010. Design and Implementation of Embedded Multiprocessor Architecture Using FPGA. *IEEE Symposium on Industrial Electronics & Applications (ISIEA)*. Penang. 3-5 October. pp. 579-584. Print ISBN: 978-1-4244-7645-9
- [20] S.J. Russel and P. Norvig. 2002. *Artificial Intelligence: A Modern Approach* “2<sup>nd</sup> Edition, New Jersey: Prentice-Hall.
- [21] T. Munakata. 2008. *Fundamentals of the New Artificial Intelligence: Neural, Evolutionary, Fuzzy, and More* 2<sup>nd</sup> Edition. London: Springer-Verlag
- [22] Waleed A. Abdulhafiz and Alaa Khamis. 2013. Bayesian Approach to Multisensor Data Fusion with Pre- and Post-Filtering. *10th IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control (ICNSC)*. Evry 10-12 April 2013, pp. 373-378, E-ISBN :978-1-4673-5199-7.
- [23] Wei-Guo Tong,.et.all. 2006. A Study On Model Of Multisensor Information Fusion And Its Application. *Proceedings of the Fifth International Conference on Machine Learning and Cybernetics*. Dalian, 13-16 August, pp. 3073-3077. ISBN 1-4244-0061-9
- [24] Xiaochuan Zhao, Qingsheng Luo and Baoling Han. 2008. Survey on Robot Multi-sensor Information fusion Technology. *Proceedings of the 7th World Congress on Intelligent Control and Automation*. Chongqing, June 25 – 27. pp. 5019-5123. ISBN 978-1-4244-2113-8
- [25] Xin Liu,.et.all. 2013. A 457-nW cognitive multi-functional ECG processor. *Solid-State Circuits Conference (A-SSCC) IEEE Asian*. Singapore 11-13 November. pp. 141-144, ISBN 978-1-4799-0277-4