

## Implementasi Kontrol Mobile Robot menggunakan Sinyal EEG dengan Algoritma Behaviour-Based

<sup>1</sup>One Setiaji, <sup>2</sup>Ali Husein A., <sup>3</sup>Bima Sena BD., Virnanda, Ardiansyah  
Politeknik Elektronika Negeri Surabaya – ITS  
Kampus ITS Sukolilo Surabaya 60111  
Tilp. +62 31 5947280, Fax: +62 31 5946114  
e-mail: pens@ceepis-its.edu, URL: http://www.ceepis-its.edu  
<sup>1</sup>onesetiaji@ceepis-its.edu, <sup>2</sup>ali@ceepis-its.edu, <sup>3</sup>bima@ceepis-its.edu

### Abstrak

Penggunaan sinyal EEG sebagai sinyal kontrol untuk mobile robot adalah hal yang menarik untuk dipelajari. Namun pengolahan sinyal EEG tersebut memerlukan waktu yang relatif lama untuk menghasilkan sinyal perintah ke robot, maka dikhawatirkan robot akan menabrak halangan yang ada pada lingkungannya sebelum sempat menerima sinyal perintah.

Diperlukan sebuah algoritma yang akan memungkinkan agar mobile robot yang didesain untuk dapat dikontrol baik oleh sensor infra-merah dan sinyal EEG, metode yang digunakan adalah behaviour-based method. Dalam metode ini dikenal penggunaan hierarki untuk menentukan tingkatan dari setiap sumber perintah yang di gunakan dan dalam hal ini ditetapkan sensor infra-merah di atas sinyal EEG sehingga dapat menentukan aksi dengan cepat bila dua sumber perintah aktif secara bersamaan.

Dalam penggunaan algoritma behaviour based dapat disimpulkan bahwa behaviour-based sangat proaktif dan reaktif terhadap perubahan dinamik lingkungan namun dengan menggunakan algoritma ini dari sudut pandang programmer akan sulit memprediksi apa yang akan dilakukan robot di lingkungannya.

**Kata kunci:** EEG (Electro Encephalograph), behaviour-based, hierarki

### 1. Pendahuluan

Teknologi dalam dunia robotika semakin berkembang dengan pesat dewasa ini. Dan hal ini mendorong manusia untuk semakin berpikir maju dan terus berkembang untuk menciptakan kreasi dalam dunia robotika yang lebih mutakhir.

Dalam riset ini akan dibahas mengenai algoritma mobile robot dengan konsep behaviour-based, dimana mobile robot ini akan dapat dikontrol baik oleh sinyal EEG dan sensor infra merah

dimana pada kondisi tidak ada halangan atau dinding robot akan bebas mengikuti perintah dari sinyal EEG. Penggunaan sinyal EEG ini didasarkan pada kebutuhan pengendalian motor untuk menggerakkan roda kursi roda untuk penderita lumpuh total dan hanya bisa menggunakan pikiran/otaknya saja. Maka untuk penelitian awal, konsep ini diaplikasikan untuk mengontrol mobile robot. Adapun cara kerja sinyal EEG adalah bila user(pemberi perintah) memikirkan arah kiri maka mobile robot akan bergerak ke kiri bila user berpikir tentang arah kanan maka secara otomatis robot akan bergerak ke arah kanan, akan tetapi bila robot mendeteksi adanya halangan maka robot akan secara otomatis mengabaikan perintah dari sinyal EEG dan akan menerima sinyal dari infra merah dalam bentuk menghindari halangan. Dimana sinyal EEG yang kita terima telah diproses terlebih dahulu di PC dan sudah dikenali sebagai satu bentuk perintah dan dikoneksikan secara serial dengan mikrokontroler yang ada pada mobile robot.

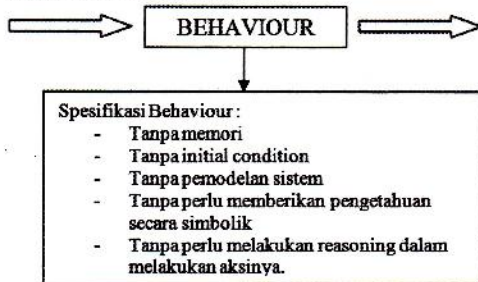
### 2. Tinjauan Pustaka

Robot yang menggunakan algoritma high-level control berbasis behaviour (tabiat, kelakuan) biasa disebut sebagai behaviour-based robot [1]. Algoritma ini adalah salah satu metode dalam *high-level control* yang relatif banyak digunakan dan diujicoba dewasa ini. Metode *behaviour-based* memiliki kelebihan antara lain mampu bekerja dengan baik dalam lingkungan yang dinamis. Misalnya untuk pengejaran objek pada ajang kontes Robo-soccer (Robot Sepak Bola) [4 hal 179].

Algoritma *behaviour-based* diturunkan dari sifat-sifat dasar makhluk hidup yang bertingkah laku sesuai dengan keadaan lingkungannya. Berdasarkan informasi dari panca indera tertentu, syaraf yang berhubungan dengan otot gerakan badan terkait akan mendapat stimuli dari otak sehingga akan memberikan suatu respon yang khas.

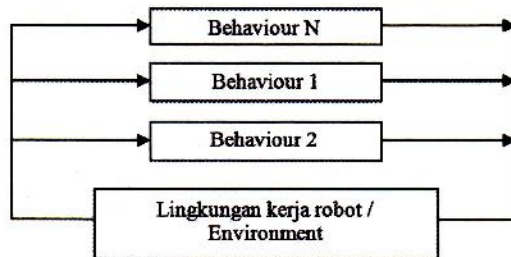
Seseorang akan dengan reflek menarik tangannya bila menyentuh bara api. Kita akan secara reflek menoleh bila seseorang memanggil nama kita. Termasuk, jika kita takut, kita akan mengambil langkah seribu jika kita dikejar anjing [4 hal 179].

Prinsip kerja algoritma *behaviour-based* digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1. Prinsip kerja algoritma *behaviour based*

Sedangkan struktur algoritma *behaviour-based* yang dikenal sebagai arsitektur *subsumption* (*subsumption architecture*) dapat diilustrasikan seperti dalam gambar di bawah ini:



Gambar 2. Arsitektur *subsumption* dalam BB control

Behaviour (1,2,3,...,N) didefinisikan sebagai tingkah laku robot "alami". Misalnya seperti jalan maju hingga menemukan halangan, belok kanan, belok kiri, mencari obyek, menuju dan menguasai obyek, mundur dan belok bila melanggar dinding, dan segala "aksi" yang dapat kita definisikan sebagai sebagai bentuk "tabiat dasar makhluk" jika menjumpai suatu permasalahan.

Setiap behaviour bergantung kepada stimuli yang diterimanya. Stimuli dalam robotik pada dasarnya adalah data-data berbagai macam sensor yang digunakan. Pada manusia, seperti yang kita ketahui, seluruh panca indera kita aktif 24 jam kecuali (mungkin) jika kita sedang tidur. Behaviour yang memiliki prioritas lebih tinggi dapat membatalkan aksi dari behaviour yang lebih rendah [1].

Misalnya, katakanlah kita memiliki tiga behaviour, yaitu berjalan, lari, dan memungut batu kemudian melemparkannya. Behaviour berjalan adalah kondisi normal tanpa stimuli. Lari didefinisikan sebagai kondisi normal tanpa stimuli. Lari didefinisikan sebagai behaviour bila ada anjing mengejar kita. Memungut batu dan melemparkannya ke anjing adalah behaviour yang distimuli oleh penglihatan mata. Jika dinyatakan dalam arsitektur *subsumption* susunan behaviour ini dapat diilustrasikan dalam gambar di bawah ini:



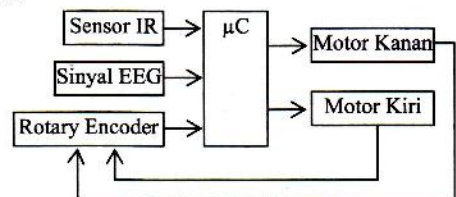
Gambar 3. Sebuah contoh arsitektur *subsumption*

Dari gambar di atas dalam keadaan normal, kita tidak melihat ada anjing yang mengejar, maka *subsumption* S1 akan memutuskan hubungan panah dari atas (S2). Jika ketika berjalan kita melihat ada anjing yang mengejar maka S1 akan melakukan *switching* dengan memutuskan panah dari kiri dan menyambung panah dari atas. Dalam kondisi ini keputusannya adalah lari. Jika pada saat kita lari melihat ada batu maka S2 akan memutuskan hubungan dari "lari", sehingga kita berhenti dan sebagai gantinya kita mengambil batu dan melemparkannya ke anjing yang mengejar. Jika melihat batu tapi tidak ada anjing yang mengejar kita akan tetap berjalan normal [4 hal 183].

### 3. Metodologi

#### 3.1 Sistem

Pada riset ini dibuat sebuah mobile robot yang dapat dikontrol baik dengan menggunakan sinyal EEG (*Electro Enchelograph*) dan sensor infra merah. Prosesor yang digunakan adalah mikrokontroler. Dalam hal ini gerak dari mobile robot sesuai dengan program yang dimasukkan pada mikrokontroler. Apakah mobile robot akan bergerak sesuai dengan sinyal EEG ataupun bergerak menghindari *obstacles* (halangan) sesuai dengan data yang diperoleh dari sensor infra merah, semua itu bergantung pada hierarki yang kita tetapkan sebelumnya. Sehingga mobile robot akan mengikuti sumber perintah dengan hierarki dengan yang paling tinggi.



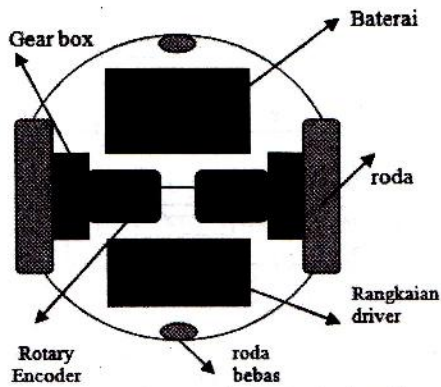


Gambar 4. Diagram blok sistem

### 3.2 Perangkat Keras

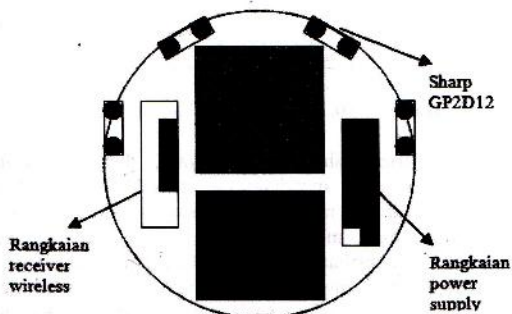
Badan robot dibentuk dari bahan *acrylic* dengan tebal 5 mm yang dibentuk lingkaran dengan diameter 20 cm dan disusun dua tingkat. Pada bagian bawah terdiri dari mekanik mobile robot yang terdiri dari motor DC, gear box dan roda yang dikopel dengan rotary encoder, rangkaian mekanik dan baterai untuk supply robot.

Roda yang digunakan pada robot adalah roda yang biasa digunakan pada mainan remote control dengan diameter roda 6 cm dan lebar 1,8 cm dengan bahan permukaan karet.



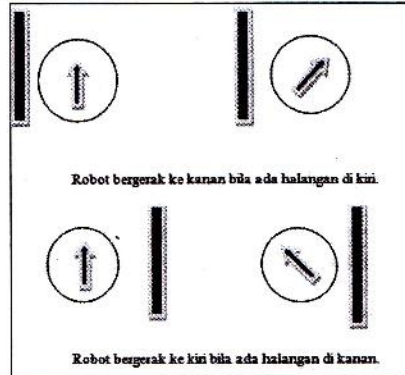
Gambar 5. Skema mekanik bagian bawah

Pada tingkat yang kedua terdiri dari rangkaian mikrokontroler, Power Supply, Rangkaian receiver ASK RWS UHF sebagai penerima komunikasi nirkabel dan 4 buah sensor infra merah sharp GP2D12. Pada Badan robot tingkat ini juga dibuat dari bahan *acrylic* 5 mm dengan diameter 20 cm.



Gambar 6. Skema mekanik bagian atas

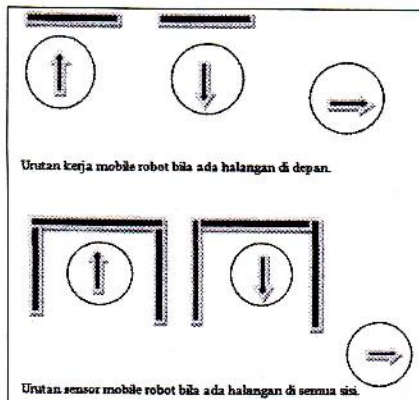
Gambar di bawah ini merupakan ilustrasi kerja dari robot berdasarkan data dari sensor infra-merah bila dideteksi halangan di sebelah kanan robot maka robot akan bergerak ke arah kiri dan sebaliknya bila halangan dideteksi berada di sebelah kiri maka mobile robot akan bergerak ke arah kanan.



Gambar 7. Contoh pergerakan mobile robot

Jika sensor mendeteksi halangan di arah depan ataupun terperangkap dalam suatu kondisi di mana semua sensor mendeteksi adanya halangan, untuk menjawab pertanyaan ini kita dapat menggunakan algoritma untuk mencari ruangan yang paling kosong di antara semua ruangan yang ada, proses untuk cara ini adalah memerintahkan robot untuk bergerak mundur selama satu detik dan setiap 100 *milisecond* dilakukan pencuplikan kondisi robot yang akan digunakan sebagai penentu keputusan arah apa yang diambil oleh mobile robot.

Berikut ini adalah ilustrasi gerak robot berdasarkan potongan program di atas dimana setiap interrupt timer 0 aktif yaitu setiap 50 *milisecond* maka akan dilakukan *checking* pada obstacle bagian kanan dan kiri, 20 kali mikrokontroler melakukan *checking* maka pada hitungan ke-20 robot akan mengambil keputusan dengan membandingkan hasil deteksi yang telah dikumpulkan selama 1 detik antara sensor kanan dan sensor kiri.



Gambar 8. Pergerakan robot saat ada halangan

Tujuan riset ini adalah membuat mobile robot yang mampu memutuskan aksi yang akan dilakukannya berdasar pada hierarki yang kita tetapkan sebelumnya. Dengan memberikan *reward* dengan nilai yang spesifik pada setiap sumber perintah yang aktif dapat membantu kita menentukan hierarki perintah kita dan nilai *reward* yang kita berikan adalah ;

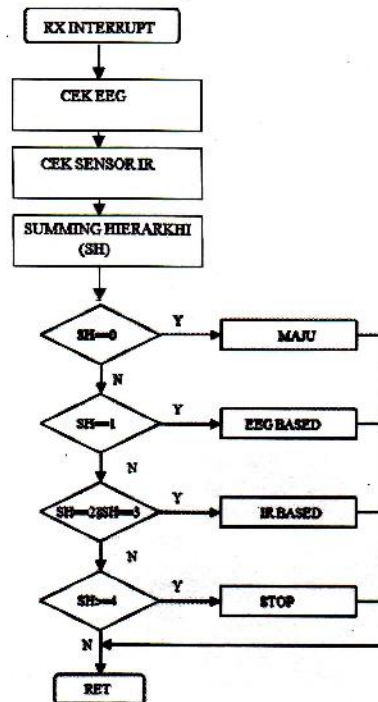
Tabel 1. Nilai Imbalan setiap sumber perintah

Sumber Perintah	Imbalan
No - Signal	0
EEG (maju, belok)	1
Sensor IR	2
EEG (stop)	4

Variabel nilai didapatkan dengan menjumlahkan *reward*/imbalan:

$$\text{Nilai} = \text{EEG} + \text{Sensor IR}$$

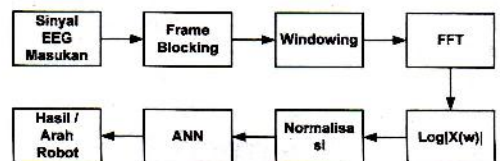
Bila Nilai sama dengan nol maka mobile robot akan bergerak ke arah depan kita bisa artikan gerakan ini sebagai gerakan *searching* / jelajah. Namun apabila Nilai sama dengan satu maka mobile robot akan bergerak sesuai dengan perintah dari otak *user* dan bila Nilai adalah sama dengan 2 atau 3 maka robot akan bergerak sesuai perintah dari sensor infra-merah dan apabila Nilai sama atau lebih besar dari 4 maka aksi dari mobile robot adalah stop.



Gambar 9. Algoritma hierarki behaviour-based

#### 4. Hasil

4.1 Identifikasi Sinyal EEG sebagai Sumber Perintah  
 Sistem pengidentifikasian sinyal EEG yang digunakan pada paper ini adalah sebagai berikut :



Gambar 10. Sistem identifikasi sinyal EEG

Permasalahan penting yang dihadapi dalam merekam dan mendiagnosa sinyal EEG adalah memproses dan mengekstraksi sinyal EEG dari noise untuk dapat mengenal pola sinyal EEG, dan mengklasifikasikan-nya berdasarkan daerah frekwensi. Perekaman sinyal EEG, selain dipengaruhi oleh kondisi mental, aktifitas pasien, dan kondisi lingkungan disekitar pengukuran, juga dipengaruhi oleh pemberian stimulus dari eksternal saat pengukuran, seperti suasana



relaks namun sadar, suasana berpikir/beraktifitas dengan mata terbuka, suasana tidur ringan dengan memberi tekanan berupa cahaya lampu yang dihidup matikan, serta suasana tidur nyenyak (Kemalasari, Mauridi.H, Nuh.M, Adil, Rochmad, Rokhana dan Rusiana, 2005).

Untuk menganalisa adanya penyakit diotak, maka dilakukan pengukuran sinyal EEG berdasarkan kondisi pikiran, frekwensi, dan amplitudo tegangan. Berdasarkan frekwensi, amplitudo tegangan, dan kondisi obyek, sinyal EEG (sinyal aktivitas listrik diotak) dapat dibagi menjadi 4 gelombang, yaitu gelombang alpha, betha, theta, dan delta, seperti terdapat pada Tabel 1. (Kemalasari dkk, 2005).

Untuk menganalisa adanya penyakit diotak, maka dilakukan pengukuran sinyal EEG berdasarkan kondisi pikiran, frekwensi, dan amplitudo tegangan.

Berdasarkan frekwensi, amplitudo tegangan, dan kondisi obyek, sinyal EEG (sinyal aktivitas listrik diotak) dapat dibagi menjadi 4 gelombang, yaitu gelombang alpha, betha, theta, dan delta, seperti terdapat pada Tabel 1. (Kemalasari dkk, 2005).

Tabel 1. Jenis Gelombang Otak

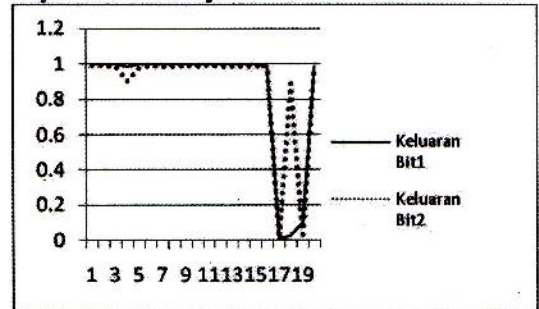
Jenis Gel.	Bentuk Gel	Frekwensi	Tegangan (V)	Kondisi Obyek
Alpha		8 - 13 Hz	anak: 75 µV dewasa: 50 µV	Relaks, Mata tertutup
Betha		> 14 Hz	10 - 20 µV	aktifitas berpikir, mata terbuka
Theta		4 - 7 Hz	anak: 50 µV dewasa: 10 µV	tidur ringan/ stres, emosional
Delta		0.5 - 3 Hz	1 mV	tidur nyenyak

Dengan melihat bahwa sinyal yang banyak berubah pada saat otak beraktifitas/berpikir adalah sinyal betha, maka dalam paper ini, penulis menggunakan sinyal betha sebagai referensi data dan data masukan untuk diidentifikasi.

Adapun target yang digunakan untuk menunjang penentuan keputusan dari JST adalah sbb :

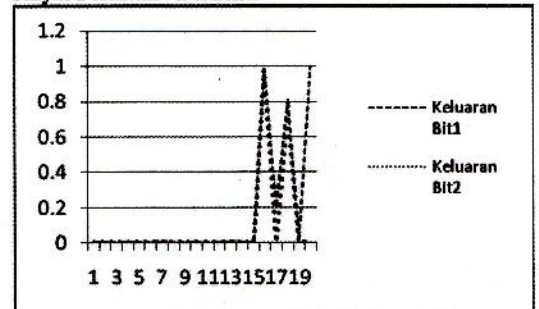
- Maju → OutBit1 = 1, OutBit2 = 1
- Berhenti → OutBit1 = 0, OutBit2 = 0
- Kanan → OutBit1 = 1, OutBit2 = 0
- Kiri → OutBit1 = 0, OutBit2 = 1

Sinyal Perintah "Maju"



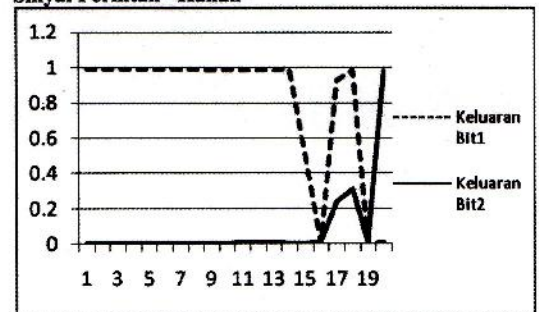
Gambar 11. Prosentase keberhasilan: 85%

Sinyal Perintah "Berhenti"



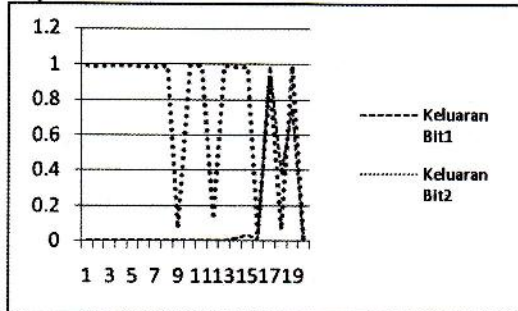
Gambar 12. Prosentase keberhasilan: 85%

Sinyal Perintah "Kanan"



Gambar 13. Prosentase keberhasilan: 80%

Sinyal Perintah "Kiri"



Gambar 14. Prosentase keberhasilan: 65%

Tingkat threshold kebenaran jawaban adalah 50%, artinya jika nilai dari OutBit1 dan OutBit2 keduanya atau salah satu bernilai dibawah 50% atau 0.5, maka akan diarahkan ke "0", dan sebaliknya jika bernilai diatas 50% atau 0.5, maka akan diarahkan ke "1".

#### 4.2 Pengujian hirarki Behaviour-based



Robot dijalankan, "maju"

Robot belok kanan

Bergerak lurus

Mendeteksi halangan

Gambar 15. Pergerakan robot mobile

Dari gambar di atas (searah jarum jam), dapat diilustrikan sebagai berikut:

1. Robot di-start untuk bergerak maju lurus, kemudian diberikan perintah belok ("kanan").
2. Robot berbelok, dan selanjutnya bergerak lurus.
3. Robot menemui halangan di depannya, kemudian robot akan berputar balik untuk mencari ruang kosong, dimana robot akan bergerak maju.



Bergerak maju

Mendeteksi halangan



Belok kiri

Robot berhenti

Gambar 15. Pergerakan robot mobile setelah mendeteksi halangan dan menuju stop.

4. Ketika robot menemukan ruang kosong, robot akan bergerak maju
5. Saat mendeteksi halangan di sebelah kanan robot, maka robot akan berbelok ke kiri, dan bergerak maju lagi.
6. Robot diperintahkan untuk "stop".

#### 5. Kontribusi

Kontribusi yang dapat diberikan adalah menjadikan hasil penelitian ini sebagai dasar dari pengendali motor yang memiliki skala lebih besar, sehingga bisa mengaktiasi/menggerakkan obyek yang lebih besar pula. Salah satu aplikasi yang bisa dikembangkan dengan dasar penelitian ini adalah kursi roda yang dapat digerakkan oleh sinyal otak (EEG). Dimana kursi roda ini lebih diperuntukkan bagi penderita lumpuh total dan hanya bisa menggunakan otaknya/pikirannya untuk menggerakkan rodanya. Maka dengan pengembangan dari penelitian ini, diharapkan dapat memberikan solusi bagi penderita lumpuh total yang ingin memanfaatkan kursi roda untuk bergerak.

#### 6. Kesimpulan

Sinyal EEG yang digunakan dalam penelitian ini adalah sinyal beta karena sinyal ini banyak berubah pada saat otak beraktifitas/berpikir sehingga sesuai jika digunakan sebagai referensi data dan data masukan untuk diidentifikasi. Dan juga sinyal perintahnya masih bersifat *offline*, dalam arti bahwa sinyal sudah diambil terlebih dahulu dan diolah di komputer untuk menghasilkan sinyal-sinyal perintah sebagai input dari robot. Metode yang digunakan dalam pengolahan sinyal EEG tersebut adalah ANN. Dengan pertimbangan bahwa metode ini lebih sesuai dalam proses *matching* data, antara sinyal perintah EEG yang diambil dengan sinyal EEG referensi. Dari hasil pengolahan data, didapatkan tingkat keberhasilan yang relatif tinggi. Yakni sinyal perintah "maju" memiliki prosentase keberhasilan 85%, sinyal perintah "berhenti" 85%, sinyal perintah "kanan" 80%, dan sinyal perintah "kiri" 65%. Kemudian sinyal perintah tersebut dikirimkan secara nirkabel melalui modul tranceiver dengan pengkondisi sinyal tertentu. Sinyal perintah tersebut beserta sinyal input yang lain



(sinyal infra merah dan *rotary encoder*) akan diproses oleh prosesor dengan hirarki dan metode behaviour-based.

#### Referensi

- [1] Arkin,R.C."Behaviour Based Robotics", MITPress, Cambridge, Massachusetts, 1998.
- [2] Bruce A. Seiger, Joseph L. Jones, Anita M. Flynn, *Mobile Robot : Inspiration to Implementation*, A K Peters, Ltd., Cambridge, 1993
- [3] Nicolescu , M.N. and Mataric, M.J."A Hierarchical Architecture for Behaviour-Based robot".In Proc,The 1st International joint conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, Bologna, Italy, July 2002.
- [4] Pitowarno,Endra. "*ROBOTIKA : Disain, Kontrol dan Kecerdasan buatan*", Penerbit Andi Offset Yogyakarta, 2004.
- [5] Kemalasari; Mauridhi H; M Nuh; Ratna A; M.Rochmad; RikaR, dan Rusiana (2005) Classification of EEG Signals which Measured by 3 Electrodes Placement System Using Back Propagation Neural Network. Surabaya : IES PENS-ITS.
- [6] Pratama. Sandy, "*Design and Implementation of a Microcontroller-Based Mobile Robot in a Surveillance System*",Engineering,2005
- [7] Sathish K. Shanmugasundaram, "*Control System Design For An Autonomous Mobile Robot*".A thesis submitted to the Division of Graduate Studies and Advanced Research of the University of Cincinnati, 2000.
- [8] Bima Sena BD., dan One Setiaji, "*Identifikasi Sinyal EEG untuk Pengendalian Robot Menggunakan Metode Neural Network*", National Conference on Prospective Technology, Universitas Maranatha, Bandung, 2007.