

# PENGEMBANGAN ANJING PELACAK ELEKTRONIK MENGGUNAKAN *MICRO AUTONOMOUS ROBOTIC SYSTEM*

Wisnu Jatmiko, Fumihito Arai dan Toshio Fukuda

Dept. of Micro System Engineering, Nagoya University  
1 Furocho Chikusaku, Nagoya, Japan  
email: { wisnu,arai,fukuda}@robo.mein.nagoya-u.ac.jp



## ABSTRAK

Penelitian mengenai sistem penciuman elektronik akan sangat bermanfaat terutama bagi peningkatan produktivitas sektor agriculture yaitu untuk dapat diterapkan pada industri-industri beverage, kosmetik dan minyak wangi, karena industri-industri tersebut sangat memerlukan kontrol kualitas terhadap standar aroma campuran dari produknya. Maka diharapkan industri-industri tersebut akan mampu meningkatkan mutu dari produk mereka sesuai standar internasional sehingga dapat meningkatkan ekspor. Keberhasilan penelitian ini akan sangat mempunyai nilai ekonomi yang sangat tinggi, karena penelitian seperti ini masih sangat jarang dilakukan, dan nantinya diharapkan dapat membantu peningkatan kualitas dari sektor agriculture.

Peningkatan sistem menjadi mobile robot bertujuan agar sistem dapat digunakan sebagai peralatan pelacakan kebocoran gas maupun obat terlarang. Sistem tersebut dapat disebut Anjing Pelacak Elektronik. Untuk kebocoran gas beracun yang dapat mengganggu keselamatan manusia maka pengembangan sistem ini akan bermanfaat bagi kemaslahatan orang banyak.

**Kata kunci :** Sistem Pelacak Aroma Elektronik, Robotika Mikro, Autonomous Robotika, Fuzzy Neural Networks, Komunikasi radio frekuensi

Makalah diterima [17 Juni 2003]. Revisi akhir [28 Agustus 2003].

## 1. PENDAHULUAN

Saat ini banyak industri yang membutuhkan pengenalan aroma, seperti industri beverage, kosmetik dan minyak wangi menggunakan manusia yang telah dilatih untuk mengontrol kualitas aroma dari produk yang akan dihasilkan. Pengenalan aroma dengan menggunakan manusia memiliki banyak keterbatasan dan relatif sangat dipengaruhi oleh kesehatan atau perasaan sesaat (mood), sehingga terkadang mengurangi ketelitian dari hasil pengenalan aroma tersebut.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk dapat meniru sistem kerja dari sistem penciuman manusia, yaitu dengan menciptakan suatu alat elektronik yang secara otomatis dapat mengenal dan mengklasifikasikan aroma secara konstan dan akurat. Alat tersebut dikenal dengan sistem penciuman elektronik [1-4]. Penelitian pendahuluan mengenai pengembangan sistem penciuman elektronik ini telah dilakukan di Laboratorium Kecerdasan Komputasional Fakultas Ilmu Komputer Universitas Indonesia. Dalam penelitian pendahuluan tersebut suatu sistem deteksi gas dibuat dengan menggunakan resonator kwarsa yang dipadukan dengan teknik pemetaan (identifikasi) odor dengan metoda pengenalan pola Jaringan Neural Buatan (JNB). Jaringan ini akan berkelakuan seperti otak manusia dimana beberapa neuron secara rapi berhubungan satu sama lain untuk dapat menghasilkan pengenalan pola yang efektif. Sistem penciuman elektronik ini dikembangkan dengan menggunakan 4 buah jenis sensor. Dalam aplikasinya, sistem penciuman elektronik ini telah digunakan untuk membuat klasifikasi beberapa jenis aroma dari produk wewangian Martha Tilaar Cosmetics dan beberapa jenis wewangian dari Splash Cologne Products. Hasil percobaan memperlihatkan bahwa penggunaan 4 buah sensor ini telah mampu membuat klasifikasi aroma Martha Tilaar dengan prosentase pengenalan hingga 100%. Akan tetapi untuk jenis wewangian Splash Cologne, hasilnya hanya berkisar antara 30-40% saja. Hal ini disebabkan karena aroma Splash cologne ternyata merupakan gabungan dari beberapa aroma dasar sehingga mempunyai tingkat kesulitan yang lebih tinggi dari sistem untuk mengenali pola aromanya.

Untuk menyelesaikan masalah tersebut penulis telah mengembangkan prototipe sistem penciuman dengan menggunakan 16 Sensor dengan frekuensi dasar 20 MHz. Untuk mengklasifikasikan data dari sistem yang dikembangkan tersebut peneliti menggunakan Jaringan Neural Buatan berbasis Fuzzy Learning Vector Quantization (FLVQ). Hasil yang didapat menunjukkan sistem tersebut dapat mengenal aroma campuran dengan baik [3].

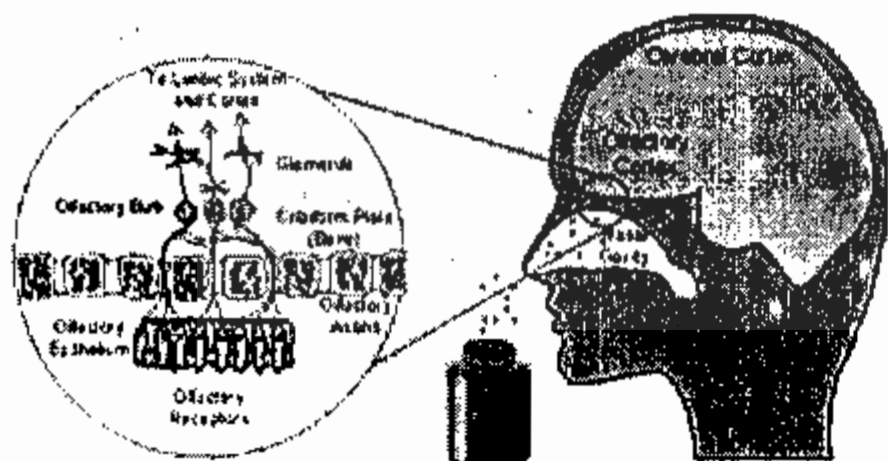
Dalam tulisan ini akan dibahas peningkatan sistem menjadi Anjing Pelacak Elektronik. Penentuan lokasi dan pelacakan kebocoran gas ataupun obat terlarang (obat bius) masih merupakan pekerjaan yang sulit untuk

dapat dilaksanakan dengan menggunakan peralatan elektronik; sedangkan penentuan lokasi sumber kebocoran gas ini sangat penting untuk dapat dilakukan dengan cepat. Hingga saat ini penentuan lokasi kebocoran gas ataupun masalah pelacakan dalam penyelundupan obat bius masih dilakukan dengan menggunakan metode konvensional, yaitu dengan menggunakan anjing pelacak terlatih, ataupun dengan menggunakan manusia pakar yang mempunyai keahlian khusus.

Akan tetapi anjing pelacak maupun manusia pakar ini mempunyai keterbatasan yang berkaitan dengan masalah kesehatan ataupun perasaan sesaat (*mood*), sehingga dapat mempengaruhi kepekaannya. Untuk mengatasi hal tersebut, maka perlu dikembangkan suatu sistem penentuan lokasi sumber gas berdasarkan sistem deteksi secara elektronik. Untuk dapat merealisasikan sistem pelacak dan penjejak odor secara elektronik, maka digunakan pemodelan kemampuan binatang dalam melacak odor. Banyak binatang dalam kehidupan kesehariannya mempunyai kemampuan untuk menentukan lokasi lawan jenis, makanan maupun bahaya berdasarkan penciuman dan pelacakan sumber odor [4-6].

## 2. SISTEM PENCIUMAN ELEKTRONIK

Sistem Penciuman Elektronik dikembangkan untuk dapat meniru sistem penciuman manusia. Sistem Penciuman Elektronik terdiri dari tiga bagian, yaitu sistem sensor yang dapat merubah besaran aroma menjadi besaran listrik, sistem elektronik yang mengukur perubahan besaran listrik dan memindahkannya ke komputer, dan perangkat lunak dari Jaringan Neural Buatan (JNB) yang akan mengenal pola aroma yang akan dideteksi. Dalam bab ini akan dibahas secara rinci mengenai teori dasar dan cara kerja dari sistem, yang meniru cara kerja sistem penciuman manusia. Dalam hal ini akan diperlihatkan hasil respons yang berbeda-beda dari pengenalan aroma yang berbeda-beda [3].



Gambar 1. Cara Kerja Hidung Manusia

## 2.1 Teori Dasar Sistem Penciuman

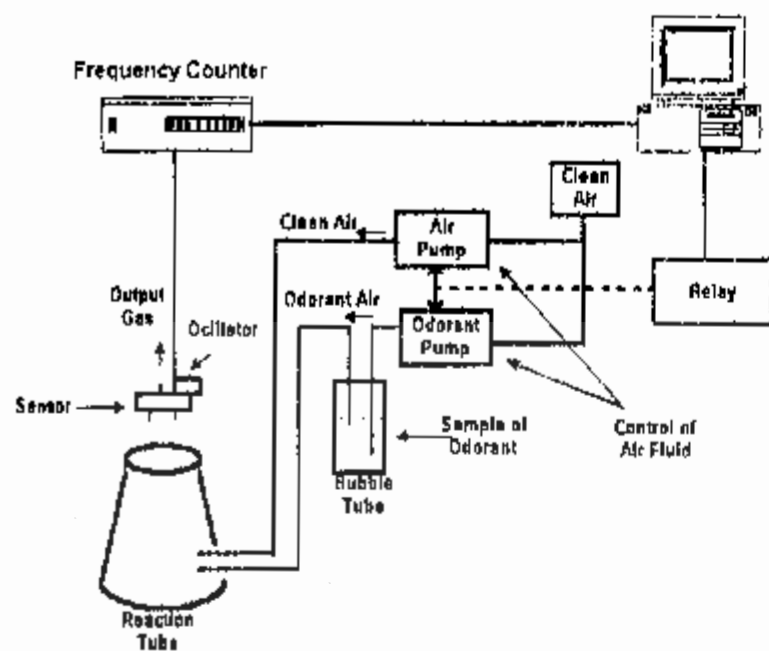
Berdasarkan teori, syarat utama agar semua bahan dapat dicium oleh manusia adalah bahan tersebut mudah menguap. Aliran udara beraroma tersebut ditarik masuk melewati lubang hidung untuk dihangatkan dan disaring saat melewati 3 buah tulang turbinat. Kemudian aliran ditarik ke arah 2 celah yang terdiri dari organ penciuman. Organ ini terdiri dari 2 jaringan kecil, dimana pada jaringan ini terdapat 2 jenis serat syaraf yang tertanam didalamnya. Ujung-ujung kedua syaraf ini merupakan penerima yang mendeteksi aroma. Ujung-ujung syaraf ini mengirim sinyal ke *olfactory bulb* dan pusat otak yang lebih tinggi, dimana sinyal dipadukan dan diterjemahkan dalam bentuk karakter dan intensitas aroma [6]. Syarat utama lain dari bahan yang dapat dicium oleh hidung manusia adalah bahan yang dapat menembus air, karena ujung-ujung syaraf tertutup oleh lapisan berair. Syarat lainnya adalah bahan tersebut juga harus dapat menembus lapisan lipida yang membentuk membran permukaan tiap sel.

## 2.2 Peralatan Sistem Penciuman Elektronik

Hidung Elektronik yang telah dikembangkan ini menggunakan teknologi gas sensor yang disebut SAW (*surface acoustic wave*) dan *piezoelectric* (kwarsa). Kedua peralatan ini bertindak sebagai neraca-micron, yang digunakan untuk mengukur perubahan massa dari zat yang akan dianalisa. Perubahan massa zat itu menyebabkan nilai parameter (frekuensi) pada sensor berubah. Perubahan nilai parameter dari setiap sensor tersebut mempunyai karakteristik yang berbeda, sehingga dapat menimbulkan pola dari setiap zat yang dianalisa. Untuk menangkap pola dari zat yang dihasilkan diperlukan beberapa rangkaian elektronik tambahan pada hidung elektronik tersebut. Pola yang dihasilkan tersebut akan digunakan sebagai dasar untuk menganalisa aroma dari gas/zat yang dianalisa. Pada hidung elektronik dikembangkan pola-pola yang akan diklasifikasikan dengan menggunakan metoda jaringan neural buatan [7,8].

Dalam sistem sensor yang dikembangkan, cairan cuplikan yang disuntikkan harus dari bahan yang sangat mudah diuapkan dengan cepat, dan suhu pengukuran harus dijaga tetap tinggi. Untuk lebih jelasnya sistem pengujian pengenalan aroma dapat dilihat pada gambar 2.

Semua sensor yang berjumlah enam belas ditempatkan disebuah mulut tabung uji. Untuk menjaga kestabilan suhu, tekanan dan volume digunakan dua buah pompa udara, yaitu pompa udara bersih dan pompa udara beraroma. Kerja dari kedua pompa udara ini bergantian yang diatur oleh komputer lewat rangkaian antar-muka yang akan menggerakkan sebuah Relay Catu Daya [7].



Gambar 2. Peralatan sistem pengujian pengenalan aroma

### 2.3 Diagram Sistem Penciuman Elektronik

Apabila dilihat berdasarkan fungsi dan rangkaianannya, hidung elektronik ini terbagi menjadi tiga bagian utama yaitu [7]:

1. Sistem sensor yang merubah besaran aroma menjadi besaran listrik/ frekuensi.
2. Sistem elektronik (*Frequency Counter*) yang mengukur besarnya perubahan frekuensi sensor untuk disimpan datanya ke komputer. Sistem elektronik ini masih dibagi lagi menjadi beberapa sub bagian (rangkaiannya waktu dasar, rangkaian pencacah frekuensi dan rangkaian antar muka)
3. Jaringan neural buatan (JNB) untuk melakukan proses pengenalan pola aroma yang dideteksi.

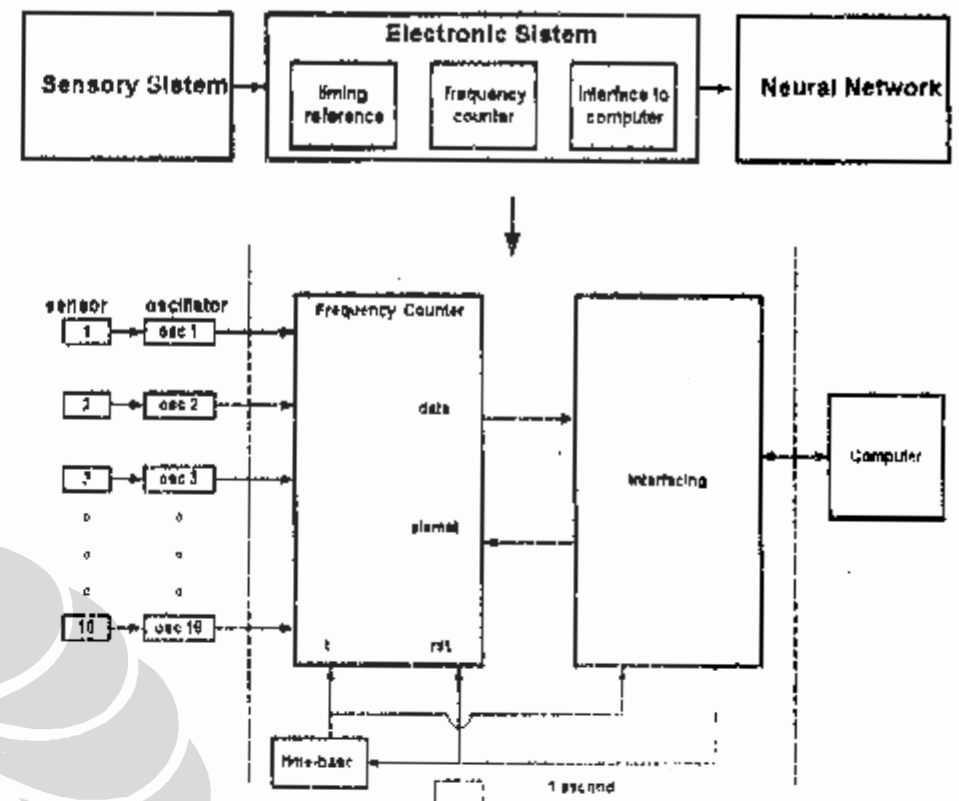
Skematika rangkaian tersebut ditunjukkan pada Gb.3.

### 2.4 Jaringan Neural Buatan

Beberapa metoda pengenalan pola yang dapat diaplikasikan pada teknologi Hidung Elektronik adalah : Analisa Kluster, Analisa Fungsi Pembeda dan Jaringan Neural Buatan (JNB). Metoda jaringan neural buatan sering digunakan pada saat ini karena mempunyai algoritma proses pengenalan yang mudah dan hasil pengenalan aroma yang di dapat cukup baik. Dalam proses pengenalan aroma, JNB mempunyai dua tahapan proses. Proses yang pertama, JNB dilatih dengan data-data aroma yang diketahui, dalam hal ini adalah nilai perubahan frekuensi yang ditangkap oleh komputer. Setelah proses pelatihan, jaringan ini dapat meramalkan jenis aroma yang dianalisa, tahapan ini disebut proses pengujian [6-10].

Ada beberapa metoda JNB yang telah berkembang. Pembagian metoda tersebut berdasarkan proses

pembelajarannya yaitu proses pembelajaran dengan pengarah (*supervised*) dan proses pembelajaran tanpa pengarah (*unsupervised*). Hidung Elektronik yang telah dikembangkan ini menggunakan teknik proses pembelajaran dengan pengarah, yaitu teknik MLP-BP (*Multilayer Perceptron-Back Propagation*) dan *Vektor Quantization* [9,10].



Gambar 3. Diagram sistem

### 2.5 Hasil Eksperimen Hidung Elektronik

Eksperimen sistem penciuman elektronik menggunakan algoritma JNB-FLVQ difokuskan pada pengenalan aroma campuran. Dalam penelitian ini akan dibandingkan tingkat pengenalan antara JNB-FLVQ dengan JNB-BP dan JNB-PNN. Aroma campuran yang diujikan dalam percobaan ini terdiri 2 tipe yaitu aroma 2 campuran dan aroma 3 campuran. Masing-masing tipe mempunyai 3 jenis. Contoh untuk aroma 2 campuran yaitu Jenis I<sub>2</sub>, Jenis II<sub>2</sub> dan Jenis III<sub>2</sub>. Masing-masing jenis mempunyai 6 aroma. Aroma J15% maksudnya adalah aroma jeruk + konsentrasi alkohol 15% dengan komposisi 1 : 1 (50%:50%) [10,11].

Pengklasifikasian aroma campuran dilakukan secara bertahap yaitu tahap pertama : 6 aroma, tahap kedua: 8 aroma dan tahap ketiga: 18 aroma. Tujuan pembagian tahapan tersebut adalah untuk membandingkan penggunaan algoritma JNB-BP, JNB-PNN dan JNB-FLVQ, sehingga dapat diketahui tingkat kemampuan sistem yang dibandingkan. Eksperimen pengenalan aroma campuran tersebut dilakukan dengan menggunakan komputer PII 300 yang dibangun dengan C++, sedangkan algoritma yang digunakan adalah program JNB-BP, JNB-PNN dan JNB-FLVQ [11-15].

Tabel 1. Aroma 2 campuran yang akan diklasifikasikan

Aroma Campuran	Komposisi	Ket
Jenis I <sub>2</sub>	J0%, J15%, J25%, J35%, J45% & J70%	Komposisi Zat 1:1 (10ml:10ml)
Jenis II <sub>2</sub>	K0%, K15%, K25%, K35%, K45% & K70%	
Jenis III <sub>2</sub>	M0%, M15%, M25%, M35%, M45% & M70%	

Tabel 2. Aroma 3 campuran yang akan diklasifikasikan

Aroma Campuran	Komposisi	Ket
Jenis I <sub>3</sub>	JK0%, JK15%, JK25%, JK35%, JK45%, JK70%	Komposisi Zat 1:1:1 (10ml:10ml)
Jenis II <sub>3</sub>	JM0%, JM 15%, JM 25%, JM35%, JM 45%, JM 70%	
Jenis III <sub>3</sub>	MK0%, MK15%, MK25%, MK35%, MK45%, MK70%	

Tabel 3. Perbandingan pengenalan aroma 2 campuran JNB-BP, JNB-PNN dan JNB-FLVQ (dengan variasi output 6,12 dan 18 pola)

JNB	6 Pola (0-70%)			12 Pola (0-70%)			18 Pola (0-70%)
	J	K	M	J+K	J+M	K+M	J+K+M
BP	76.8	99	94.1	83.6	76.7	86.6	69.8
PNN	93.7	100	100	97.5	91.9	98.3	92.6
FLVQ	94	96	96	96.2	96.4	96.2	97

Tabel 4. Perbandingan pengenalan aroma 3 campuran JNB-BP, JNB-PNN dan JNB-FLVQ (dengan variasi output 6,12 dan 18 pola)

JNB	6 Pola (0-70%)			12 Pola (0-70%)			18 Pola (0-70%)
	JK	KM	JM	JK+KM	JK+J+M	KM+JM	JK+KM+JM
BP	50	66	56	45	46.7	46.6	39.86
PNN	70.2	73	72	70	65	70	40
FLVQ	76	76	85	73.8	73.8	80	50

Hasil eksperimen dari kemampuan algoritma JNB-BP, JNB-PNN dan JNB-FLVQ untuk mengenal aroma dua campuran dan tiga campuran dapat dilihat pada tabel 3 dan tabel 4. Dari tabel 3 terlihat bahwa JNB-PNN dan JNB-FLVQ mempunyai hasil pengenalan yang baik untuk mengenal aroma 2 campuran yaitu hasil pengenalannya rata-rata diatas 90%. Sedangkan pengenalan dengan menggunakan JNB-BP hasil pengenalannya ada yang masih dibawah 80% terutama pengenalan menggunakan 18 pola. Dalam mengenal aroma 3 campuran, penggunaan algoritma JNB-BP dan

JNB-PNN mempunyai hasil pengenalan yang tidak baik, yaitu semakin meningkat penggunaan pola dalam mengenal aroma maka hasil yang didapatkan semakin menurun. Penggunaan JNB-BP rata-rata menghasilkan pengenalan masih dibawah 50%. Untuk kasus pengenalan dengan menggunakan 18 pola sekaligus pengenalan dari JNB-BP dan JNB-PNN hasil pengenalannya sangat jelek yaitu dibawah 50%. Sedangkan JNB-FLVQ hasil pengenalannya rata-rata diatas 70% kecuali untuk kasus pengenalan 18 aroma sekaligus, hasil pengenalannya hanya mencapai 50%. Hasil pengenalan secara keseluruhan dapat dilihat pada tabel 4.

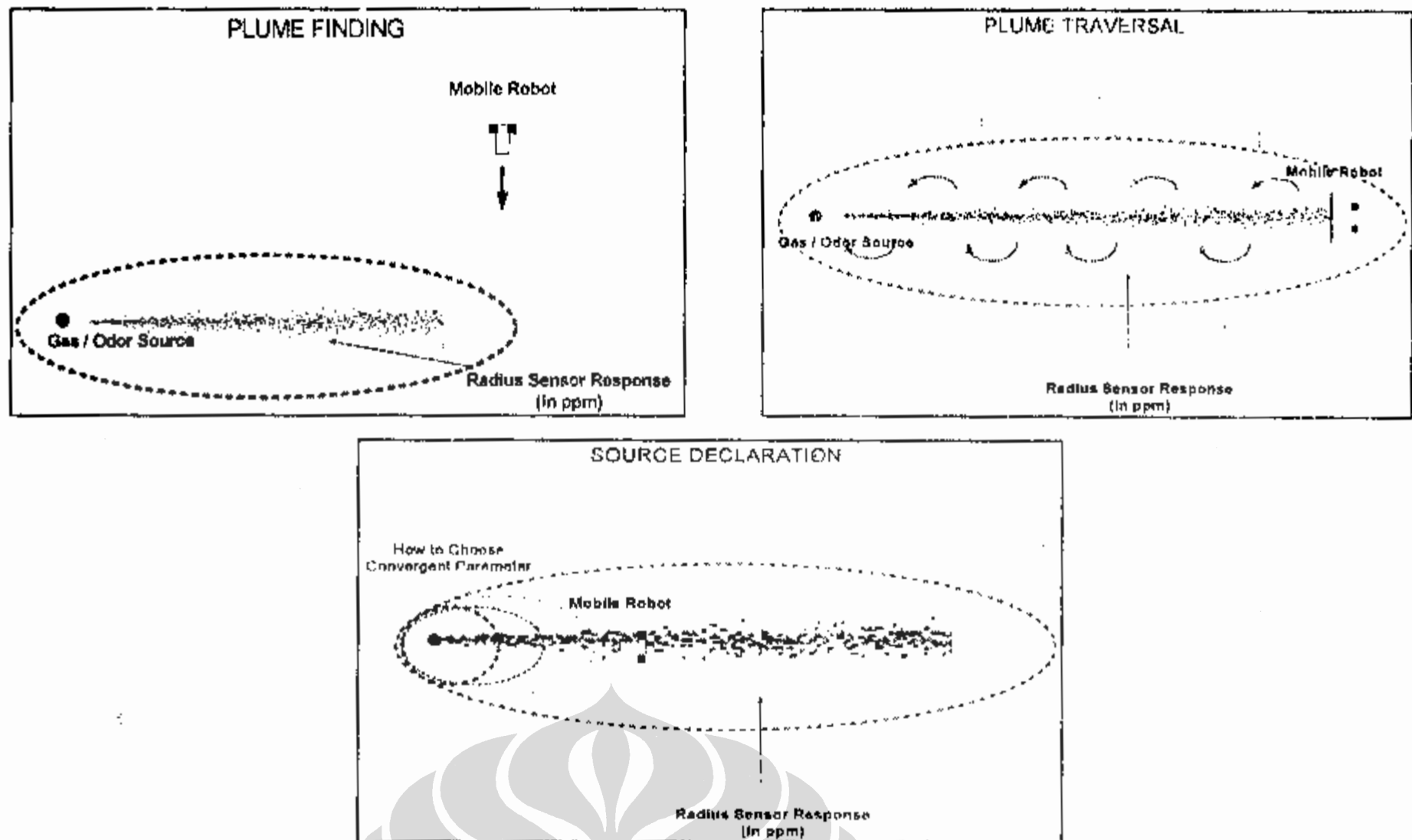
### 3. SISTEM PELACAK SUMBER GAS ARTIFISIAL (ANJING PELACAK ELEKTRONIK)

Penentuan lokasi dan pelacakan kebocoran gas ataupun obat terlarang (obat bius) masih merupakan pekerjaan yang sulit untuk dapat dilaksanakan dengan menggunakan peralatan elektronik; sedangkan penentuan lokasi sumber kebocoran gas ini sangat penting untuk dapat dilakukan dengan cepat. Hingga saat ini penentuan lokasi kebocoran gas ataupun masalah pelacakan dalam penyelundupan obat bius masih dilakukan dengan menggunakan metode konvensional, yaitu dengan menggunakan anjing pelacak terlatih, ataupun dengan menggunakan manusia pakar yang mempunyai keahlian khusus.

Akan tetapi anjing pelacak maupun manusia pakar ini mempunyai keterbatasan yang berkaitan dengan masalah kesehatan ataupun perasaan sesaat (*mood*), sehingga dapat mempengaruhi kepekaannya. Untuk mengatasi hal tersebut, maka perlu dikembangkan suatu sistem penentuan lokasi sumber gas berdasarkan sistem deteksi secara elektronik. Untuk dapat merealisasikan sistem pelacak dan penjejak odor secara elektronik, maka digunakan pemodelan kemampuan binatang dalam melacak odor. Banyak binatang dalam kehidupan kesehariannya mempunyai kemampuan untuk menentukan lokasi lawan jenis, makanan maupun bahaya berdasarkan penciuman dan pelacakan sumber odor.

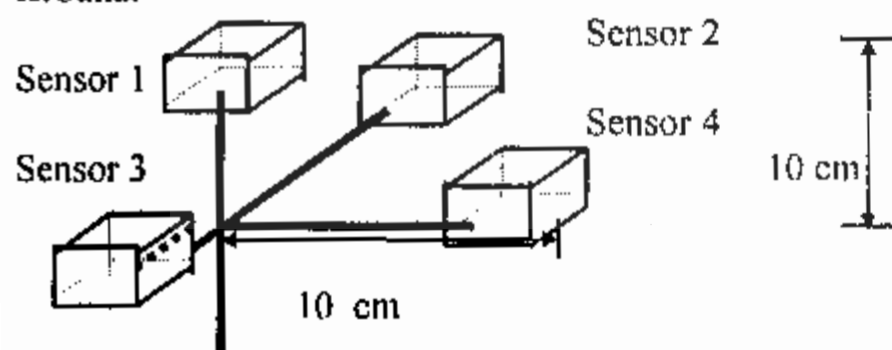
Beberapa penelitian telah dimulai untuk dapat meniru (*mimicking*) sifat binatang ini dengan membuat sistem hidung artifisial dengan menggunakan sensor-array, ataupun *mobile-sensor* yang pergerakannya dikontrol oleh komputer. Untuk memudahkan implementasi robot anjing pelacak, keseluruhan proses yang dilakukan oleh anjing pelacak dapat dibagi menjadi 3 bagian yaitu : Plume Finding (Menemukan daerah distribusi gas yang akan dicari), Plume Traversal (Mengikuti distribusi gas

PERPUSTAKAAN PUSAT  
UNIVERSITAS TRISULU

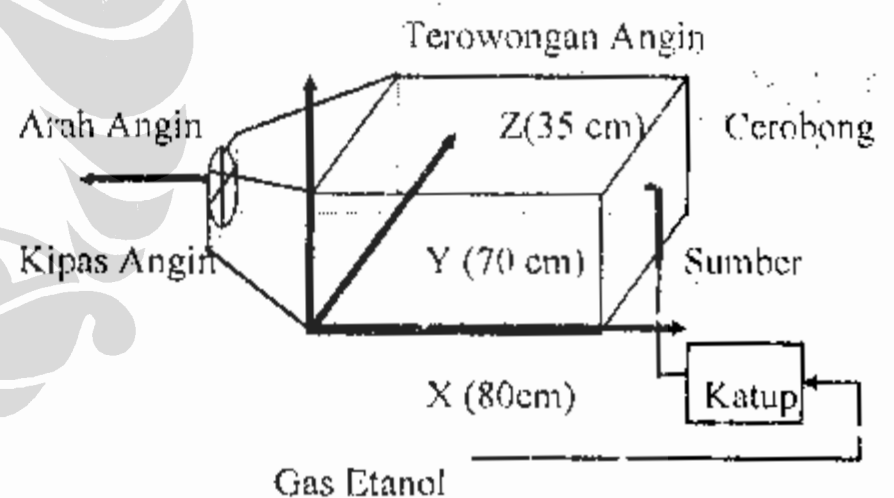


Gambar 9. Proses yang dilakukan oleh Anjing Pelacak (Plume Finding, Plume Traversal dan Source Declaration)

untuk mencari kebocoran gas), dan Source Declaration (Menentukan daerah sumber kebocoran gas). Untuk lebih jelas mengenai keseluruhan proses tersebut dapat dilihat di gambar 9. Penelitian pendahuluan pelacakan sumber gas yang pernah dilakukan menggunakan empat buah sensor gas semi konduktor yang ditempatkan diatas papan beroda, akan tetapi pergerakan sistem masih dilakukan secara manual [16-19]. Empat buah sensor gas semikonduktor tersebut digunakan sebagai ujung hidung pelacak elektronik, seperti terlihat dalam gambar 10. Sistem sensor ini kemudian diletakkan dalam terowongan angin miniatur (gambar 11) dan sumber gas kemudian dilewatkan didalamnya. Penelitian awal ini menyimpulkan bahwa sistem pelacak aroma ini berfungsi dengan baik [19]. Akan tetapi beberapa perbaikan mendasar perlu dilakukan sebelum sistem pelacak ini diterapkan dalam sistem pergerakan udara terbuka.



Gambar 10. Modul pelacak sumber dan sensor gas semikonduktor



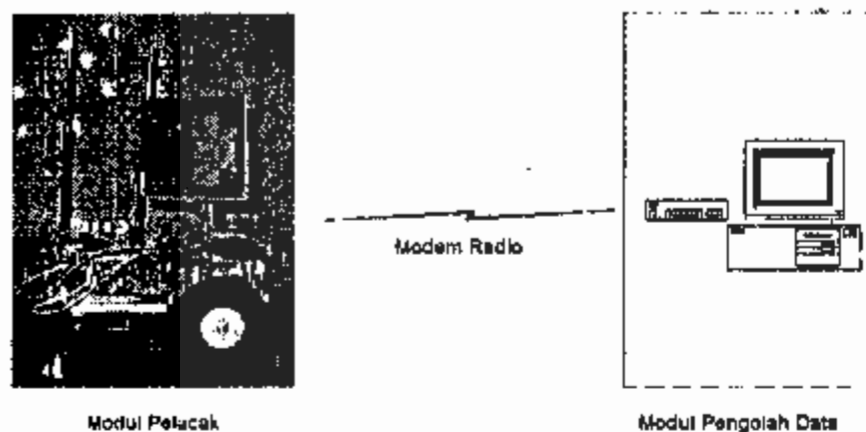
Gambar. 11. Diagram skematik terowongan angin dalam eksperimen

### 3.1 Pengembangan Sistem Pelacak Sumber Gas Artifisial (Anjing Pelacak Elektronik)

[1].Pengembangan dari sistem pelacak sumber gas dilakukan dengan memperbaharui jenis sensor menjadi sensor semikonduktor TGS-822 dengan penghirup udara dan penambahan *micro controller* yang bertugas untuk mengambil data dari lingkungannya serta menggerakkan roda penggerak ke sumber odor dari sisi modul pelacak. Dari sisi

modul tersebut berkomunikasi menggunakan modem yang dilewatkan pada pemancar dan penerima FM atau sering disebut modem-radio.

Dalam pengembangannya sistem pelacak sumber gas artifisial akan dicobakan dalam udara terbuka, yaitu tanpa menggunakan terowongan angin lagi. Untuk lebih jelasnya blok diagram dari pengembangan sistem tersebut dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Diagram pengembangan dari sistem anjing pelacak elektronik

### Pengembangan Sistem Sensor

Berdasarkan penelitian awal yang telah dilakukan, ada beberapa kelemahan dalam sistem sensor yang akan diperbaiki. Sistem sensor yang menggunakan empat buah sensor semikonduktor TGS-822 akan diteliti kelemahannya, dan akan dilakukan pengurangan jumlahnya untuk dapat memperbaiki kinerja sistem. Sistem penjejak ini juga akan dilengkapi dengan kipas angin miniatur, yang berfungsi untuk 'menghirup' udara beraroma sehingga dalam proses 'penciuman'nya, sistem sensor dapat secara aktif bekerja dan memberi response yang lebih cepat.

### Pengembangan Modul Komunikasi

Dalam penelitian tahap berikutnya, probe pelacak sumber akan ditempatkan dalam suatu modul robotik berbasis komunikasi RF yang pergerakannya juga akan diatur oleh komputer. Pergerakan modul pelacak ini dilakukan dengan memberi perintah kepada dua stepping-motor yang akan menggerakkan roda modul penjejak. Komunikasi data antara komputer dan modul pelacak sumber akan dilakukan dengan gelombang radio tanpa kabel (*wireless RF communication*) yang digunakan untuk data akuisisi maupun data pergerakan motor. Penggunaan gelombang radio tanpa kabel ini dimaksudkan untuk memudahkan pergerakan modul pelacak dalam medan yang sesungguhnya.

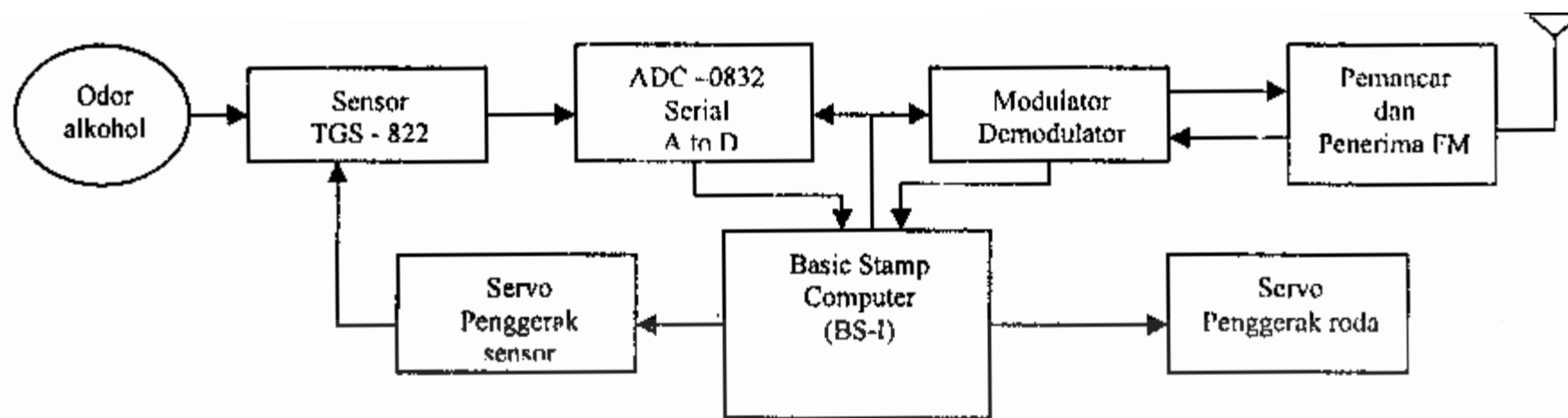
### Pengembangan Algoritma Pencapaian Sasaran

Pencapaian sasaran sumber odor dilakukan dengan beberapa metoda, diantaranya adalah metoda selangkah-demi-selangkah dan metoda zig-zag. Untuk dapat mempercepat tanggapan dari sistem sensor terhadap arah sumber, maka dalam pengembangannya, sistem sensor ini akan diputar dengan sudut putar sebesar  $360^\circ$  dengan menggunakan step-motor (apabila menggunakan jumlah sensor yang lebih sedikit). Sebelum sistem pelacak aroma ini diuji-cobakan dalam sistem udara terbuka, beberapa eksperimen akan dilakukan dalam sistem terowongan angin miniatur yang lebih luas.

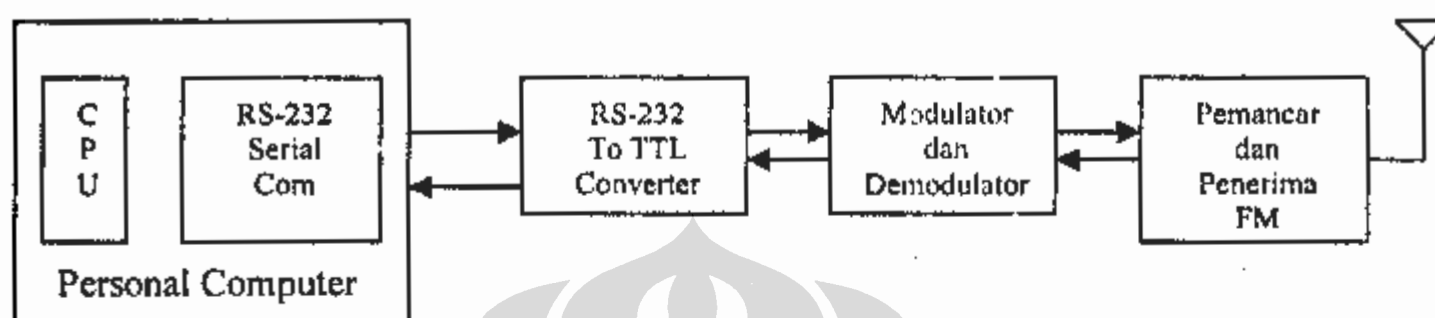
### 3.2 Cara Kerja Sistem Anjing Pelacak Elektronik

Sensor TGS-822 dilapisi oleh bahan semi konduktor SnO<sub>2</sub> yang mempunyai nilai konduktivitas yang rendah pada udara normal (bersih). Apabila udara disekitar sensor tersebut terdapat aroma lain, konduktivitas dari sensor meningkat tergantung dari jenis aroma dan konsentrasi yang terkandung. Dengan penambahan rangkaian listrik sebagai konverter sederhana maka perubahan konsentrasi dari zat yang ada diseling sensor tersebut dapat dibaca dan diklasifikasikan. Jenis sensor yang dipakai dalam pelacak sumber gas artifisial ini adalah sensor yang sangat sensitif terhadap alkohol.

Cara kerja sistem secara umum dapat dijelaskan sebagai berikut : Sensor TGS-822 akan diputar 180 derajat yang dibagi menjadi 28 titik pengambilan data. Setiap titik pengambilan data dibaca nilai tegangan keluaran sensor TGS-822 yang diubah oleh *Analog to Digital Converter* menjadi bilangan antara 0-255. Setiap selesai melakukan pengambilan data, setiap nilai data langsung dikirimkan setelah dimodulasi terlebih dahulu oleh modem melalui pemancar FM pada frekuensi tertentu/frekuensi kirim data. Data diterima oleh modul pengolah data melalui penerima FM kemudian didemodulasi oleh modem dan masuk melalui *serial device* di komputer. Data disimpan oleh komputer, sampai ke-28 titik data. Pengolahan data dilakukan dengan cara membandingkan nilai terbesar (konsentrasi alkohol ~ tegangan keluaran ~ nilai data dalam byte). Dari 28 titik data pengamatan dibagi menjadi 5 daerah arah gerak modul pelacak. PC akan memerintahkan BS-1 untuk menggerakkan modul pelacak ke arah yang dikehendaki (hasil pengolahan data). Dengan cara mengirimkan sinyal melalui serial kemudian dimodulasi modem masuk ke pemancar FM dengan frekuensi yang berbeda (frekuensi perintah) dari frekuensi kirim data tadi. Penerima FM di modul pelacak menerima di frekuensi perintah dan sinyal masukan masuk BS-1 untuk dieksekusi. Proses ini dilakukan berulang sampai mencapai titik sumber odor [18,19].



Gambar 13. Bagan kerja modul pelacak



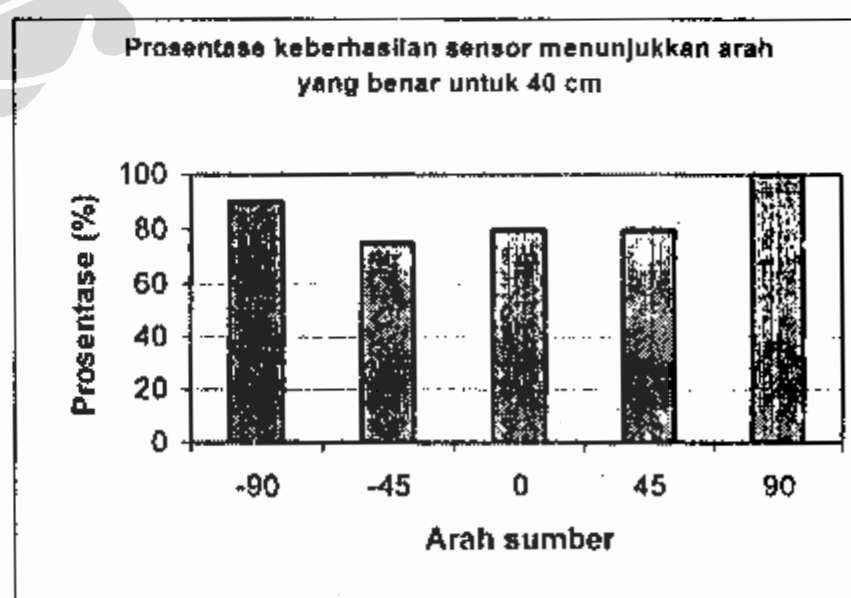
Gambar 14. Bagan kerja modul pengolah data

Proto-tipe yang telah berhasil dikembangkan dengan mengacu dari gambar 11 yang secara detail dijelaskan pada gambar 13 dan gambar 14 dapat dilihat pada gambar 15.



Gambar 15. Proto-tipe sistem pelacak sumber gas artifisial

yang berada tepat didepan modul pelacak dalam lima titik searah jarum jam, yaitu  $-90^{\circ}$  (sebelah kiri),  $-45^{\circ}$  (sebelah kiri),  $0^{\circ}$  (lurus depan),  $+45^{\circ}$  (sebelah kanan) dan  $+90^{\circ}$  (sebelah kanan). Arah yang mampu dicari oleh modul pelacak hanya 5 arah, hal ini disebabkan karena keterbatasan memori yang dimiliki oleh *microcontroller* dari sistem.



Gambar 16. Prosentase keberhasilan sensor menunjukkan arah yang benar untuk jarak 40 cm

### 3.3 Hasil Eksperimen Sistem Anjing Pelacak Elektronik

Pengujian pertama yang dilakukan terhadap sistem anjing pelacak elektronik adalah mencari sumber odor. Eksperimen yang dilakukan adalah mencari sumber odor

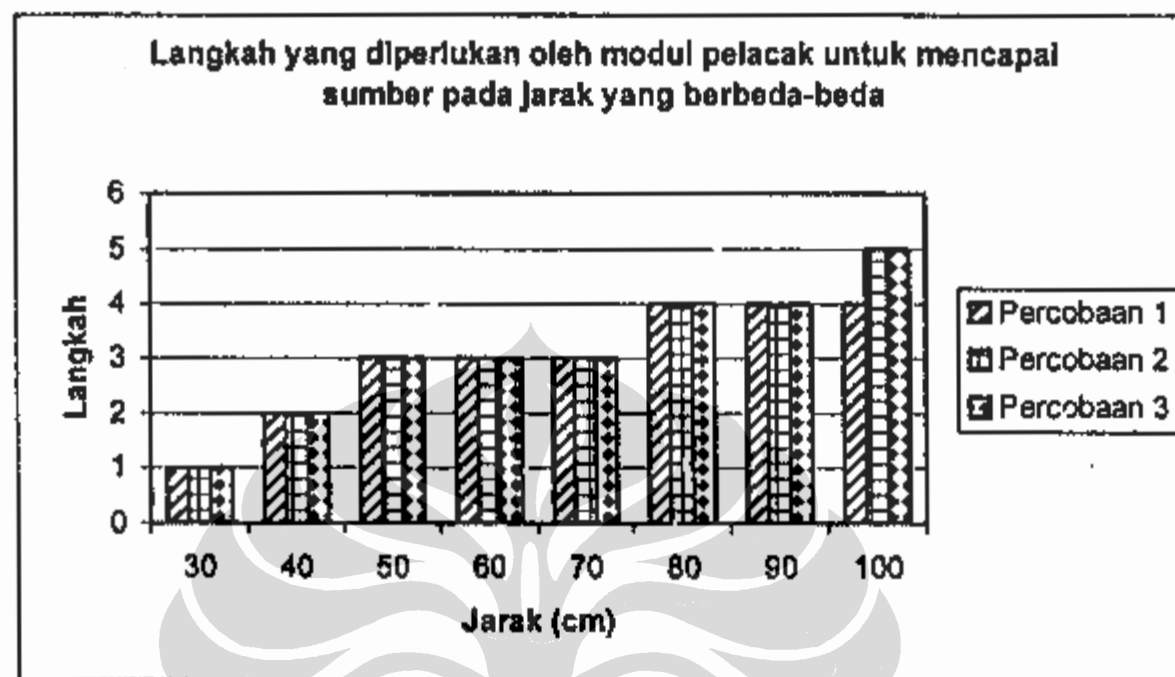
Adapun percobaannya mempunyai batasan-batasan sebagai berikut : Wadah sumber alkohol berdiameter  $7,115 \pm 0,001$  cm, konsentrasi alkohol 70% dan di dekat sumber diberi kipas 220 Volt AC. Sebelum

diujicobakan, terlebih dahulu harus diketahui tingkat keberhasilan sistem pelacakan odor ini untuk mengetahui arah sumber yang benar. Untuk itu diambil dua sampel jarak yaitu 40 cm. Pengujian ini diulang 20 kali secara kontinu untuk setiap titik sumber. Hasilnya dapat dilihat dalam gambar 16.

Dari gambar 16 terlihat bahwa sistem pelacak sumber gas artifisial dapat melacak dengan baik pada jarak 40 cm. Terlihat untuk semua arah sumber hasil pengenalan masih diatas 75% [18]. Pengujian kedua adalah menguji jumlah langkah yang dibutuhkan oleh sistem pelacak

sumber gas artifisial untuk mencapai sumber odor dengan jarak yang berbeda-beda. Satu langkah yang dimaksud dalam penelitian ini adalah satu siklus proses dari data yang diambil oleh modul pelacak lalu dikirim ke modul pengolah data untuk dianalisa, setelah itu modul pengolah data akan mengirim hasil analisa kepada modul pelacak untuk melakukan respon [18].

Dari gambar 17 terlihat bahwa semakin jauh jarak sumber odor yang dituju semakin banyak langkah yang dibutuhkan.



Gambar 17. Langkah yang diperlukan oleh modul pelacak dalam mencari sumber odor di depannya dengan jarak yang berbeda-beda

PERPUSTAKAAN PUSAT  
UNIVERSITAS

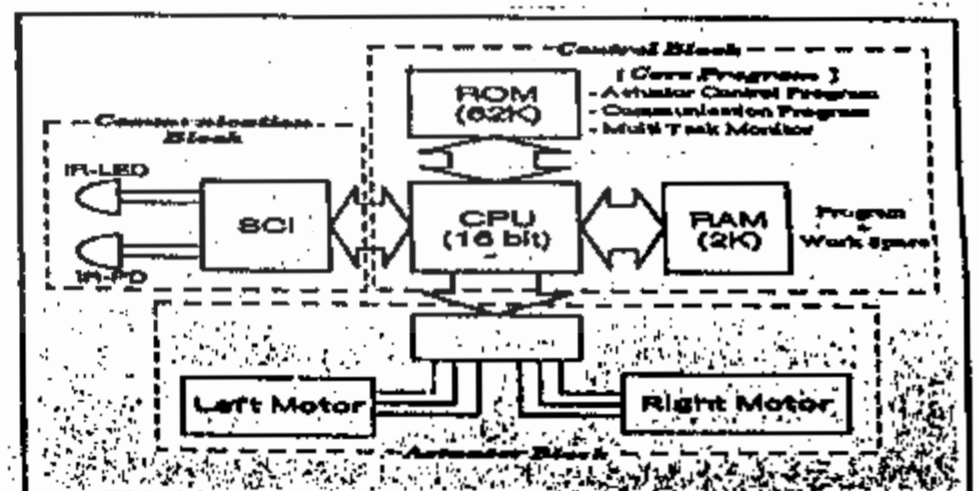
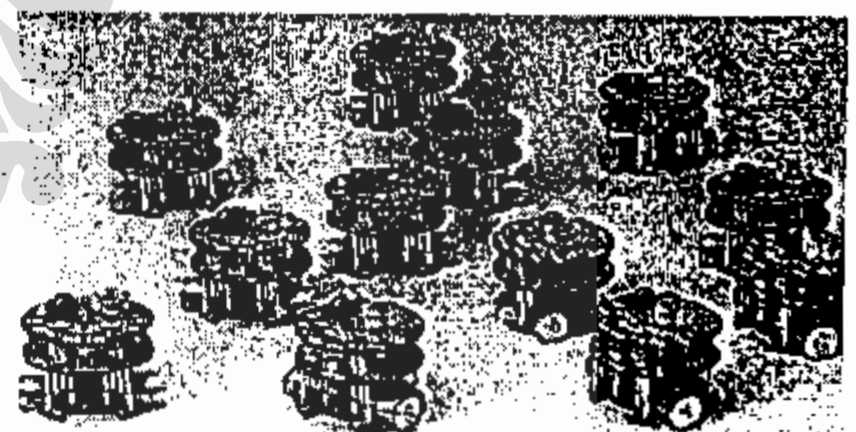
## 4. KESIMPULAN

### 4.1 Analisa

Prototype anjing pelacak yang telah diimplementasikan di Lab. Jaringan Syaraf Tiruan Fasilkom UI mempunyai beberapa kekurangan seperti keterbatasan jumlah langkah algoritma yang diimplementasikan dan pemrosesan data yang dilakukan oleh Personal komputer. Hal tersebut dikarenakan kecilnya kapasitas memori di micro controller yang digunakan.

### 4.2 Pengembangan Sistem Lebih Lanjut

Penelitian lebih lanjut mengenai anjing pelacak akan dilakukan di Jepang adalah menjadikan anjing pelacak sumber gas artifisial menjadi sistem yang otomatis mengacu pada penelitian Prof. Fukuda di Nagoya University yaitu MARS (Micro Autonomous Robotic System) [20-21].



Gambar 18. (a) Bentuk fisik dari robot MARS (b) Arsitektur perangkat keras dari robot MARS



Ada 3 hal penting yang perlu diperhatikan untuk menjadikan suatu sistem menjadi MARS :

1. Aktuator dari sistem tersebut harus dapat bergerak flexibel dan cepat.
2. Sensor dapat menangkap informasi dari sistem dengan jelas.

Micro Controller yang dapat merespon informasi yang diberikan dari sensor yang akan diterjemahkan untuk mengerjakan aktuator dalam hal ini implementasi algoritma searching.

## REFERENCE

- [1]. Ide J., Ito M., T. Nakamoto and T. Moriizumi, "Discrimination of Optical Isomers Using Quartz-Resonator Sensors", Technical Digest, 12, 1994, 133-116.
- [2]. Ide J., T. Nakamoto and T. Moriizumi, "Development of Odor-Sensing System Using an Auto-Sampling Stage and Identification of Natural Essential Oils", Olfaction and Taste XI, Tokyo, 1994, 727-730.
- [3]. W. Jatmiko and B. Kusumoputro, "Artificial Odor Discrimination System for Recognize the Fragrance Mixture with Probabilistic Neural Network", Instrumentation, Measurements and Communication for the Future, Bandung, Indonesia, July 2001.
- [4]. Paul. E. Keller, "Overview of Electronic Nose Algorithms", International Joint Conference of Neural Network (IJCNN'99) in Washington, DC, USA.
- [5]. L. Fausett, "Fundamental of Neural Networks : Architecture Algorithms and Applications", Prentice Hall Inc. 1994.
- [6]. S. Haykins, "Neural Networks a Comprehensive Foundation", Prentice Hall Inc, 1994.
- [7]. W. Jatmiko, "Improving the Electronic Nose System Uses 16 sensors : Characteristic and Application", Master Thesis, Computer Science, UI 2000.
- [8]. W. Jatmiko and B. Kusumoputro, "Mixture Odor Recognition Using the Probabilistic Neural Network in Electronic Nose Systems", Computer Science and Information Technology Journal, Vol. 1, No.1, May, 2001. (In Indonesian)
- [9]. W. Jatmiko and B. Kusumoputro, "Improvement Electronic Nose Systems to Recognize the Fragrance Mixture", Nasional Seminar on Computational Intelligence II, Depok, Indonesia, October 2001. (In Indonesian)
- [10]. Y. Sakuraba, T. Nakamoto and T. Moriizumi, "New Method of Learning Vector Quantization", System and Compt. In Japan, 22(13), 1991, 93-102.
- [11]. W. Jatmiko and B. Kusumoputro, "Using the Fuzzy Learning Vector Quantization Algorithm to Recognize Unknown Odor Mixture in Electronic Nose Systems", Nasional Seminar on Computational Intelligence II, Depok, Indonesia, October 2001. (In Indonesian)
- [12]. B. Kusumoputro, H. Budiarto and W. Jatmiko, "Fuzzy-Neural LVQ and Its Comparison with Fuzzy Algorithm LVQ in Artificial Odor Discrimination System", ISA Transaction on the Science and Engineering of Measurement and Automation, 2002.
- [13]. W. Jatmiko and B. Kusumoputro, "The Characteristic of Electronic Nose Systems in Recognizing the Mixture and Composition Odor Using the Neural Network", Computer Science and Information Technology Journal, Vol. 1, No.2, October, 2001. (In Indonesian)
- [14]. W. Jatmiko and B. Kusumoputro, "Using Fuzzy-LVQ Algorithm to Recognize the Unknown Odor Mixture in the Artificial Odor Discrimination System", International Conference on Fundamentals of Electronics, Communication and Computer Sciences, Tokyo, Japan, March 2002.
- [15]. W. Jatmiko and B. Kusumoputro, "Optimization of Codebook Vectors using the Similarity Matrix Analysis in Fuzzy Learning Vector Quantization", Computation in Science and Nuclear Technology X Seminar, Batan, Jakarta, Indonesia, 1999. (In Indonesian)
- [16]. H. Ishida, K. Suetsugu, T. Nakamoto and T. Moriizumi, "Study of autonomous mobile sensing system for localization of odor source using gas sensors and anemometric sensors", Sensors and Actuators, A-45 (1994) 153-157
- [17]. H. Ishida, Y. Kagawa, T. Nakamoto and T. Moriizumi, "Odor-souce localization in the clean room by an autonomous mobile sensing system", Sensors and Actuators, B-33(1996) 115-121
- [18]. Sutrisno, "Pembuatan sistim penentuan dan pelacakan sumber odor dengan menggunakan sensor semikonduktor model TGS-822", Magister Thesis, Universitas Indonesia 1997 (dibawah bimbingan Dr. Benyamin Kusumoputro).
- [19]. Yuniarto, "Sistem Otomatisasi Pelacakan Odor Alkohol Dengan Menggunakan Sensor TGS-822 Dan Basic Stamp Computer", Tugas Akhir, FMIPA ITB 2001(dibawah bimbingan Dr. Benyamin Kusumoputro).
- [20]. H. Ishihara, T. Fukuda and K. Kosuge, "Approach to Distributed Micro Robotic System : Development of Micro Line Trace Robot and Autonomous Micro Robotic System", Proc. IEEE Int. Conf. on Robotic and Automation.
- [21]. T. Fukuda, H. Mizoguchi, K. Sekiyama and F. Arai, "Group Behavior Control for MARS (Micro Autonomous Robotic System)", Proc. of ICRA'99 pp. 1550-1555, 1999.