

Rancang Bangun Sistem Fuzzy Logic Pada Pengendalian Suhu Dan Kelembaban Inkubator Bayi

Haris Rizal Pambudi, W. Widhiada, W. Bandem Adnyana
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Usia kehamilan adalah sesuatu yang mempengaruhi daya tahan anak yang akan datang dan sifat hidupnya. Kehamilan dianggap cukup jika berlangsung antara 37-41 minggu yang ditentukan dari hari pertama haid pada hari ke-28 siklus. Bila terjadi persalinan sebelum mencapai usia kandungan 37 minggu maka persalinan tersebut dikatakan prematur. Oleh karena itu, bayi prematur harus dalam penanganan yang baik agar kualitas hidup bayi bisa lebih optimal. Dengan itu diperlukan inkubator bayi yang dapat mengontrol kestabilan suhu dan kelembaban. Untuk mengontrol suhu dan kelembaban di inkubator diperlukan mikrokontroler Arduino Mega 2560, Arduino Uno, sensor LM35, sensor DHT22 dan penambahan kontrol fuzzy logic. Menggunakan parameter suhu dengan set point 36°C dan kelembaban dengan range RH 60-80%. Dengan target suhu signal error pada sistem $\leq 5\%$ dan suhu maximum overshoot sistem $\leq 5\%$. Hasil dari penelitian ini didapatkan signal error rata-rata = 0,135% dan maximum overshoot = 0,834% pada pengujian tanpa beban. Didapatkan signal error rata-rata = 1,757% dan maximum overshoot = 1,052% pada pengujian dengan beban 2 Kg.

Kata kunci: Bayi Premature, Inkubator Bayi, Kontrol Suhu, Fuzzy Logic

Abstract

Gestational age is something that can influence the endurance of the embryo and its personal satisfaction. By and large, a pregnancy that is thought of as adequate assuming it keeps going between 37-41 weeks is determined from the main day of the keep going feminine period on the 28th day of the cycle. Meanwhile, if the delivery occurs before the gestational age reaches 37 weeks, the delivery is called premature. Thus, untimely children should be dealt with appropriately so their personal satisfaction can be more ideal. We need infant incubator to control the stability of temperature and humidity. To control temperature and mugginess in inkubator required Arduino Mega 2560 microcontroller, Arduino Uno, LM35 sensor, DHT22 sensor and added fuzzy logic. Using temperature parameters with a set point of 36°C and humidity with an RH range of 60-80%. With the target temperature signal error on the system $\leq 5\%$ and the maximum system overshoot temperature $\leq 5\%$. The results of this study obtained an average signal error = 0.135% and a maximum overshoot = 0.834% in the no-load test. The average signal error = 1.757% and maximum overshoot = 1.052% in the test with a load of 2 Kg.

Keyword: Prematur Baby, Infant Incubator, Temperature Control, Fuzzy logic

1. Pendahuluan

Usia kehamilan merupakan hal yang dapat mempengaruhi daya tahan calon bayi dan hidupnya. Umumnya, kehamilan dianggap cukup jika berlangsung antara 37-41 minggu, ditentukan dari hari pertama haid selesai pada hari ke-28 siklus. Sementara itu, jika persalinan terjadi sebelum usia kehamilan mencapai 37 minggu, maka persalinan disebut prematur. Evaluasi yang tepat terhadap angka kelahiran prematur tidak dapat diakses di Indonesia. Angka kelahiran prematur dan angka kematian bayi baru lahir dini di Indonesia masih cukup tinggi. Indonesia menempati posisi 10 besar dari 184 negara dengan frekuensi kelahiran bayi prematur yang tinggi, khususnya 15,5 kelahiran premature per 100 kelahiran hidup. Dilihat dari jumlah anak yang dilahirkan secara premature, Indonesia merupakan salah satu dari negara kelima dengan jumlah bayi prematur terbanyak di dunia, yaitu 675.700 anak (WHO, 2014). Dari segi jumlah kematiannya, Indonesia menempati urutan ketujuh dari sepuluh negara dengan jumlah kematian balita yang tidak

terhitung jumlahnya, yang berjumlah 25.800 passing. (UCFS, 2014) [1].

Ada 3 tiga klasifikasi prematur, yaitu *extremely preterm* (lahir kurang dari 28 minggu), *very preterm* (lahir pada 28 sampai kurang dari 32 minggu), dan *moderate to late preterm* (lahir pada 32 sampai kurang dari 37 minggu). Jika bayi lahir lebih cepat dari hari perkiraan lahir kondisi atau bahaya yang didapat dari kecerobohan akan pasti meningkat. Oleh karena itu, bayi prematur harus dirawat dengan baik agar kepuasan pribadinya dapat lebih ideal. [2]. Inkubtor bayi merupakan alat yang diperlukan untuk penanganan bayi premature, namun incubator yang beredar saat ini masih bersifat manual dan perawat harus terus mengawasinya. Human error sangat bisa terjadi dan bisa berakibat pada Kesehatan maupun nyawa bayi tersebut.

Pengendalian otomatis sangat diperlukan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Logika fuzzy dinilai mampu untuk mengatasi permasalahan tersebut karena termasuk dalam control cerdas. Oleh karena itu logika fuzzy dapat menggantikan system *on-off* pada incubator dan dinilai ideal untuk bayi.

2. Dasar Teori

2.1 Inkubator Bayi

Inkubator bayi adalah tempat perawatan dan penyesuaian suhu dan kelembaban untuk bayi yang lahir premature atau lahir sebelum waktunya (kurang dari 37 minggu). Bayi normal lahir setelah dikandung kira-kira 40 minggu dalam kandungan. Rata-rata berat bayi normal berkisar antara 2500gram sampai dengan 4000 gram, sedangkan jika bayi terlahir prematur berat bayi kurang dari 2500 gram [2].

Alat untuk mencegah keadaan tubuh mengalami kesulitan menahan tekanan suhu rendah atau hipotermia pada bayi yang baru lahir atau prematur dengan cara menghangatkan suhu ruangan sekitar disebut inkubator bayi. Pada dasarnya inkubator bayi terbagi menjadi 2 bagian yaitu boks kontrol bawah dan atas. Pada boks bagian bawah terdapat elemen pemanas, mikrokontroler sedangkan bagian atas terdapat tempat tidur bayi dan sensor [3].

2.2 Sistem Kendali Fuzzy

Fuzzy logic diperkenalkan pertama kali oleh Prof. Lotfi Zadeh dari universitas California di Berkeley, pada pertengahan 1960. Untuk menghitung gradasi yang tak terbatas jumlahnya antara benar dan salah, Zadeh mengembangkan ide penggolongan set yang ia namakan set *fuzzy*. Tidak seperti logika boolean, *fuzzy logic* memiliki banyak nilai. Menggunakan *Fuzzy logic* untuk mencapai penyelesaian crisp pada masalah khusus biasanya melibatkan tiga Langkah yaitu: fuzzifikasi, rule evaluation, dan defuzzifikasi.

2.3 Fis (Fuzzy Inference System)

Jenis-jenis dari FIS (Fuzzy Inference System) yang sering dipakai antara lain:

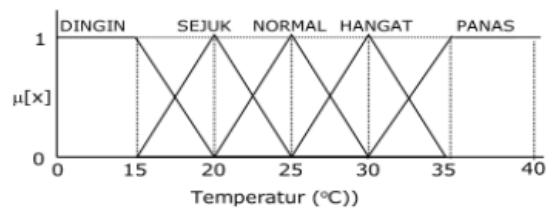
1. Metode Tsukamoto
metode ini mempunyai konsep yang setiap aturan tang berkaitan dengan IF – THEN yang harus dpresentasikan suatu himpunan logika fuzzy dengan keanggotaan yang monoton.
2. Metode Mamdani
metode ini juga sering disebut juga dengan metode Max-Min. Pertama kali metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Konsep ini memiliki 4 tahap untuk memperoleh output yang diinginkan, yaitu pembentukkan himpunan fuzzy, aplikasi fungsi fuzzy implikasi, komposisi aturan dan penegasan (defuzzy).
3. Metode Sugeno
metode ini disebut juga metode penalaran atau rule evaluation Takegi Sugeno yang mana konsep ini tidak berupa himpunan

fuzzy untuk mendapatkan output. Tetapi konstanta atau persamaan linier

2.4 Himpunan Fuzzy

Ada beberapa hal yang dapat dipahami dalam memahami sistem fuzzy, yaitu:

1. Variabel fuzzy merupakan variabel yang akan dibahas dalam suatu cakupan sistem fuzzy. Contoh: umur, temperatur, permintaan, dsb.
2. Himpunan fuzzy merupakan suatu grup yang bisa mengatasi suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel fuzzy. Sebagai contoh variabel temperatur dibagi menjadi 5 himpunan fuzzy, yaitu: DINGIN, SEJUK, NORMAL, HANGAT dan PANAS.

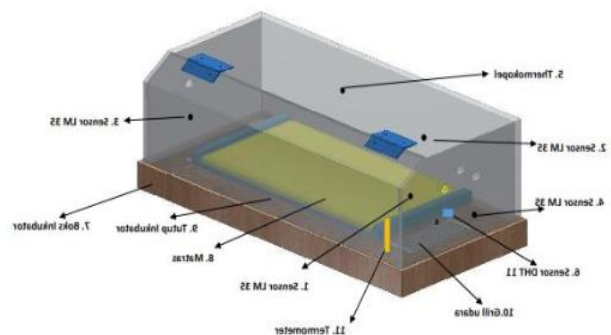


Gambar 1. Himpunan fuzzy pada variable temperature

3. Metode Penelitian

3.1 Rancangan Penelitian

Pada perancangan *prototype* inkubator ini terdiri dari boks bawah sebagai tempat mikrokontroler Arduino Mega 2560, Arduino Uno, lampu pijar, Motor Servo, *dimmer*, kipas, *driver motor L298*. Sedangkan bagian boks atas terdapat sensor DHT22, sensor LM35, tempat tidur bayi. Ukuran dari *prototype* inkubator bayi adalah dengan panjang = 65cm, lebar = 45cm, dan tinggi = 45cm.



Gambar 2. Model *prototype* inkubator

3.2 Alat dan Instrumen Penelitian

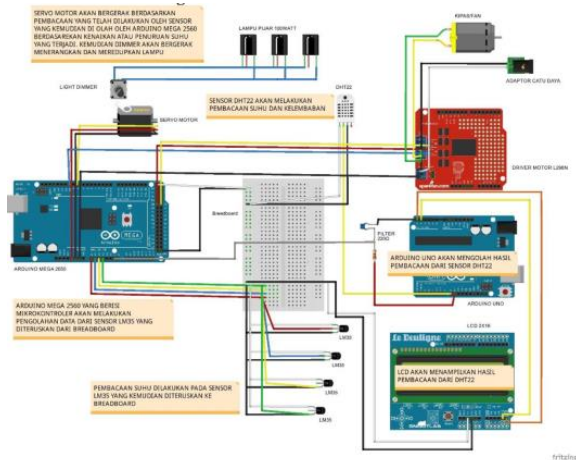
Adapun alat dan instrumen penelitian *prototype* inkubator bayi sebagai berikut:

1. Akrilik
2. Multiplex
3. Arduino Mega 2560
4. Arduino Uno

5. Dimmer
6. Motor Servo
7. Driver motor L298N
8. Lampu pijar 100 watt 3 buah
9. Sensor DHT22
10. Sensor LM35
11. Thermocouple tipe K
12. LCD 2x16
12. Kipas DC
13. Adaptor
14. Filter

3.3 Skematik Rancangan Mikrokontroler

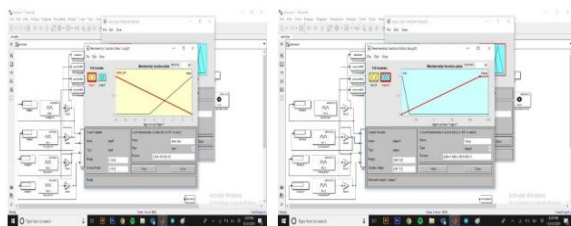
Dari Skema gambar diatas suhu dari sensor LM35 dapat mengantarkan input aliran listrik kecil, yang dijumpatani oleh whiteboard yang kemudian diproses oleh Arduino mega 2560 yang berupa sinyal analog, yang sudah terisi oleh system fuzzy logic yang kemudian disalurkan menjadi output menuju servo untuk menggerakkan lightdimmer. Fungsi lightdimmer disini sebagai pengatur terang dan redup lampu. Sementara itu untuk sensor DHT22 akan melakukann pembacaan suhu dan kelembaban yang berupa sinyal digital yang diproses oleh ARDUINO UNO R3 yang kemudian akan diteruskan dan ditampilkan pada pembacaan LCD.



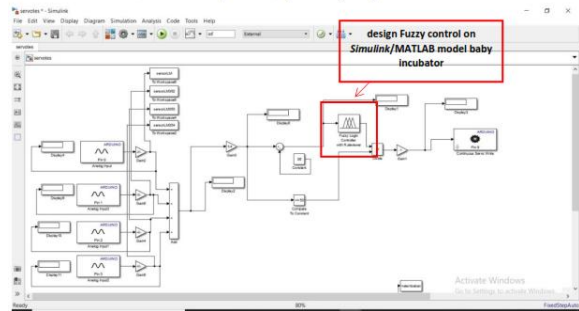
Gambar 3. Gambar skematik mikrokontroler

3.4 Rancangan Model Simulink

Pada rancangan model Simulink ini dibantu dengan software MATLAB/Simulink. Dengan cara menghubungkan blok-blok Simulink sesuai dengan pin yang digunakan.



Gambar 4. Input dan Output Fuzzy Logic



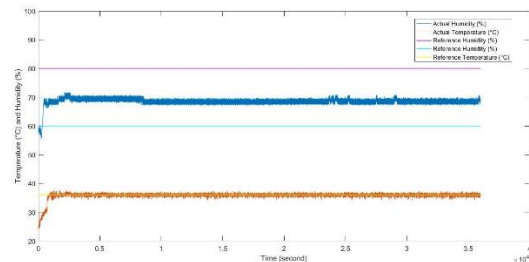
Gambar 5. Kontrol fuzzy prototype inkubator bayi

Pada gambar 5 merupakan rancangan kontrol Fuzzy pada *prototype* inkubator bayi dengan bantuan software MATLAB/Simulink. Tuning parameter menggunakan metode trial and error.

4. Hasil dan Pembahasan

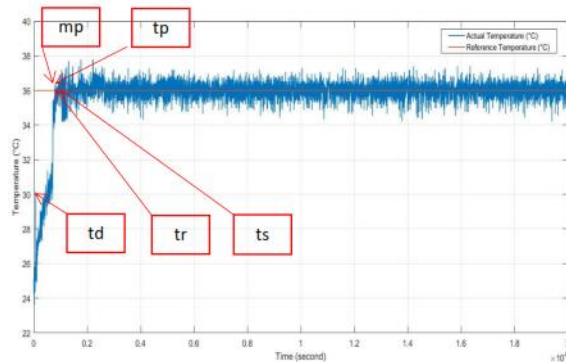
4.1 Analisa Pengujian *Prototype* Inkubator Tanpa Beban

Pada gambar 6 adalah hasil pengujian *prototype* inkubator tanpa beban selama 36.000 detik dengan menggunakan software *MATLAB/Simulink*. Dapat dilihat setting point suhu pada suhu 36°C dan kelembaban 80 %-60% RH.



Gambar 6. Grafik hubungan suhu dan kelembaban

Pada gambar 6. terlihat grafik mulai mengalami peningkatan antara suhu dan kelembaban diruangan inkubator dan stabil ketika suhu sudah mencapai setpoint yaitu pada 36°C.

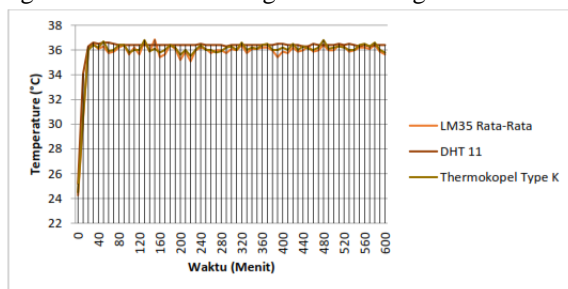


Gambar 7. Analisa respon sistem

Analisa respon sistem pengujian *prototype* inkubator bayi tanpa beban. Adapun parameternya sebagai berikut:

1. Delay time(td) = 74s
2. Rise time(tr) = 791s
3. Peak time(tp) = 1801s
4. Maximum overshoot (Mp) = $\frac{PV-SV}{SV} \times 100\%$
 $= \frac{36,3001-36}{36} \times 100\% = 0,834\%$
5. Settling time(ts) = 830s
6. Error signal (\bar{e}) = $\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{PV-SP}{SP} \times 100\% =$
 $\frac{4874,27}{36001} = \frac{0,135392628}{36} \times 100\% = 0,135\%$

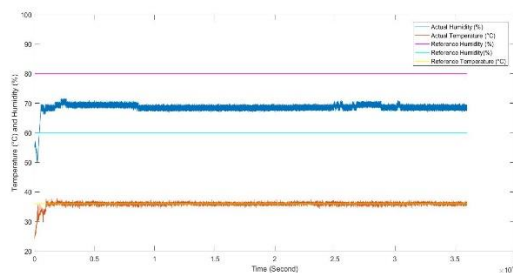
Untuk hasil pengukuran pada ruang inkubator dengan menggunakan sensor suhu DHT22, sensor LM35 dan thermometer ruang diperoleh grafik yang dijabarkan pada gambar 8. Dapat dilihat grafik cenderung sama arah perubahannya namun pada sensor LM35 dan DHT22 terlihat perbedaan. Dimana sensor DHT22 tidak mengalami osilasi yang signifikan dibandingkan dengan LM35



Gambar 8. Korelasi sensor

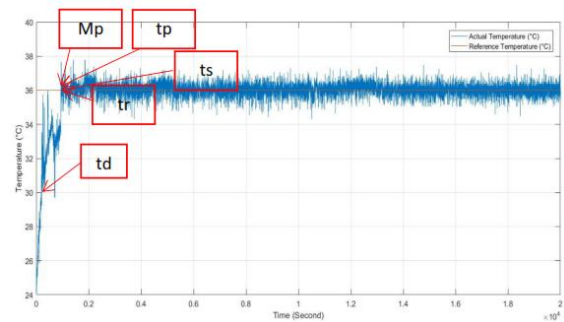
4.2 Analisa pengujian *prototype* incubator dengan beban

Pada gambar 9 merupakan hasil grafik dari pengujian *prototype* incubator dengan pemberian beban bayi tiruan seberat 2kg selama 36.000 detik dengan menggunakan software *MATLAB/Simulink*.



Gambar 9. Grafik hubungan suhu dan kelembaban

Pada gambar 9 terlihat grafik mulai mengalami peningkatan antara suhu dan kelembaban diruangan inkubator dan stabil ketika suhu sudah mencapai setpoint yaitu pada 36°C.

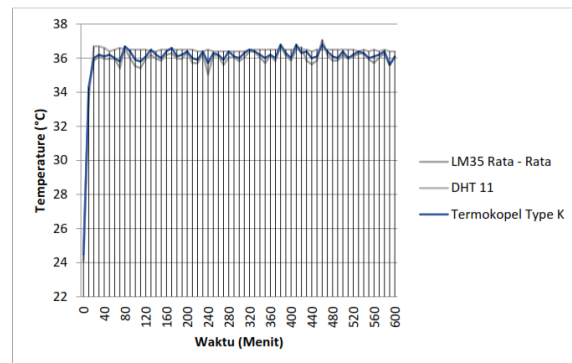


Gambar 10. Analisa respon sistem

Pada gambar 10 dilakukan analisa respon sistem pada pengujian *prototype* incubator bayi dengan pemberian beban 2 kg. Adapun parameternya sebagai berikut:

1. Delay time(td) = 197s
2. Rise time(tr) = 941s
3. Peak time(tp) = 952s
4. Maximum overshoot (Mp) = $\frac{PV-SP}{SP} \times 100\%$
 $= \frac{36,3787-36}{36} \times 100\% = 1,052\%$
5. Settling time(ts) = 960s
6. Error signal (\bar{e}) = $\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{PV-SP}{SP} \times 100\% =$
 $\frac{22773,09762}{36001} = \frac{0,632586045}{36} \times 100\% = 1,757\%$

Untuk hasil pengukuran pada ruang inkubator dengan menggunakan sensor suhu DHT22, sensor LM35 dan thermometer ruang diperoleh grafik yang dijabarkan pada gambar 11. Dapat dilihat grafik cenderung sama arah perubahannya namun pada sensor LM35 dan DHT22 terlihat perbedaan. Dimana sensor DHT22 tidak mengalami osilasi yang signifikan dibandingkan dengan LM35.



Gambar 11. Korelasi sensor

4.3 Penggunaan Tabel Psikometri Pada Inkubator Bayi

Penggunaan tabel Psikometri ini untuk mengetahui specific volume dan entalphy. supaya diketahui berapa energi yang dibutuhkan untuk perubahan suhu, Dry Bulb Temperature, dan Relative Humidity yang digunakan untuk mendapatkan nilai SpV dan H pada saat detik ke-0, delay time(TD), rise time(TR), Setling Point(TS), peak time(TP) dan detik ke 36000.

Tugas Akhir Jurusan Desain Produk Industri dan Teknik Sipil. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

Tabel 1. Hasil pembacaan tabel psikometri pada data tanpa beban

Waktu	Dry Bulb Temperature	Relative Humidity	Entalphy	SpV
0	24,26	57	51,19	0,856
74	30,13	60,25	71,19	0,881
791	30,09	67,25	76,12	0,884
801	36,3	66,75	100,57	0,911
830	36,09	68	76,81	0,884
962	35,77	68	97,85	0,909
36000	35,64	68,5	101,37	0,911

Tabel 2. Hasil pembacaan tabel psikometri pada data dengan beban

Waktu	Dry Bulb Temperature	Relative Humidity	Entalphy	SpV
0	24,15	56,25	51,24	0,857
197	30,3	51,5	66,19	0,879
941	36,09	67,5	102,53	0,912
952	36,38	68,25	104,72	0,914
960	36,09	69	104,06	0,913
977	35,98	68	102,51	0,912
36000	36,04	68	102,51	0,912

Dengan menggunakan tabel psikometri dapat dilihat energy dan enthalpy yang dibutuhkan untuk perubahan suhu

5. Kesimpulan

Dari penelitian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan:

1. Dengan penambahan kontrol fuzzy sesuai metode *tuning trial and error* pada model *Simulink/MATLAB prototype* inkubator bayi maka didapat nilai rata-rata tanpa beban error $\bar{e} = 0,135\%$ dan dengan beban 2 kg didapat nilai rata-rata sinyal error $\bar{e} = 1,757\%$.
2. Dengan penambahan kontrol fuzzy sesuai dengan metode *tuning trial and error* pada model *Simulink/MATLAB prototype* inkubator bayi tanpa beban diperoleh M_p (Maximum Overshoot) = 0,834% dan yang menggunakan beban 2kg diperoleh M_p (Maximum Overshoot) = 1,052%.
3. Dengan menambahkan kontrol fuzzy sistem mencapai keadaan (settling time), t_s pada detik ke-830 saat pengujian *prototype* inkubator tidak menggunakan beban. sedangkan pada pengujian *prototype* inkubator dengan pemberian beban bayi tiruan seberat 2kg sistem mencapai keadaan settling time pada detik ke-960.

Daftar Pustaka

- [1] Rizqiani, R. F., & Yuliana, L. (2014). **Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kematian Bayi Prematur di Indonesia**. E-Journal Widya Kesehatan dan Lingkungan, 1(1), 224517.
- [2] Prasojo, S., & Suprianto, B. (2019). **Rancang Bangun Sistem Pengendalian Suhu Pada Inkubator Bayi Berbasis Fuzzy Logic Controller**. JURNAL TEKNIK ELEKTRO, 8(1).
- [3] Harseno, Ahmad R. 2017. *“Desain Inkubator Bayi dengan Konsep Harga Terjangkau”*.

	<p>Haris Rizal Pambudi Menyelesaikan Studi S1 di Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana Pada Tahun 2022.</p>
<p>Bidang penelitian yang diminati adalah topik-topik yang berkaitan dengan sistem kontrol dan topik apapun yang berkaitan dengan Robotika.</p>	