

# KONTROL PID UNTUK PENGATURAN KECEPATAN MOTOR PADA PROTOTYPE AYUNAN BAYI OTOMATIS

Nita Rachmadyanti, Ardik Wijayanto, Edi Satriyanto, Rika Rokhana

*Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya  
Kampus PENS-ITS Sukolilo, Surabaya*

Nita\_Gici@yahoo.com

**Abstrak**— Pada era globalisasi seperti saat ini, untuk memenuhi kebutuhan hidup dibutuhkan kerja keras. Karena itu setiap orang sangat sibuk dengan pekerjaan masing-masing, apalagi yang tinggal di kota metropolitan tentunya memiliki gaya hidup yang ingin segalanya serba otomatis, cepat dan praktis. Bagi para orang tua yang memiliki bayi yang baru lahir biasanya pada malam hari saat tertidur, mereka terganggu oleh tangisan bayi dan harus menenangkannya. Sebagian besar bayi terbangun ditengah malam karena perubahan fase tidur dari tidur lelap ke tidur ringan lalu bangun. Ketika terbangun biasanya akan menangis dan biasanya ibu menyusui atau menggendong bayinya. Untuk mengatasi masalah tersebut maka dibuat suatu sistem yang dapat mengayunkan bayi ke kiri dan ke kanan seperti pendulum dengan kecepatan yang diatur dengan kontrol PID agar didapatkan pengayunan yang stabil. Penalaan parameter PID didapatkan dengan metode kurva reaksi. Fasilitas tambahan pada sistem ini disediakan pemilihan level kecepatan yang dapat diatur melalui *pushbutton* dan pendeteksi tangisan bayi dengan menggunakan mic kondensor. Hasil yang didapat setelah 10 kali pengujian adalah ketika ada suara tangisan bayi yang terdeteksi oleh mic, mikrokontroler mengeksekusi perintah untuk menjalankan motor yang telah dikontrol menggunakan PID dengan keakuratan 86%.

**Kata kunci** : mikrokontroler, kontrol PID, *setting point*, *frequency detector*, kurva reaksi

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Bagi para orang tua yang memiliki bayi yang baru lahir biasanya pada malam hari saat tertidur, mereka terganggu oleh tangisan bayi dan harus menenangkannya. Adapun cara yang dipilih untuk menenangkan bayi adalah tidak mengabaikan kebutuhan rasa aman pada bayi karena kualitas tidur bayi tidak hanya berpengaruh pada perkembangan fisik tapi juga sikapnya keesokan hari. Bayi yang tidur cukup tanpa sering terbangun akan lebih bugar dan tidak gampang rewel. Manfaatnya juga dapat dirasakan orangtuanya. Kualitas tidur orangtua bisa lebih baik jika bayi tertidur pulas sepanjang malam dan tentunya aktifitas dari pagi hingga sore hari pun dijalani dengan lancar. Seperti yang diungkapkan Siobhan Stirling dalam bukunya “Sleep” sebagian besar bayi terbangun ditengah malam karena perubahan fase tidur dari tidur lelap ke

tidur ringan lalu bangun. Ketika terbangun biasanya akan menangis dan biasanya ibu menyusui atau menggendong bayinya.

### B. Tujuan

Tujuan dari proyek akhir ini adalah merencanakan, merancang dan membuat sistem sebuah ayunan bayi otomatis yang mampu bergerak setelah mendeteksi suara tangisan bayi dengan gerakan yang perlahan dan stabil selama beberapa waktu

### C. Perumusan Masalah

Permasalahan utama yang akan dibahas dalam tugas akhir ini antara lain:

- Merancang perangkat keras untuk mendeteksi suara tangisan bayi.
- Bagaimana mendapatkan kecepatan putaran motor
- Bagaimana menerapkan PID pada kecepatan putaran motor pengayun

### D. Batasan Masalah

Berikut ini adalah batasan masalah yang dipakai dalam proyek akhir ini, yaitu :

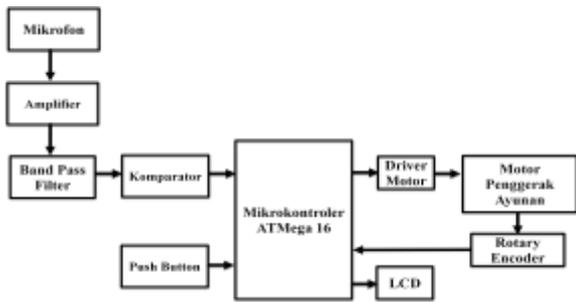
- Ayunan digunakan untuk satu bayi.
- Bayi dalam keadaan sehat
- Batas usia bayi adalah lima bulan.
- Batas berat bayi adalah 8 kg.
- Pengujian dilakukan di tempat yang minim noise.
- Sistem bekerja setelah mendapat sinyal dengan frekuensi suara tangisan bayi.

## II. PERENCANAAN dan PEMBUATAN

### A. Konfigurasi Sistem

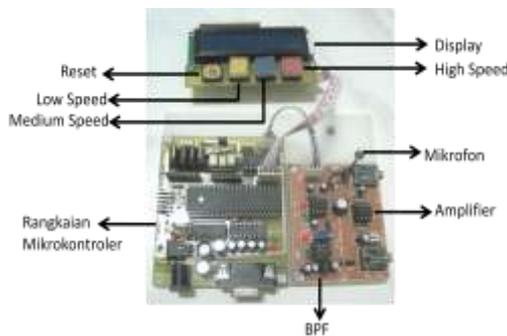
Secara umum, ayunan otomatis terdiri dari tiga bagian dasar, yaitu bagian perangkat keras (*hardware*), bagian perangkat lunak (*software*), dan bagian mekanik. Sistem tersebut akan menyediakan data bagi sistem kontrol untuk mengatur pemenuhan kebutuhan bayi. Mikrokontroler yang terhubung dengan pendeteksi tangisan bayi akan memberikan perintah kepada mikrokontroler untuk melakukan tugasnya yaitu

menyalakan motor dan mengatur kecepatannya sesuai nilai setpoint yang diberikan dengan kontrol PID. Blok diagram sistem keseluruhan dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 1. Blok Diagram Keseluruhan Sistem

Rangkaian mikrokontroler 2 adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Rangkaian Mikrokontroler

Gambar mekanik sistem ditunjukkan pada gambar 3 berikut:



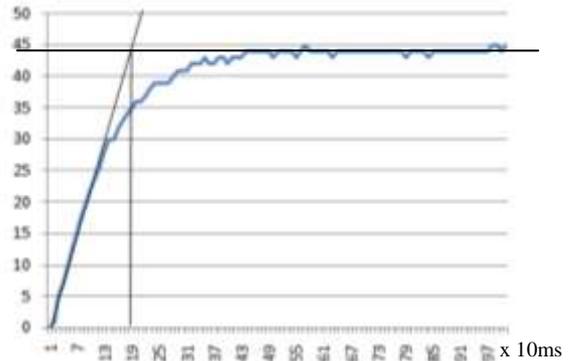
Gambar 3. Mekanik Keseluruhan Sistem

## B. Penalaan Konstanta PID

Perancangan kontrol pada proyek akhir ini adalah suatu tahapan dalam rangka mengontrol kecepatan agar box bayi tetap berayun dengan kecepatan yang diinginkan. Atau dalam kata lain, ditujukan untuk menstabilkan pergerakan ayunan agar bayi merasa nyaman.

Kontrol untuk mengendalikan kecepatan motor DC pada sistem digunakan kontroler PID. Kontroler ini merupakan kombinasi antara kontrol P, I dan D. Dengan menggabungkan ketiga kontroler tersebut, maka akan diperoleh luaran yang cukup ideal dari yang diharapkan.

Berdasarkan metode tuning PID Ziegler Nichols, cara mengambil garis singgung adalah dengan membuat garis lurus dan menghimpit pada respon yang memiliki nilai linier paling banyak dan harus melalui nilai  $\tau$  yaitu waktu yang diperlukan oleh respon untuk mencapai 63,2% dari nilai steady state respon. Dengan memberikan tegangan pada motor maka kecepatannya dapat diketahui dengan rotary, dan kurva kecepatan terhadap waktu ditunjukkan gambar berikut:



Gambar 4. Kurva respon motor terhadap masukan unit step.

Kurva menunjukkan bahwa sistem termasuk orde satu maka transfer function plant dapat ditulis:

$$\frac{C(s)}{U(s)} = \frac{K}{Ts+1} \quad (3.1)$$

$$K = \frac{Y_{ss}}{X_{ss}} = \frac{44}{9} = 4.8$$

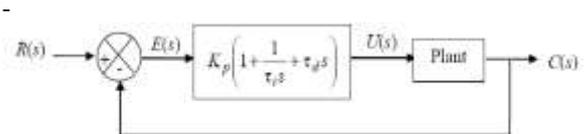
- Delay time (L)  
L = 10 ms
- Konstanta waktu tunda (T)  
T = 180ms

Berdasarkan persamaan 3.1 maka

$$TF \text{ plant} = \frac{C(s)}{U(s)} = \frac{4,8}{0.18s + 1} \quad (3.2)$$

Fungsi alih kontroler PID plant sebagai berikut:

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p \left( 1 + \frac{1}{\tau_i s + 1} + \tau_d s \right) \quad (3.3)$$

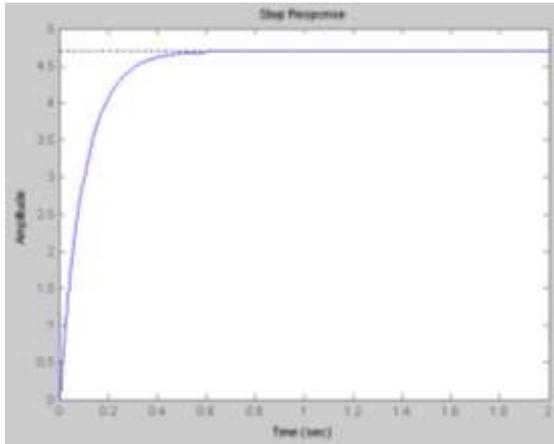


Gambar 5. Flowgraph PID

Dengan menggunakan bantuan Matlab maka dapat dilakukan simulasi dari transfer function yang telah diketahui (persamaan 3.2). Untuk memasukan nilai transfer function tersebut pada Matlab editor dapat dilakukan dengan menulis rumusan berikut:

```
num=4.8;
den=[0.18 1];
t=0:0.01:2;
step(num,den,t)
```

Berikut ini respon secara simulasi dengan Matlab:



Gambar 6. Respon Keluaran Open Loop

Dengan membandingkan antara hasil pengukuran Gambar 4. dan simulasi pada Gambar 6 yaitu dengan melihat secara visual bentuk grafik dan waktu mencapai steady state maka dapat ditarik kesimpulan bahwa transfer function yang diperoleh sudah sesuai karena bentuk grafik dan hasil pengukuran dan simulasi hampir sama dan waktu untuk mencapai steady state juga hampir sama pada 0,5 detik.

Berdasarkan rumusan metode kurva reaksi yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, maka konstanta PID dapat dicari dengan perhitungan berikut:

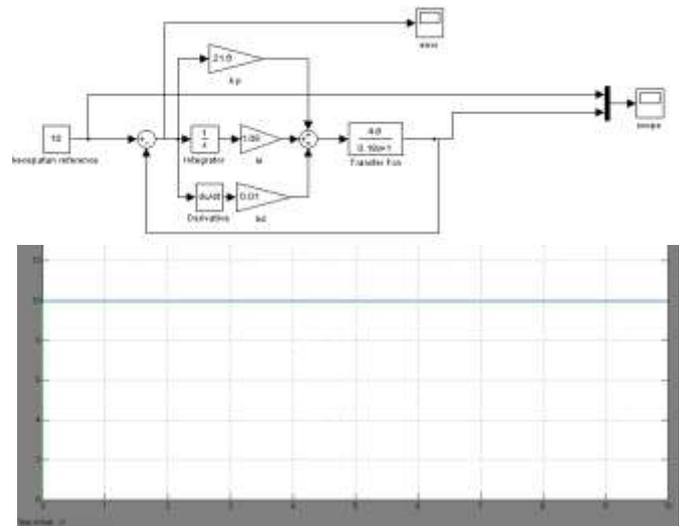
$$K_p = 1.2 (T/L) = 21.6$$

$$\tau_i = 2L = 20 \text{ ms}$$

$$\tau_d = 0.5 L = 5$$

$$K_d = K_p * \tau_d = 108$$

$$K_i = K_p / \tau_i = 1.08$$



Gambar 7 Simulasi Kontroler Dan Plant Dengan Simulink Matlab

Dalam aplikasinya, maka peran dari kontroler ini dapat diterapkan dalam program dengan formulasi seperti berikut:

$$pwm = pwm + K_p.error + K_d . d\_error + K_i . i\_error$$

### C. Perancangan dan Pembuatan Perangkat Keras

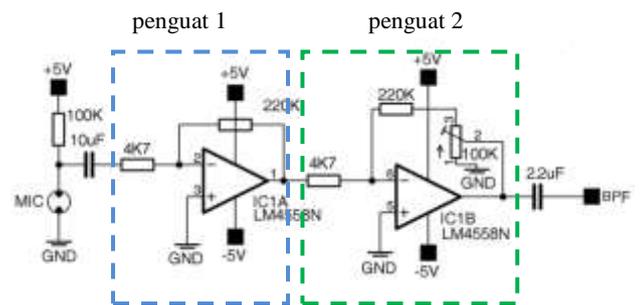
Sistem perangkat keras yang digunakan terbagi menjadi tiga bagian utama, yaitu bagian sensor, kontroler dan driver motor.

#### 1. Perancangan dan Pembuatan Sensor Suara:

Rangkaian sensor untuk mendeteksi suara tangisan bayi terdiri dari mikrofon (kondensor), penguat inverting, bandpass filter dan komparator.

##### - Penguat Inverting

Fungsi dari rangkaian ini adalah untuk menguatkan sinyal kecil yaitu sinyal suara yang ditangkap oleh mic kondensor yang outputnya sangat kecil (satuan mV) sehingga dapat dikuatkan hingga satuan Voltage.



Gambar 7. Rangkaian Penguat Inverting

Pada rangkaian penguat pertama nilai penguatannya adalah 46 kali berdasarkan rumus

$$G = -\frac{R_f}{R_i}$$

$$G = -\frac{220.000}{4700} = -46$$

Untuk rangkaian penguat kedua nilai penguatannya bergantung pada nilai VR, pada saat VR= 0 Ω

$$G = -\frac{220.000}{4700} = -46$$

saat VR= 50K Ω

$$G = -\frac{220.000 + 50.000}{4700} = -57$$

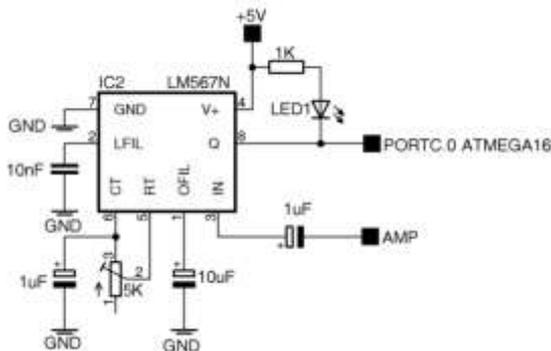
saat VR= 100K Ω

$$G = -\frac{220.000 + 100.000}{4700} = -68$$

Pada saat nilai VR = 0 Ω nilai penguatan total dari IC pertama dan kedua adalah 2116 kali, sedangkan saat nilai VR = 50K Ω nilai penguatan total dari IC pertama dan kedua adalah 2622 kali dan pada saat nilai VR pada posisi maksimum atau 100K Ω nilai penguatan total dari IC pertama dan kedua adalah 3128 kali.

#### - Bandpass Filter dan Komparator

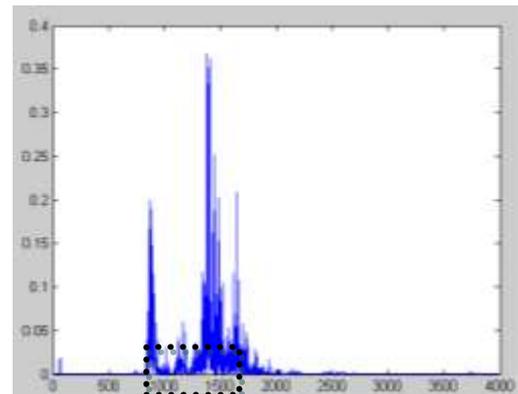
Pada rangkaian Bandpass Filter digunakan opamp yang sekaligus berfungsi sebagai komparator sehingga disebut juga *frequency detector*. *Frequency detector* terdiri LM567 dan komponen pasif. Rangkaian frequency detector ditunjukkan oleh gambar berikut:



Gambar 8. Rangkaian Frequency Detector

Untuk proses perancangan filter, digunakan metode Fast Fourier Transform (FFT) untuk mengetahui frekuensi yang dominan pada suara manusia sehingga dapat menentukan frekuensi cut-off filter. Dari sinyal suara yang sudah di olah dengan metode FFT untuk memperoleh titik dominan dari sinyal suara atau perintah yang diberikan dengan menggunakan Matlab. Output dari FFT masih dalam satuan indeks frekuensi dan belum menunjukkan frekuensi sebenarnya. Hal ini dikarenakan input dari FFT juga masih dalam indeks satuan waktu. Untuk mendapatkan frekuensi

yang sebenarnya maka pada program matlab harus di beri perintah yang telah dijelaskan sebelumnya. Berikut kurvanya



Gambar 9. Hasil FFT dari suara tangisan bayi

Frekuensi cut-off ( $f_c$ ) dari BPF adalah 1250 Hz dan 1000 Hz untuk  $f_l$  serta 1500 Hz untuk  $f_h$ .

Untuk nilai R dan C yang terpasang pada pin 5 dan 6 digunakan rumus:

$$f \cong \frac{1}{1.1 R_1 C_1}$$

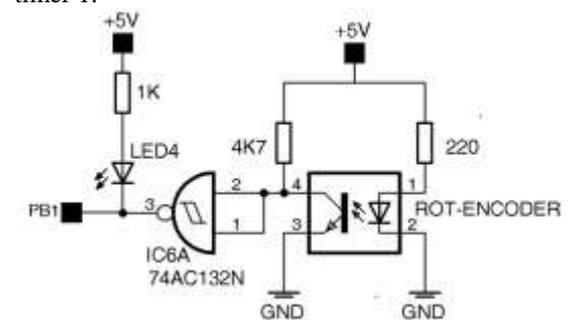
$$1250 \cong \frac{1}{1.1 R_1 \cdot 0,000001}$$

$$R_1 = 727 \Omega$$

Karena secara teori yang digunakan adalah komponen ideal maka agar efisien digunakan Variable Resistor dengan nilai 5K Ω.

#### 2. Perancangan dan Pembuatan Sensor Kecepatan:

Pada sensor kecepatan digunakan Rotary Encoder dan pendeteksian dilakukan oleh fotosensor sebagai penerima cahaya. Setiap lubang yang terdeteksi akan diakumulasikan pada rutin interrupt timer 1.



Gambar 10. Sensor Kecepatan

Pada sisi transmiter yaitu LED, kebutuhan tegangan untuk menyalakan LED adalah 1,5 hingga 2 Volt dengan arus sekitar 10 hingga 20 mA maka perhitungannya:

$$V_{CC} = V_R + V_{LED}$$

$$5 = V_R + 2$$

$$V_R = 3 \text{ V}$$

$$V_R = I \times R$$

$$3 \text{ V} = 15 \text{ mA} \times R$$

$$R = 200 \approx 220 \Omega$$

Pada sisi receiver, tegangan ( $V_D$ ) yang terukur pada photodiode saat menerima cahaya sebesar 0,5 hingga 0,9 Volt dan kebutuhan arusnya kecil diperkirakan 1 mA maka perhitungannya:

$$V_{CC} = V_R + V_D$$

$$5 = V_R + 0,7$$

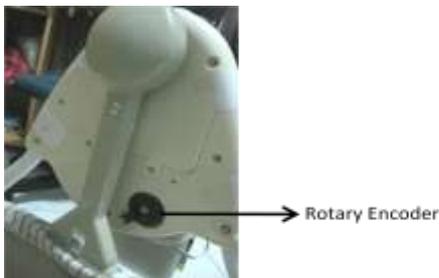
$$V_R = 4.1 \text{ V}$$

$$V_R = I \times R$$

$$4,3 = 1 \text{ mA} \times R$$

$$R = 4300 \approx 4K7 \Omega$$

Sensor kecepatan diletakkan pada besi motor DC yang ditunjukkan oleh gambar berikut:



Gambar 11. Penempatan Sensor Kecepatan Pada Mekanik

### 3. Perancangan dan Pembuatan Sensor Kecepatan:

Dalam membuat rangkaian mikrokontroler memerlukan pemahaman mengenai sistem minimum dari mikrokontroler yang akan dirancang itu sendiri. Sistem rangkaian yang dirancang diusahakan menggunakan rangkaian yang sederhana mungkin dan dengan pengkabelan yang baik, karena biasanya rangkaian tersebut bekerja pada frekuensi yang relatif tinggi, sehingga peka terhadap noise dari luar.

Berikut ini akan diberikan konfigurasi dari I/O mikrokontroler tiap bit yang ada pada masing-masing port yang terdapat pada mikrokontroler :

#### ◇ Port A

Seluruh pin digunakan untuk LCD dan konfigurasi bit dari port A adalah sebagai berikut:

- Port A.0 terhubung pada RS
- Port A.1 terhubung pada RD
- Port A.2 terhubung pada EN
- Port A.4 terhubung pada D4
- Port A.5 terhubung pada D5
- Port A.6 terhubung pada D6
- Port A.7 terhubung pada D7

#### ◇ Port B

Konfigurasi bit dari port B adalah sebagai berikut :

- Port B.1 digunakan sebagai timer

#### ◇ Port C

Konfigurasi bit dari port C adalah sebagai berikut:

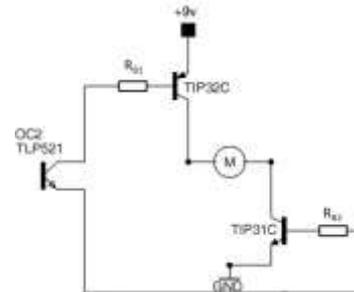
- Port C.0 sebagai input sensor suara
- Port C.1 sebagai input *pushbutton*
- Port C.2 sebagai input *pushbutton*
- Port C.3 sebagai input *pushbutton*
- Port C.4 sebagai output motor (rem)
- Port C.5 sebagai output motor (direction)
- Port C.6 sebagai output motor (enable)

#### ◇ Port D

- Port D.0 sebagai RXD untuk menerima data serial
- Port D.1 sebagai TXD untuk mengirim data serial

### 4. Perancangan dan Pembuatan Rangkaian Motor:

Motor yang digunakan adalah motor DC yang diberi sumber tegangan 9 V. Arah putaran motor tergantung pada logika yang diberikan di port C bit ke-6.



Gambar 12. Transistor Sebagai Switch

diketahui:

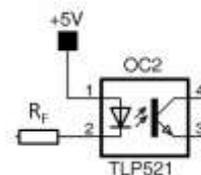
$$H_{fe} = 25 \quad I_c = 1 \text{ A}$$

$$I_B = 1/25 = 0,04$$

$$V_{CC} - V_{BE1} - I_B R_{B1} - V_{CE(OC2)} = 0$$

$$9 - 0,7 - 0,04 R_{B1} - 0,2 = 0$$

$$R_{B1} = 202,5 \Omega$$



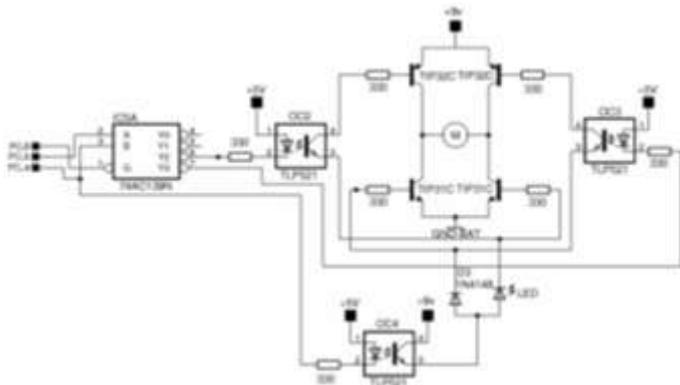
Gambar 13. Rangkaian Optocoupler

$$V_{CC} - V_f - I_f R_f = 0$$

$$5 - 1,3 - 0,01 R_f = 0$$

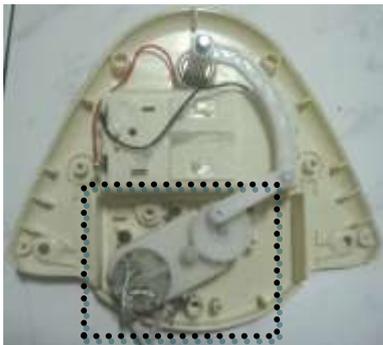
$$R_f = 370 \approx 330 \Omega$$

Untuk gambar rangkaian driver motor secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 14. Rangkaian Driver Motor

Gambar 15 menunjukkan penempatan motor pada mekanik sebagai penggerak ayunan bayi:

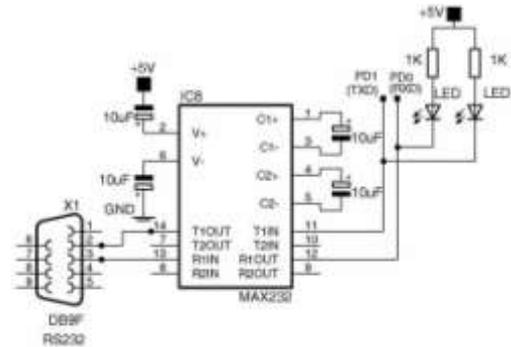


Gambar 15. Penempatan Motor Pada Mekanik

### 5. Perancangan dan Pembuatan Komunikasi Serial Dengan Komputer

Bagian yang penting dari komunikasi serial adalah konektor DB9 dan rs232. DB9 adalah konektor yang digunakan untuk menghubungkan hardware dengan komputer. Kegunaan RS232 adalah sebagai driver yang akan mengkonversi tegangan dari hardware agar sesuai dengan tegangan pada komputer sehingga data dapat dibaca. Untuk RS232 logika '1' jika tegangan -15 sampai -3 V sedangkan logika '0' jika tegangan +3 sampai +15 V. Pada TTL logika '1' antara +2 sampai +5 V dan logika '0' pada tegangan 0 sampai 0,8 V.

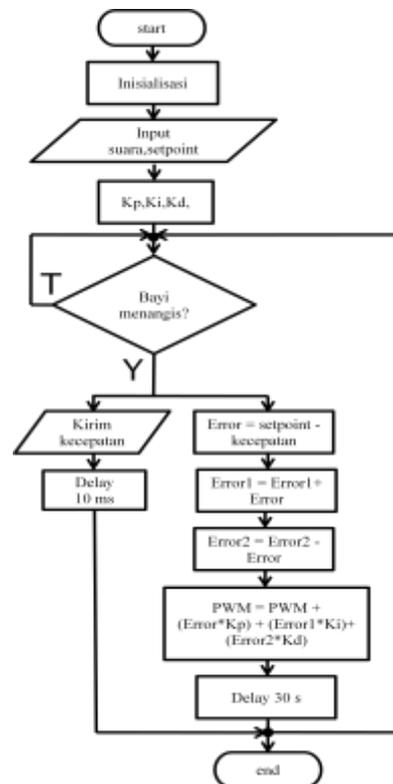
Rangkaian interface menerjemahkan level tegangan RS232 ke level tegangan TTL dan sebaliknya. Rangkaian interface menggunakan IC MAX232.



Gambar 16. Rangkaian Interface RS232

### D. Perancangan dan Pembuatan Algoritma

Software yang dibuat terdiri dari proses deteksi suara tangisan bayi, penghitungan lubang rotary, pengiriman data kecepatan motor ke komputer dan pengaturan nilai pwm. Flowchart program ditunjukkan oleh Gambar 17.



Gambar 17. Diagram Alir Perangkat Lunak

Pertama-tama nilai setpoint diatur dengan menekan *pushbutton* diikuti tombol *enter* kemudian untuk seluruh pekerjaan, mikrokontroler akan melakukan tugasnya antara lain mengaktifkan motor penggerak ayunan bayi dan juga mengatur kecepatannya sesaat setelah sensor suara mengirimkan logika '0' ke port C bit ke-0. Dengan begitu nilai error untuk masing-masing konstanta PID didapatkan. Proses selanjutnya adalah pengaturan kecepatan motor

dengan mengatur nilai PWM yang dilakukan oleh mikrokontroler berdasarkan rumus:

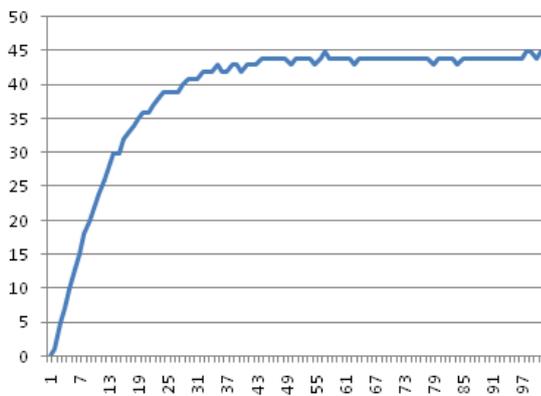
$$PWM = PWM + (Error * K_p) + (Error * K_i) + (Error * K_d)$$

Nilai  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$  didapatkan dari penalaan konstanta PID yang telah dijelaskan sebelumnya. Setelah itu motor aktif selama 30 detik dengan kecepatan tertentu dan kecepatan tersebut dikirim ke komputer setiap 10 milidetik agar dapat digrafikkan.

### III. PENGUJIAN dan ANALISA

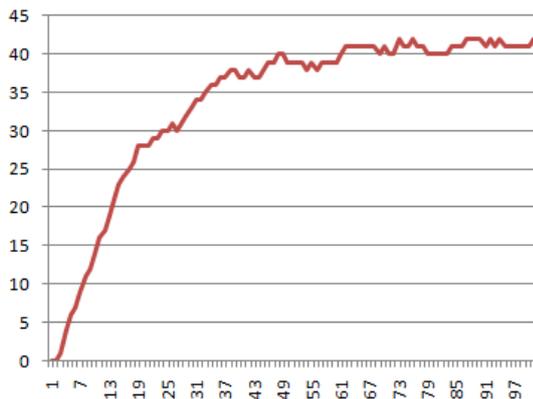
#### A. Pengujian Kontrol PID

Pengujian ini adalah untuk mengetahui perilaku awal motor penggerak ayunan. Motor diberi tegangan 9 Volt atau PWM 255 dan berikut ini adalah gambar respon motor sebelum dikontrol dan tidak ada bayi pada ayunan yang ditunjukkan oleh Gambar 18.



Gambar 18. Respon Motor DC Tanpa Beban Tanpa Kontroler

Sedangkan respon motor sebelum dikontrol tetapi terdapat bayi di ayunan ditunjukkan oleh Gambar 19. berikut:

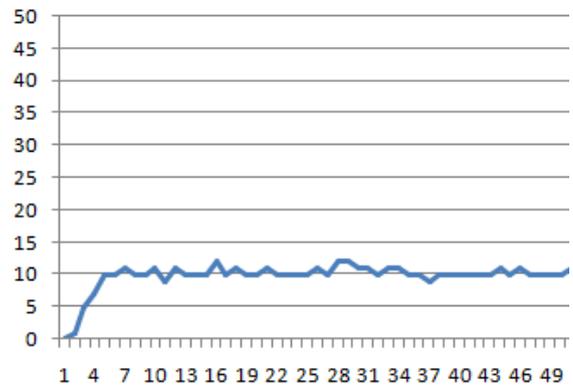


Gambar 19. Respon Motor DC Dengan Beban Tanpa Kontroler

Pada gambar 19 menunjukkan bahwa motor rawan terhadap gangguan yaitu beban bayi apalagi dengan mekanik yang pergerakannya berayun-ayun menyebabkan kecepatannya tidak stabil. Pada percobaan yang dilakukan,

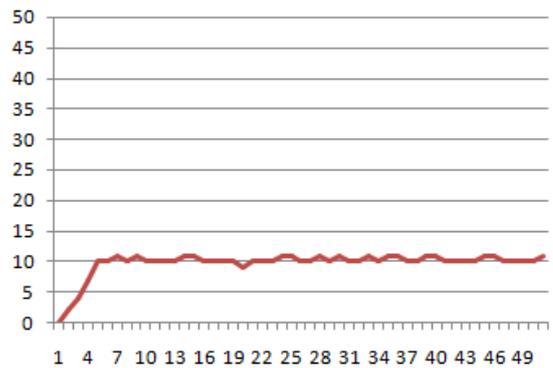
motor diberi tegangan 9 Volt dan pada ayunan diberikan beban seberat 5 Kg.

Kurva berikut merupakan respon motor setelah diberikan kontroler tetapi tidak diberi beban. Dengan memberikan nilai:



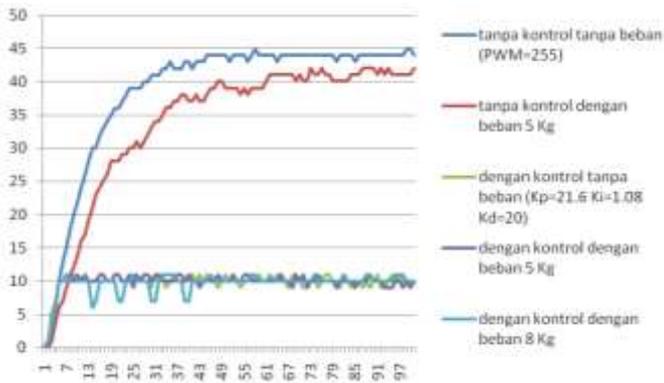
Gambar 20. Respon Motor DC Tanpa Beban Dengan Kontroler

Sedangkan untuk respon motor setelah diberikan kontroler dan beban dapat dilihat kurvanya pada Gambar 21.



Gambar 21. Respon Motor DC Dengan Beban Dengan Kontroler

Pada Gambar 18 dan Gambar 19 tampak bahwa kecepatan pengayunan menurun setelah diberi beban pada box bayi dan juga waktu yang dibutuhkan untuk mencapai keadaan stabil lebih lama bila dibandingkan pada saat sistem diberikan kontrol. Untuk lebih jelasnya, perbandingan respon sistem ketika tanpa dikontrol dan dikontrol ditunjukkan oleh gambar berikut.



Gambar 22. Perbandingan Respon Motor DC

Tanpa menggunakan kontroler pengayunan yang diharapkan pelan dan stabil tidak terpenuhi. Sedangkan setelah sistem mendapat kontrol dengan memberikan nilai  $K_p = 21.6$   $K_i = 1.08$   $K_d = 20$  dan *setting point* = 10 lubang per 10 ms, sistem berayun dengan kecepatan yang lambat dan stabil baik dengan beban maupun tanpa beban. Pada saat beban maksimal (8 Kg) diberikan pada sistem, sistem mengalami penurunan kecepatan selama  $\pm 430$  ms tetapi setelah itu *setting point* dapat tercapai. Hal ini sesuai dengan tujuan pembuatan sistem.

B. Pengujian Rangkaian Amplifier

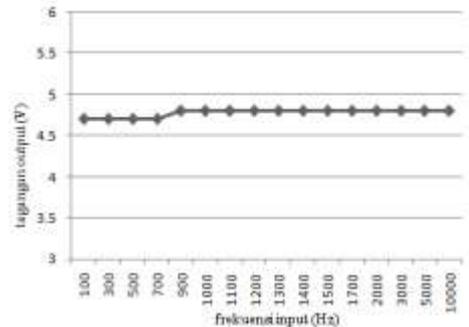
Tabel 1 Hasil Pengujian Rangkaian Amplifier 1

Frekuensi (Hz)	Output Amplifier 1 (V)	Error (%)
100	4.7	10
300	4.7	10
500	4.7	10
700	4.7	10
900	4.8	20
1000	4.8	20
1100	4.8	20
1200	4.8	20
1300	4.8	20
1400	4.8	20
1500	4.8	20
1700	4.8	20
2000	4.8	20
3000	4.8	20
5000	4.8	20
10000	4.8	20

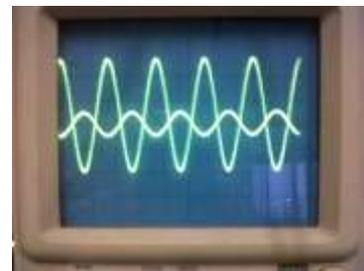
Keterangan:  
 $V_{in} = 100$  mV

Fungsi dari rangkaian amplifier pertama ini adalah untuk menguatkan sinyal yang tertangkap oleh mic kondensor

yang tegangannya amat kecil. Pada pengujian rangkaian amplifier ini diberikan sinyal input sebesar 100 mVp-p dan diharapkan terjadi penguatan sebesar 46 kali tetapi pada praktiknya didapatkan penguatan yang terjadi sebesar 47 kali sehingga didapatkan nilai error rata-rata sebesar 17,5 %. Berdasarkan Tabel 1. maka dapat dibuat grafik respon output rangkaian amplifier 1 terhadap perubahan frekuensi.



Gambar 22. Grafik Respon Output Amplifier 1 Terhadap Perubahan Frekuensi Input Dengan Tegangan Input 100 mv



Gambar 23. Sinyal Input dan Output Pengujian Rangkaian Amplifier Pertama

Tabel 2 Hasil Pengujian Rangkaian Amplifier 2

Frekuensi (Hz)	Output Amplifier 2 (V)	
	VR = 100 K	VR = 0
100	6.2	4.6
300	6.2	4.7
500	6.4	4.8
700	6.7	4.8
900	6.7	4.8
1000	6.7	4.8
1100	6.7	4.8
1200	6.7	4.8
1300	6.7	4.8
1400	6.7	4.8
1500	6.7	4.8
1700	6.7	4.8
2000	6.7	4.8
3000	6.7	4.8
5000	6.7	4.8
10000	6.7	4.8

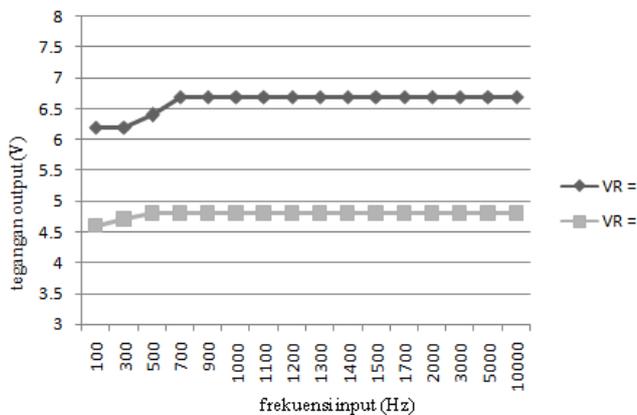
Keterangan:

$V_{in} = 100 \text{ mV}$

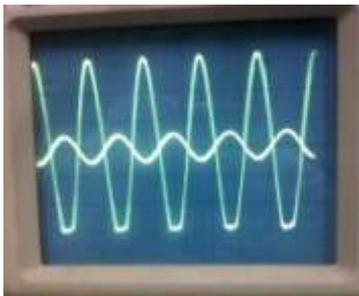
Nilai rata-rata error VR = 100 K $\Omega$  adalah **13.75 %**

Nilai rata-rata error VR = 0  $\Omega$  adalah **18.13 %**

Berdasarkan Tabel 2. pada rangkaian amplifier ini menunjukkan terjadinya saturasi pada saat nilai gain maksimal yaitu ketika Variabel resistor bernilai 100K $\Omega$  sehingga penguatan yang diharapkan sebesar 68 kali tidak dapat tercapai dan didapatkan nilai error rata-rata sebesar 13,75 %. . Sedangkan ketika Variabel resistor bernilai 0k $\Omega$  atau penguatan yang terjadi sama seperti penguatan pertama, nilai penguatannya melebihi sedikit dari nilai yang direncanakan sehingga error rata-rata yang terjadi adalah 18,13%. perencanaan. Fungsi dari rangkaian amplifier tahap dua ini adalah untuk menguatkan sinyal yang telah dikuatkan oleh amplifier pertama sehingga rangkaian frequency detector dapat mengolah sinyal input tersebut. Berdasarkan Tabel 2. maka dapat dibuat grafik respon output rangkaian amplifier 2 terhadap perubahan frekuensi.



Gambar 24. Grafik Respon Output Amplifier 2 Terhadap Perubahan Frekuensi Input Dengan Tegangan Input 100 mv



Gambar 25. Sinyal Input dan Output Pengujian Rangkaian Amplifier Kedua

### C. Pengujian Rangkaian *Frequency Detector*

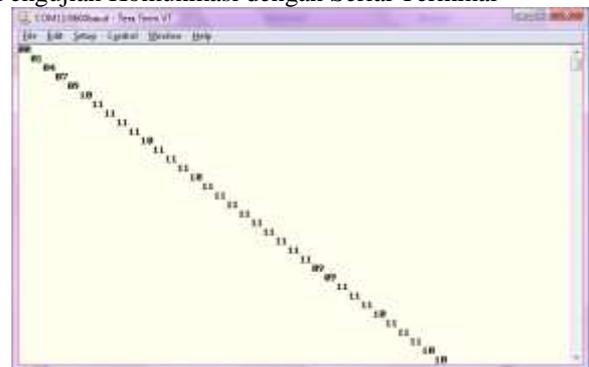
Tabel 3 Hasil Pengujian *Frequency Detector*

Frekuensi (Hz)	Output BPF (V)	Logika
600	4.2	1
700	4.2	1
800	4.2	1
900	4.2	1
990	0.2	0
1000	0.2	0
1100	0.2	0
1200	0.2	0
1300	0.2	0
1400	0.2	0
1500	0.2	0
1520	0.2	0
1600	4.2	1
1800	4.2	1
1900	4.2	1
2000	4.2	1
3000	4.2	1

Pengujian kali ini adalah pengujian frequency detector yang keluarannya berupa logika '0' dan '1'. Logika '0' berarti sinyal yang tertangkap oleh mic terdeteksi sebagai suara tangisan bayi (aktif Low) sedangkan keadaan normal atau ketika tidak ada suara tangisan bayi maka sinyal keluarannya adalah '1'. Tabel berikut ini adalah hasil percobaan *frequency detector* dengan mengikuti langkah-langkah percobaan seperti yang telah diungkapkan.

Secara perhitungan, frekuensi yang terdeteksi seharusnya berkisar antara 1000 Hz hingga 1500 Hz, tetapi pada percobaan frekuensi yang terdeteksi antara 992 Hz hingga 1520 Hz. Hal ini dikarenakan kualitas komponen yang dipakai bukanlah komponen yang ideal.

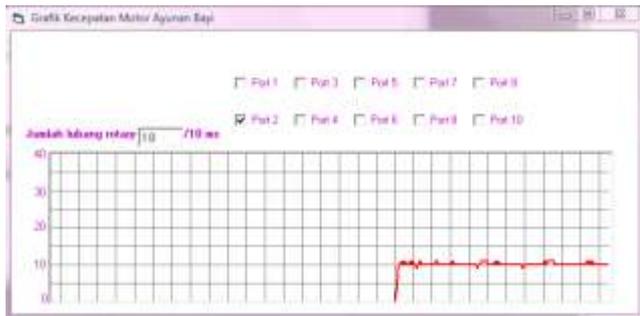
### D. Pengujian Komunikasi dengan Serial Terminal



Gambar 26. Pengujian Komunikasi Data Lubang Yang Terdeteksi Oleh Rotary Encoder

Pada pengujian komunikasi ini yang dilakukan adalah mengirimkan data lubang yang terdeteksi rotary encoder dari rangkaian mikrokontroler ke komputer pada serial terminal agar didapatkan respon dari kontroler PID. Dari data yang dikirim dari mikrokontroler tersebut kemudian dibuat grafiknya dengan visual basic seperti gambar 27.

Data yang dikirimkan berasal dari port timer 1. Pada timer 1 terdapat register TCNT1H dan TCNT1L yang difungsikan sebagai counter. Masing-masing memiliki kapasitas 8 bit sehingga data maksimum masing-masing register yang dapat dihitung adalah 256. Data yang terdeteksi oleh rotary encoder selama 10 ms tidak lebih dari 256 sehingga cukup menggunakan register TCNT1L saja. Sehingga data yang dikirim tersebut merupakan nilai yang terdapat pada register TCNT1L.



Gambar 27. Grafik Dari Data Serial

#### E. Pengujian Performa Sistem

Tabel 4. Waktu Pengayunan Box

Percobaan	Waktu Eksekusi (detik)	
	delay = 30 detik	delay = 25 detik
1	35.74	30.34
2	35.68	30.01
3	35.61	30.28
4	35.55	30.75
5	35.61	30.21
6	35.55	30.05
7	35.5	30.1
8	35.5	30.25
9	35.58	30.18
10	35.69	30.28

Pada pengujian performa sistem ini dilakukan penghitungan waktu pada proses pengayunan bayi. Pada percobaan pertama yaitu dengan delay 30 detik, waktu rata-rata yang dibutuhkan sistem untuk mengayunan box bayi adalah 35,6 detik setiap kali mikrofon mendeteksi adanya suara bayi menangis. Padahal waktu yang diinginkan untuk mengayun-ayunkan bayi adalah 30 detik. Kelebihan waktu selama kurang lebih 5 (lima) detik ini terjadi karena *delay*

(waktu tunda) yang digunakan adalah *delay* secara software. Oleh karena itu dilakukan pengurangan waktu tunda menjadi 25 detik maka waktu pengayunan yang diinginkan dapat tercapai dengan waktu rata-rata 30,24 detik. Sehingga error yang terjadi dalam kasus ini adalah 16%.

#### IV. KESIMPULAN

Setelah melakukan pengujian dan analisa, maka dapat diambil beberapa kesimpulan tentang sistem kerja dari sistem yang telah dibuat, sebagai berikut :

1. Kontrol PID mampu memperbaiki performa sistem dibandingkan dengan ketika sistem tanpa diberi kontrol. Perbaikan tersebut diantaranya adalah mempersingkat waktu tunda untuk mencapai nilai steady state yang tadinya dibutuhkan hampir 1 detik, dengan adanya kontrol PID dalam waktu 50 milidetik steady state dapat dicapai dan juga dengan memberikan kontrol PID dapat menjaga sistem agar stabil sesuai nilai setting point dengan nilai gain  $K_p=21.6$   $K_i=1.08$  dan  $K_d=20$ .
2. Nilai penguatan yang terjadi pada rangkaian amplifier pertama adalah 47 kali dan nilai penguatan yang terjadi pada rangkaian amplifier kedua adalah 66 kali.
3. Terjadinya pergeseran nilai cut-off pada filter dikarenakan kurang presisinya komponen dan kualitas dari komponen yang kurang baik.
4. Proses pengayunan box bayi membutuhkan waktu rata-rata 30,24 detik.
5. Prosentase keberhasilan alat ini secara keseluruhan adalah 87%, dengan uraian 84 % pada lama waktu pengayunan yang diharapkan, 90% pada bagian kontrol PID dan 88% pada bagian sensor suara.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Choirunisa, Ana Maria. *Panduan Terpenting Merawat Bayi dan Balita*, Yogyakarta: Moncer Publisher, 2009
- [2] Memahami Penyebab Bayi Menangis  
<http://nostalgia.tabloidnova.com/articles.asp?id=6751>  
(Diakses pada 14 Juni 2010)
- [3] Andrianto, Heri. *Pemrograman Mikrokontroler AVR ATMEGA16 Menggunakan Bahasa C (CodeVision AVR)*, Bandung: Informatika
- [4] Jenis Mikrofon  
<http://www.totalvenue.com.au/articles/microphones.html>  
diakses pada 14 Juni 2010
- [5] Rahmawati, Rike Endah, Sistem Pengaman Pembuka Pintu Menggunakan Verifikasi Suara Dan Pembacaan Id Berupa Rfid, Tugas Akhir PENS ITS 2009.
- [6] Miarta, Grenpasgo Mega, Rancang Bangun Kalkulator Untuk Tuna Netra Yang Dilengkapi Dengan Input Dan Output Suara, Tugas Akhir PENS ITS 2009.
- [7] Hakim, Luqmanul, Rancang Bangun Mesin Pengiris Kerupuk Udang Otomatis Berbasis PID, Tugas Akhir PENS ITS 2010.
- [8] Pengaruh Tidur Diayun Terhadap Bayi  
<http://kulinet.com/baca/pengaruh-tidur-diayun-terhadap-bayi/1060/>  
diakses pada 9 Agustus 2010
- [9] Kontrol PID  
[http://logmeunud.files.wordpress.com/2010/04/modul\\_praktikum\\_1\\_ogkom.pdf](http://logmeunud.files.wordpress.com/2010/04/modul_praktikum_1_ogkom.pdf)  
diakses pada 11 Agustus 2010
- [10] Datasheet TLP521  
<http://www.alldatasheet.com>  
diakses pada 10 September 2010
- [11] Buku Teori Rangkaian Elektronika 3
- [12] Datasheet Mikrokontroler ATmega16  
<http://www.altmel.com>  
diakses pada 10 September 2010  
<http://www.alldatasheet.com>