

## BAB III

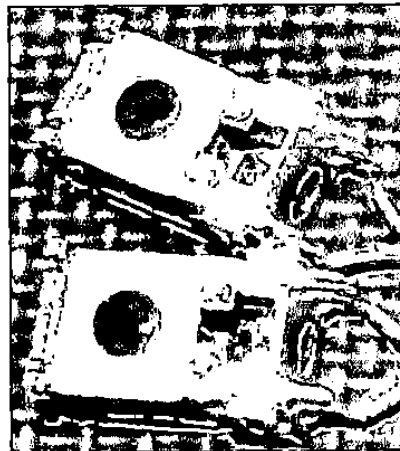
### PERANCANGAN, PEMBUATAN, DAN PENGUJIAN

#### 3.1 Perancangan

Secara umum simulasi energi yang digunakan pada pintu perlintasan kereta api otomatis mempunyai spesifikasi yaitu sensor untuk mendeteksi keberadaan kereta api, rangkaian mikrokontroler sebagai pengolah input dari rangkaian sensor, dan motor DC sebagai penggerak palang pintu perlintasan. Penjelasan spesifikasi diatas adalah sebagai berikut.

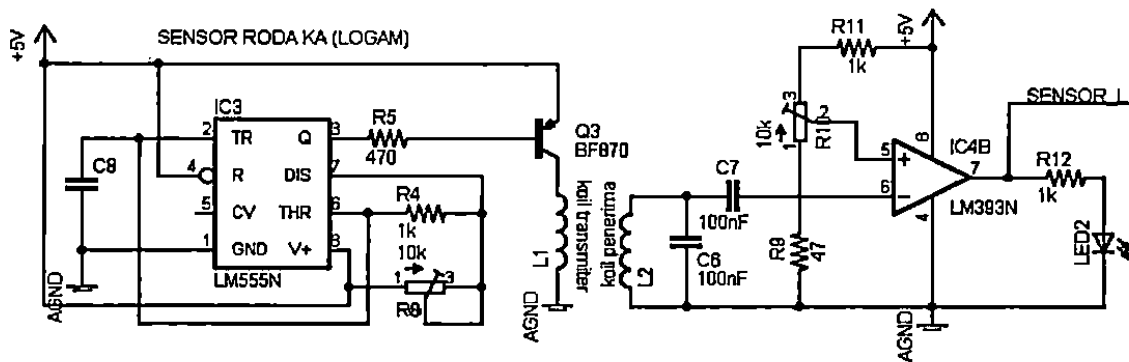
##### 3.1.1 Sensor Pendeteksi Logam

Sensor ini akan mendeteksi logam pada roda kereta api yang terdiri dari bagian rangkaian sumber frekuensi, koil *transmitter*, koil penerima dan rangkaian pembanding tegangan. Rangkaian sumber frekuensi disusun dari IC timer 555 yang membangkitkan gelombang kotak. Gambar 3.1 memperlihatkan koil yang diambil dari relay.



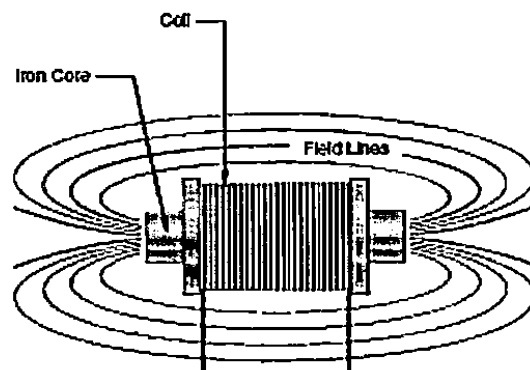
Gambar 3.1 Relai dan koil yang diambil dari relay.

Gambar 3.2 menunjukkan diagram skematik dari rangkaian sumber gelombang kotak dan rangkaian penerima medan magnet.



**Gambar 3.2** Rangkaian sumber gelombang kotak dan rangkaian penerima medan magnet

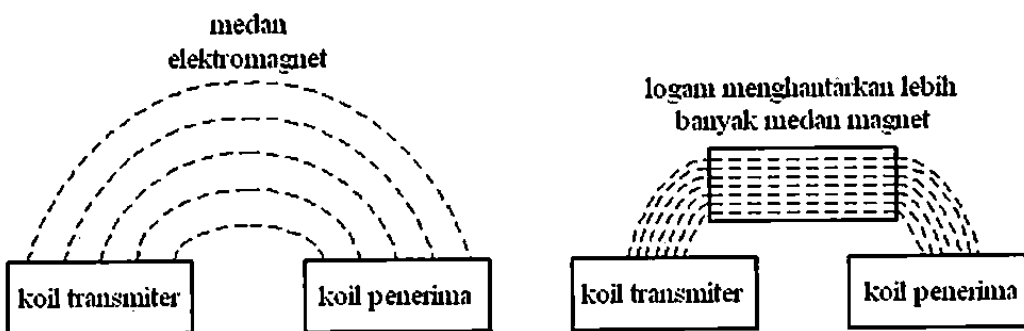
Prinsip kerja dari sensor logam adalah sebagai berikut. Bagian rangkaian pembangkit frekuensi menggunakan IC timer 555 membangkitkan gelombang kotak dan diumpankan pada koil. Periode gelombang kotak dapat diubah dengan memutar potensio yang berada didekat IC timer 555. Gambar 3.3 menunjukkan adanya arus listrik yang mengalir pada koil akan menyebabkan terjadinya medan magnet disekitar koil.



**Gambar 3.3** Medan elektromagnet di sekitar koil yang diberi arus listrik

Bila ada logam yang berada dalam medan magnet akan menyebabkan

akan menyebabkan terjadinya perubahan tegangan dan memicu keluaran pada rangkaian sensor logam. Medan elektromagnet diterima pada koil penerima dan diubah menjadi tegangan listrik. Koil penerima dimasukkan ke rangkaian pembanding tegangan. Rangkaian pembanding tegangan menggunakan IC komparator LM 339. Keluaran dari IC komparator menjadi merupakan keluaran dari rangkaian sensor logam. Keluaran dari sensor logam menjadi masukan untuk mikrokontroler. Gambar 3.4 menunjukkan ilustrasi cara kerja sensor logam.



Gambar 3.4 Ilustrasi cara kerja sensor logam

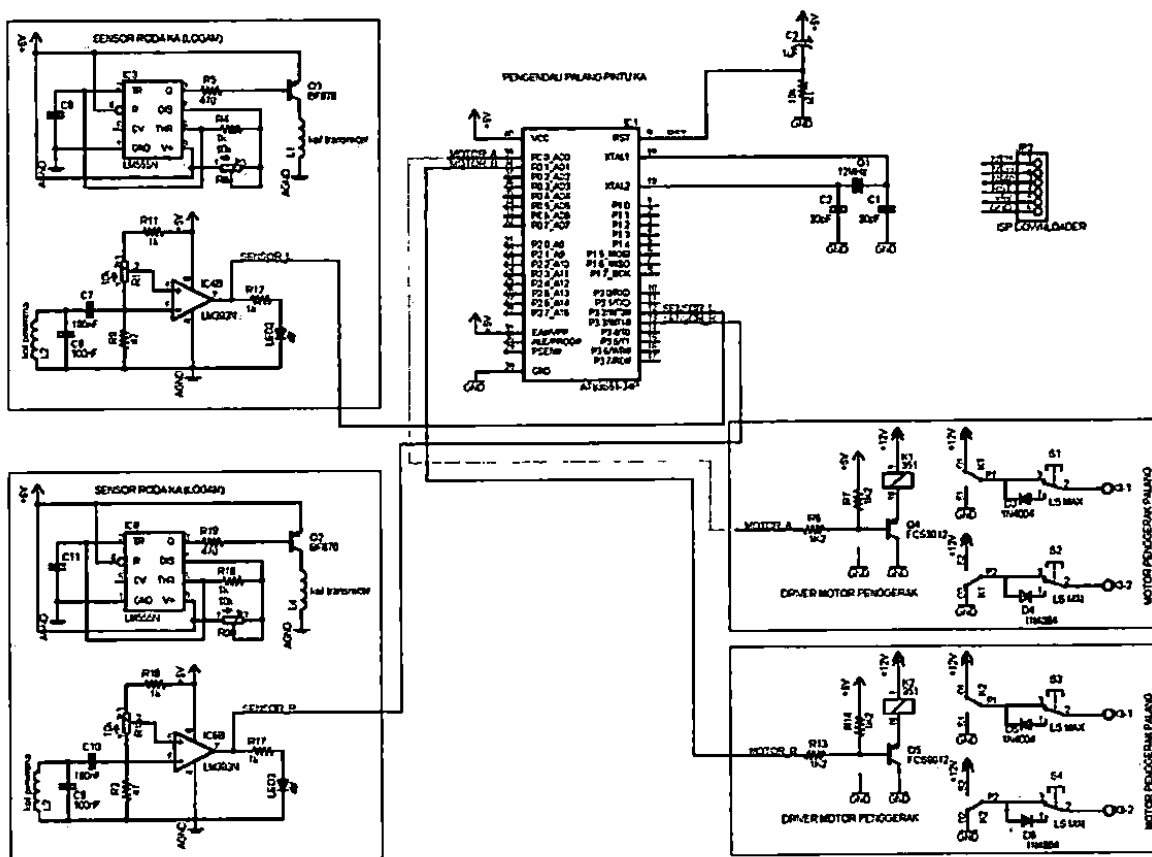
### 3.1.2 Mikrokontroler

Peranan utama mikrokontroler ini adalah mengolah input dari rangkaian sensor. Cara kerjanya dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Sistem akan bekerja bila sensor *proximity* induktif mendeteksi logam pada roda kereta api. Setiap sensor pertama mendeteksi kedatangan kereta maka perubahan logika tersebut akan mengakibatkan penambahan *counter* yang kemudian perubahan *counter* ini diolah oleh mikrokontroler dan diteruskan ke penggerak motor DC untuk menutup palang pintu perlintasan.
- Saat kereta akan meninggalkan perlintasan maka sensor kedua mendeteksi

- Saat kereta akan meninggalkan perlintasan maka sensor kedua mendeteksi kereta maka perubahan logika tersebut akan mengakibatkan penambahan *counter* yang kemudian perubahan *counter* ini diolah oleh mikrokontroler dan diteruskan ke penggerak motor DC untuk membuka palang pintu perlintasan.

Gambar 3.5 memperlihatkan rangkaian keseluruhan alat perancangan palang pintu kereta api otomatis.



Gambar 3.5 Rangkaian keseluruhan alat

Perancangan *software* untuk palang pintu perlintasan otomatis ini dibuat di dalam *software* pemrograman Bascom 8051 menggunakan bahasa Delphi. *Software* ini akan dimasukkan ke dalam memori mikrokontroler yang terdapat

'pintu-ka.bas

'simulasi energi yg digunakan pd PPKA otomatis

'mencakup semua energi yg digunakan di sebelah kanan dan kiri pintu

```
Gosub State1
End If
If Sensor_r = 0 Then
  Gosub State2
End If

Loop

*****

'state 1
'kereta dari kiri ke kanan
*****

State1:
  If Sensor_1 = 0 Then
    Gosub Ptutup
  End If

Tgst1:
  If Sensor_r = 1 Then Goto Tgst1

  Gosub Pbuka

Return
*****

'state 2
'kereta dari kanan ke kiri
*****

State2:
  If Sensor_r = 0 Then
```

Gosub Ptutup

End If

Tgst2:

If Sensor\_1 = 1 Then Goto Tgst2

Gosub Pbuka

Return

\*\*\*\*\*

'subrutin ptutup

\*\*\*\*\*

Ptutup:

Pintu = Not Buka           'tanda bahwa pintu tertutup

Motor\_a = 1

Motor\_b = 0

Wait 1

' Motor\_a = 1

' Motor\_b = 1

Return

\*\*\*\*\*

'subrutin pbuka

\*\*\*\*\*

Pbuka:

Pintu = Buka

'tanda bahwa pintu terbuka

' Motor\_a = 1

' Motor\_b = 1

Return

\*\*\*\*\*

'subrutin pstop

\*\*\*\*\*

Pstop:

Motor\_a = 1

Motor\_b = 1

' Wait 3

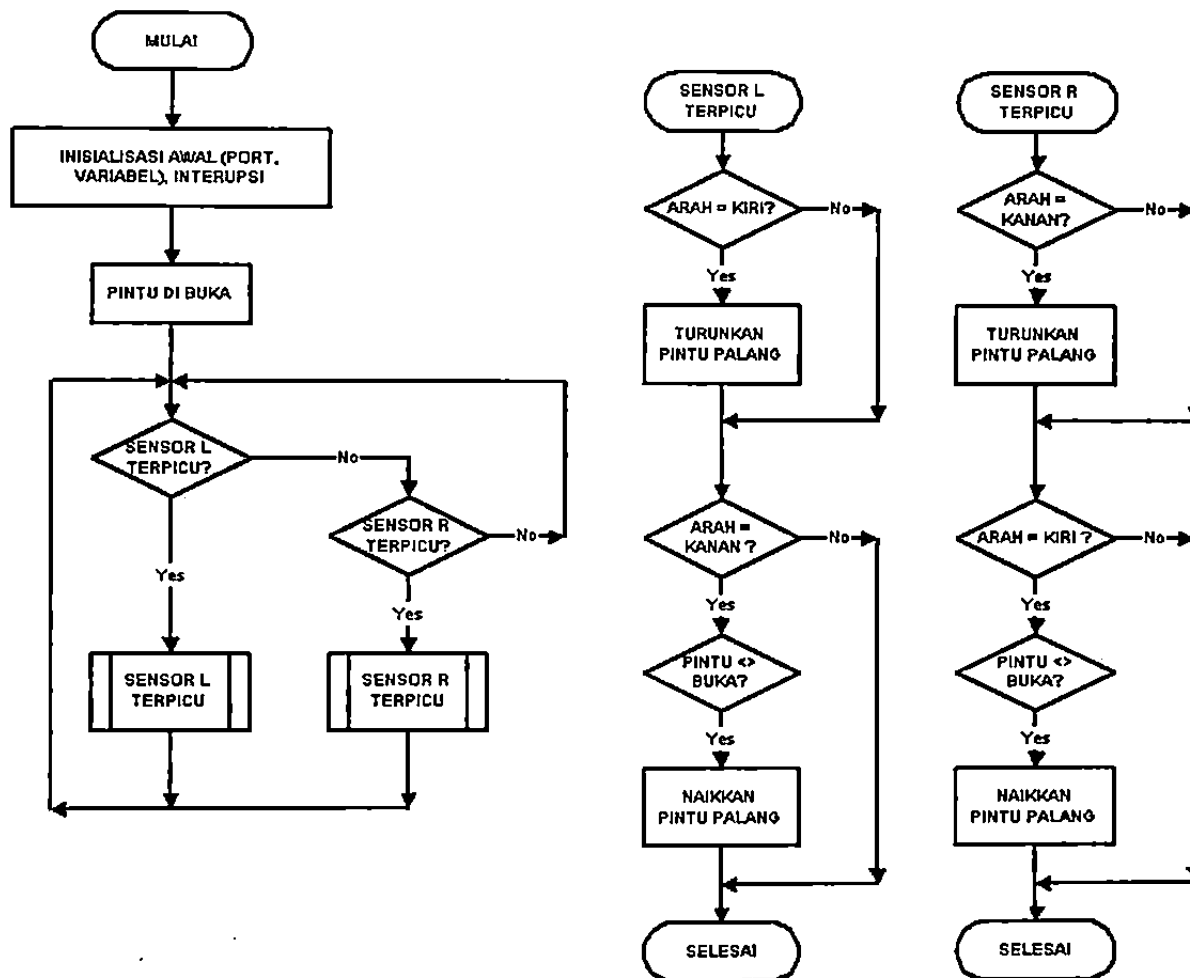
' Motor\_a = 1

' Motor\_b = 1

Return



Implementasi piranti lunak dikembangkan dengan menggunakan *Bascom 8051* menggunakan bahasa *Delphi Boelan*. Gambar 3.6 menunjukkan diagram alir pemrograman dari mikrokontroler.

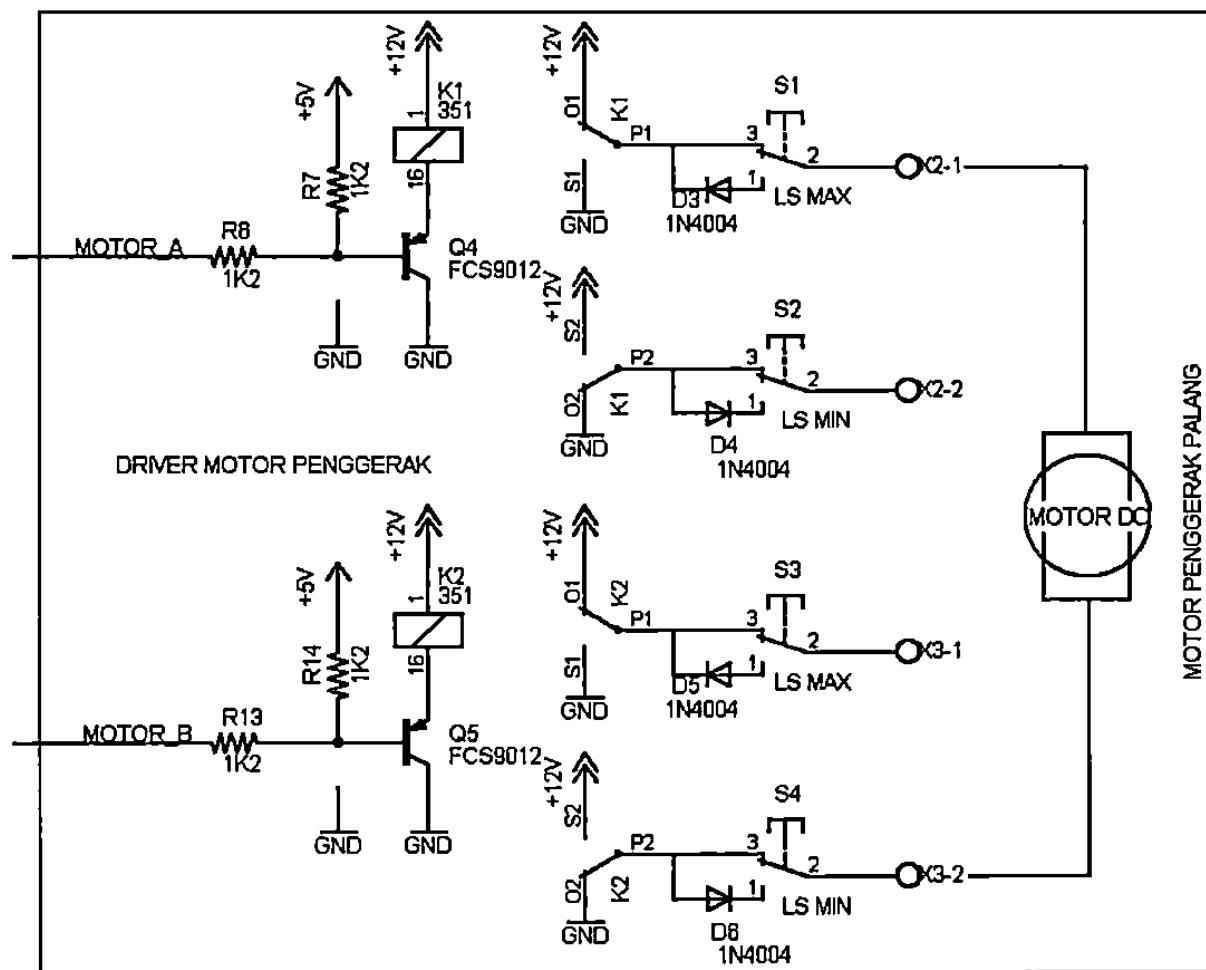


**Gambar 3.6** Diagram alir *software* palang pintu perlintasan otomatis

Proses program dimulai dengan inisialisasi atau pengenalan parameter kerja program. Setelah inisialisasi awal dilakukan palang pintu perlintasan akan terbuka (keadaan awal). Saat kereta datang maka rangkaian sensor akan mendeteksi kereta dari arah kiri atau kanan, yang nantinya akan memberi perintah untuk menutup palang pintu perlintasan dan akan terbuka apabila kereta sudah melewati rangkaian sensor lainnya.

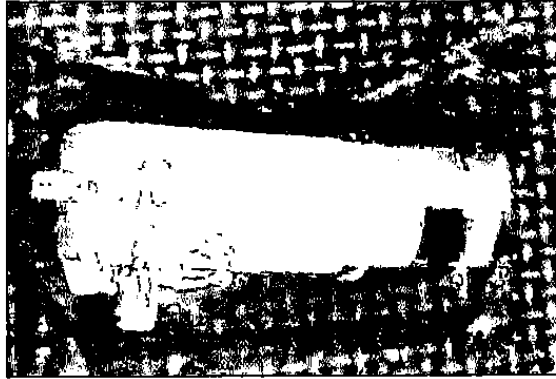
### 3.1.3 Rangkaian Motor Driver

Rangkaian motor *driver* ini berfungsi untuk mengolah data yang dikirimkan dari rangkaian kontroler untuk menggerakkan motor maupun menghentikan putaran motor. Untuk perancangan ini motor yang digunakan adalah motor DC. Motor DC dipilih karena mudah diatur arah putarnya, dioperasikan pada tegangan yang rendah (5V), dan bentuknya kecil. Untuk memperkuat putaran maka dipilih motor DC yang mempunyai roda gigi untuk memperlambat pergerakan dan memperkuat torsiya. Gambar 3.7 memperlihatkan rangkaian *driver* motor penggerak DC.



Gambar 3.7 Rangkaian penggerak motor DC

Sedangkan pada Gambar 3.8 menunjukkan motor DC yang sudah diberi *gear box* (roda gigi).



**Gambar 3.8** Motor DC yang sudah diberi roda gigi

## 3.2 Pembuatan

Pembuatan ini meliputi realisasi rancangan seluruh rangkaian di atas. Dimulai dari pengadaan bahan, persiapan alat, pengerjaan, dan pengujian.

### 3.2.1 Pengadaan Alat dan Bahan

- **Peralatan**

- |                    |                        |
|--------------------|------------------------|
| - Solder dan timah | - Gunting              |
| - Bor              | - Laptop               |
| - Cutter           | - Software:            |
| - Gergaji          | ✓ eagle-win-eng-4.13r1 |
| - Tang             | ✓ Visio 32             |
| - Obeng            | ✓ Bascom 8051          |
| - Kikir            | ✓ Ms. Office 2007      |

- **Bahan**

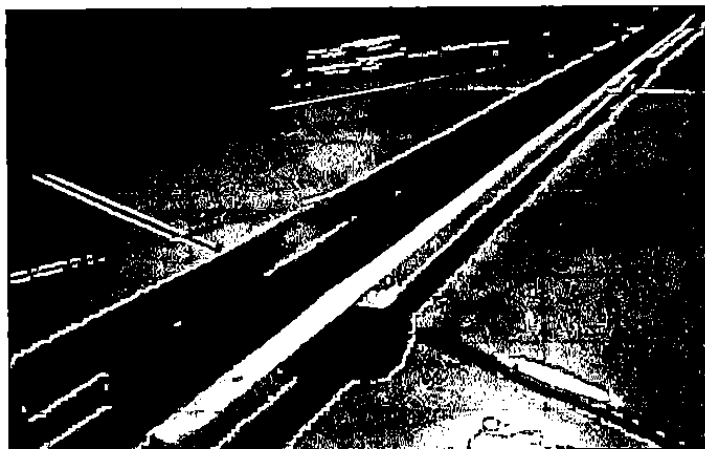
- |                |                  |
|----------------|------------------|
| - Baterai/accu | - Alumunium siku |
|----------------|------------------|

- |                                  |   |
|----------------------------------|---|
| - Lem besi                       | - IC TA 7805  |
| - Lem bakar                      | - IC LM 393   |
| - Kabel                          | - IC LM 555   |
| - Terminal kabel 3A              | - Microswitch HT+Plat/3pin  |
| - Contra jack TOA stereo<br>6pin | - Relay HKE 12V/8pin 10x  |
| - Jack mic PVC stereo            | - Relay 12V 8pin  |
| - Motor DC                       | - Kristal 12 Mhz  |
| - Gear Box panjang               | - Beberapa komponen pendukung<br>lainnya seperti resistor, kapasitor,<br>doida, LED, dll. |
| - AT89S51                        |   |

### 3.2.2 Pengerjaan

Tahap pengerjaan ini diawali dengan membuat miniatur rel kereta yang terbuat dari alumunium siku. Awalnya alumunium siku dipotong menjadi dua bagian, yaitu ukuran 1 meter sebanyak 6 buah sebagai tempat perlintasan kereta, dan ukuran 5 cm sebanyak 9 buah sebagai penopang rel tempat perlintasan kereta.

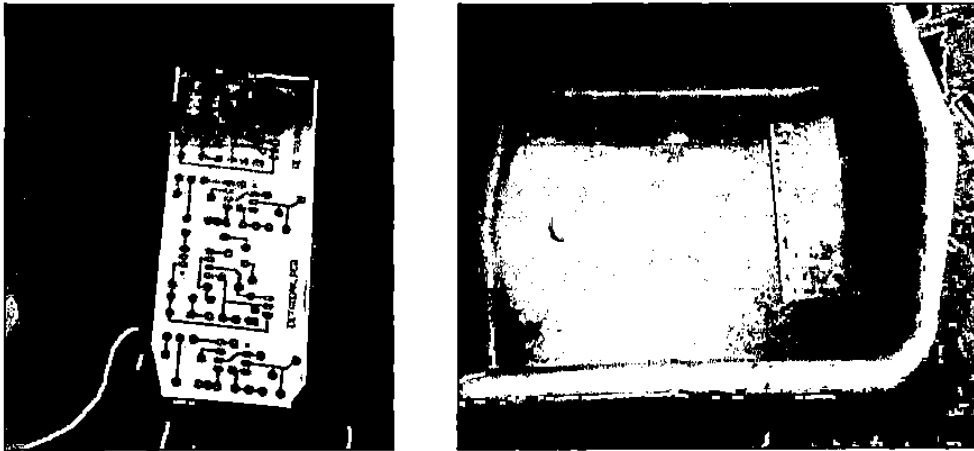
Gambar 3.9 memperlihatkan hasil pembuatan miniatur rel kereta.



Gambar 3.9 Miniatur rel kereta dari alumunium siku

Tahap pengerjaan selanjutnya adalah membuat PCB seluruh rangkaian yang telah dirancang sebelumnya. Pada pembuatan PCB digunakan teknik *transfer paper* yaitu layout PCB yang telah di *printout* kemudian di photokopi pada transparansi. Teknik ini dipilih karena cukup murah dan mudah untuk dilakukan. Hasil dari transparansi tersebut dipanaskan dan ditekan pada permukaan PCB menggunakan setrika listrik. Setelah yakin semua tinta pada transparansi berpindah tempat ke permukaan PCB, diamkan sejenak hingga panas pada permukaan PCB berkurang. Ketika permukaan PCB telah dingin maka lapisan transparansi dapat dilepas dengan hati-hati. Untuk mencetak jalur pada PCB sesuai dengan rancangan, larutkan PCB dalam larutan  $\text{FeCl}_3$ . Untuk mempercepat proses pelarutan, baiknya larutan  $\text{FeCl}_3$  tersebut dalam keadaan panas dan wadah tempat pelarutan digoyang-goyang. Apabila jalur telah tercetak dengan baik maka tahap selanjutnya adalah tahap pengeboran titik-titik tempat komponen dipasang dan pembersihan jalur tembaga pada PCB. Langkah terakhir adalah memasang komponen sesuai dengan letak yang telah ditentukan pada PCB.

Hasil rancangan rangkaian kemudian dicetak/print pada kertas glossy agar dapat dikonversi ke PCB. Setelah jalur rangkaian sudah tercetak di PCB maka proses selanjutnya adalah pelarutan PCB pada larutan *Ferry Clorida* ( $\text{F}_3\text{Cl}_3$ ), dilarutkan dengan air panas agar larutan tercampur dengan baik. Bagian yang di blok hitam atau yang bergambar jalur tidak akan larut sehingga akan membentuk jalur rangkaian. Gambar 3.10 memperlihatkan proses dari pembuatan jalur



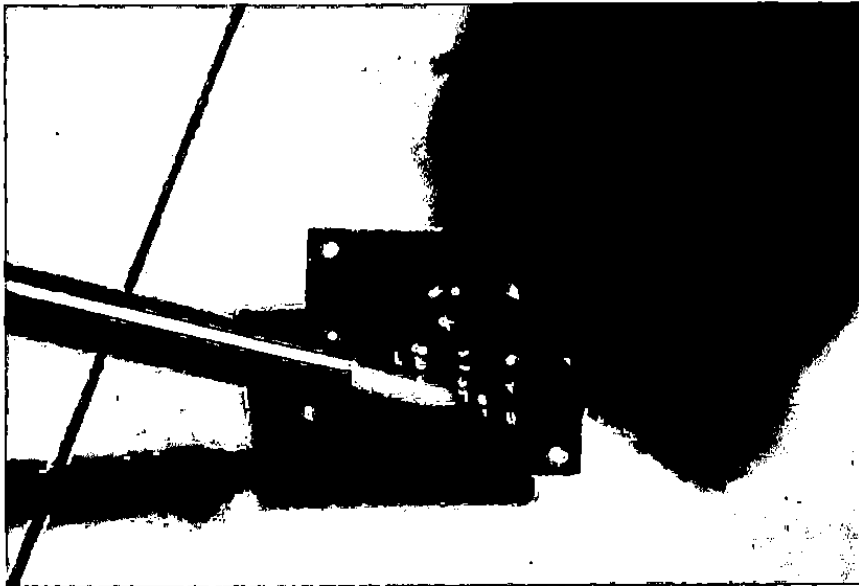
**Gambar 3.10** Rangkaian yang sudah tercetak di papan PCB dan proses pelarutan dengan *Ferry Clorida*

Gambar 3.11 memperlihatkan proses pengeboran papan PCB yang dilakukan pada titik-titik yang telah ditentukan.



**Gambar 3.11** Proses pengeboran

Pada tahap ini dilakukan pemasangan komponen pada papan PCB dan siap untuk disolder. Gambar 3.12 menunjukkan proses penyolderan.



**Gambar 3.12** Proses penyolderan komponen pada papan PCB

### 3.3 Pengujian

#### 3.3.1 Pengujian Sensor Pendeteksi Logam

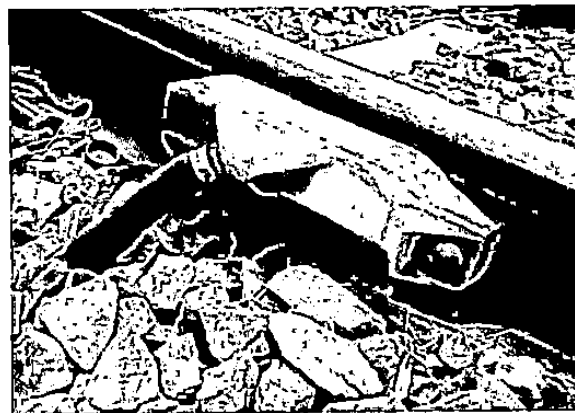
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sensitivitas yang dihasilkan oleh sensor saat mendeteksi obyek logam bergerak, berikut adalah hasil pengujiannya ditunjukkan pada Tabel 3.1

**Tabel 3.1** Hasil pengujian sensitivitas sensor

<b>Jarak logam (mm)</b>	<b>Keterangan</b>
0	Sensor mendeteksi obyek dengan baik, rangkaian mikrokontroler langsung bekerja
2	Sensor mendeteksi obyek dengan baik, rangkaian mikrokontroler langsung bekerja
4	Sensor mendeteksi obyek, rangkaian mikrokontroler langsung bekerja

Jarak logam (mm)	Keterangan
6	Sensor mendeteksi obyek, rangkaian mikrokontroler langsung bekerja
8	Sensor mendeteksi obyek, rangkaian mikrokontroler langsung bekerja
10	Sensor membutuhkan waktu untuk mendeteksi, rangkaian mikrokontroler baru bekerja
12	Sensor membutuhkan waktu untuk mendeteksi, tetapi rangkaian mikrokontroler tidak bekerja
14	Sensor tidak mendeteksi, rangkaian mikrokontroler tidak bekerja
(lanjutan dari tabel 3.1)	

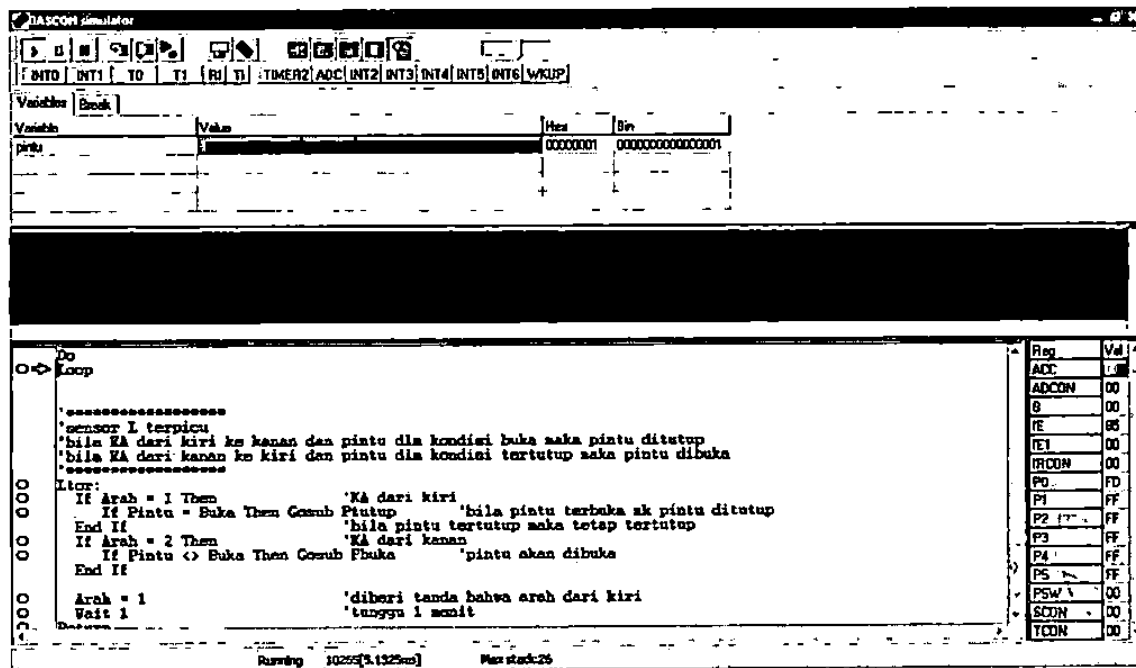
Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa sensor dapat mendeteksi dengan baik pada jarak 8 milimeter. Pada realisasinya yang ditunjukkan pada Gambar 3.13 jenis sensor *proximity inductive* yang digunakan mempunyai sensitivitas yang lebih tinggi, selain itu lebih peka terhadap air, minyak, kotoran, partikel non-logam, target warna, dan kemampuan untuk menahan getaran tinggi, dan lingkungan.





### 3.3.2 Pengujian Program Software

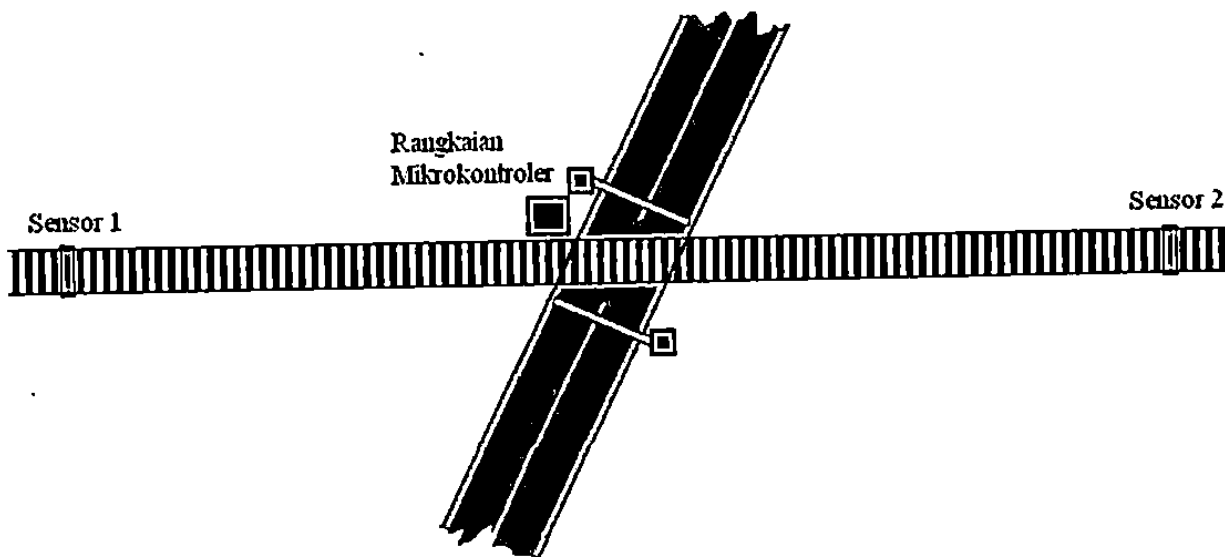
Pengujian *software* dilakukan pada tingkat simulasi dengan menggunakan *software* BASCOM-8051. Pengujian ini dilakukan untuk meyakinkan jika *software* yang dibuat telah bekerja dengan baik sebelum diaplikasikan pada rangkaian nyata. Apabila ternyata masih terdapat kesalahan dapat langsung diketahui dan segera dilakukan perbaikan pada *software*. Gambar 3.14 menunjukkan simulasi program yang telah dibuat.



Gambar 3.14 Pengujian *software*

### 3.3.3 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian ini meliputi unjuk kerja sistem yang telah dibuat, mulai dari proses mendeteksi kereta api, proses penutupan palang pintu, proses pembukaan palang pintu, dan proses kembali normal sistem. Gambar 3.15 memperlihatkan



**Gambar 3.15** Skema sistem palang pintu perlintasan kereta otomatis

a. *Proses mendeteksi kereta api*

Pada saat kondisi sistem normal yaitu kondisi dimana sensor 1 atau sensor 2 tidak mendeteksi keberadaan kereta atau sensor tidak mendeteksi objek logam di sekitarnya, maka sensor dalam kondisi *standby*.

Apabila salah satu sensor mendeteksi suatu objek logam (roda kereta), maka akan terjadi perubahan medan magnet yang diterima oleh koil penerima. Perubahan ini akan menyebabkan terjadinya perubahan tegangan dan memicu keluaran pada rangkaian sensor logam. Medan elektromagnet diterima pada koil penerima dan diubah menjadi tegangan listrik. Koil penerima dimasukkan ke rangkaian pembanding tegangan.

Rangkaian pembanding tegangan menggunakan IC komparator LM 339. Keluaran dari IC komparator menjadi merupakan keluaran dari rangkaian sensor logam. Keluaran dari sensor logam menjadi masukan

b. *Proses penutupan pintu*

Setelah sensor 1 atau sensor 2 mendeteksi keberadaan kereta api, maka dari rangkaian sensor akan langsung mengirimkan sinyal ke rangkaian mikrokontroler untuk diolah menjadi keluaran. Keluaran dari mikrokontroler adalah instruksi untuk motor DC menutup palang pintu perlintasan dan mengaktifkan *buzzer* dan LED sebagai indikator bahwa kereta akan melewati perlintasan.

c. *Proses pembukaan pintu*

Untuk proses pembukaan pintu rel kereta api, sensor yang lain (sensor 1 atau sensor 2) menunggu adanya obyek kereta yang melewatinya, setelah sensor mendeteksi keberadaan kereta maka pintu terbuka.

d. *Proses kembali normal sistem*

Proses kembali normalnya sistem adalah proses dimana keseluruhan urutan perintah-perintah sistem kembali ke mode awal yaitu mode dimana sistem mengaktifkan kembali sensor 1 dan sensor 2 guna mendeteksi keberadaan kereta api.

Dalam sistem yang telah dibuat, apabila kondisi kereta lewat di sebelah kanan (misal), maka sensor sebelah kiri secara otomatis mereset sistem secara keseluruhan setelah kereta melewati sensor tersebut. Dengan demikian sistem akan normal kembali, dan terjadi pengulangan kejadian-kejadian yang tersebut diatas secara terus menerus.

### 3.4 Perhitungan

#### 3.4.1 Perhitungan Jarak Sensor

Supaya perancangan ini dapat digunakan dalam bentuk yang sebenarnya, maka perlu diperhitungkan secara cermat komponen pendukungnya yaitu sensor. Ketepatan penempatan sensor akan berpengaruh pada kinerja dari sistem yang telah dibuat.

Dari hasil penelitian yang didapat, dimensi dari jenis-jenis kereta yang ada adalah sebagai berikut:

- Panjang lokomotif (yang masih beroperasi):
  - BB 304 : 11,770 meter
  - CC 201 : 14,134 meter
- Panjang gerbong penumpang 20 meter
- Panjang gerbong barang 20 meter
- Panjang gerbong minyak 10,960 meter

Dari data diatas dapat diasumsikan jarak sensor ke perlintasan kereta dengan perhitungan kecepatan rata-rata kereta 60 km/jam atau 1000 m/menit.

$$V = \frac{s}{t} \quad \text{maka,} \quad s = V \cdot t \quad \dots (3.1)$$

Dimana,

V = kecepatan kereta (km/jam)

s = jarak sensor ke perlintasan kereta (meter)

Maka jarak sensor ke perlintasan adalah,

$$\begin{aligned}
 s &= V \times t \\
 &= 1000 \text{ m/menit} \times 60 \text{ detik (1 menit)} \\
 &= 1000 \text{ meter} \\
 &= 1 \text{ km}
 \end{aligned}$$

### 3.4.2 Penentuan Energi Harian Modul Surya

Ada dua cara perhitungan untuk penentuan energi harian modul surya ( $E_{pv}$ ), yaitu:

- Perhitungan  $E_{pv}$  dengan arus keluran modul surya

$$\begin{aligned}
 \text{Energi Modul Surya (Wh/day)} &= \text{Arus Keluaran (A)} \times \text{Lama Radiasi} \\
 &\text{Puncak (jam)} \times \text{Tegangan Keluaran Modul (V)} \quad \dots\dots(3.2)
 \end{aligned}$$

Dengan catatan:

- Lamanya radiasi puncak rata-rata 5 jam, dilihat dari data pengamatan dan pengujian dari pukul 09:00 sampai dengan 14:00 wib.
- Arus keluaran modul surya diukur pada tegangan baterai 13,80 Volt.
- Jenis modul surya yang digunakan dengan daya 50 Wp dan 100 Wp (watt-peak).

Maka keluaran energi modul surya dengan menggunakan rumus (3.2)

diatas adalah:

$$E_{pv} \text{ untuk } 50 \text{ Wp} = 2,5 \text{ (A)} \times 5 \text{ (jam)} \times 13,80 \text{ (V)} = 172,5 \text{ Wh}$$

$$E_{pv} \text{ untuk } 100 \text{ Wp} = 2,00 \text{ (A)} \times 5 \text{ (jam)} \times 13,80 \text{ (V)} = 206,25 \text{ Wh}$$

b. Perhitungan  $E_{pv}$  dengan daya puncak ( $W_p$ ) modul surya

$$\begin{aligned} \text{Energi Modul (Wh/day)} &= \text{Daya Puncak Modul (Wp)} \times \text{Insolasi Harian} \\ &(\text{kWh/m}^2 \cdot \text{hari}) \times \text{Faktor } 0,8 \quad \dots(3.3) \end{aligned}$$

Dengan catatan:

- Insolasi harian adalah energi matahari yang dihasilkan selama satu hari pada permukaan horisontal bumi seluas  $1 \text{ m}^2$ . Untuk kondisi rata-rata di Indonesia adalah sebesar  $4,5 \text{ kWh/m}^2 \text{ hari}$ .
- Faktor 0,8 adalah faktor yang disebabkan adanya kerugian (losses) yang terjadi pada modul akibat pengaruh temperatur dan kondisi permukaan tersebut.
- Jenis modul surya yang digunakan dengan daya 50 Wp dan 100 Wp (*watt-peak*).

Maka keluaran energi modul surya dengan menggunakan rumus (3.3)

diatas adalah:

$$E_{pv} \text{ untuk } 50 \text{ Wp} = 50 \text{ (Wp)} \times 4,5 \text{ (kWh/m}^2 \cdot \text{hari)} \times 0,8 = 180 \text{ Wh}$$

$$E_{pv} \text{ untuk } 100 \text{ Wp} = 100 \text{ (Wp)} \times 4,5 \text{ (kWh/m}^2 \cdot \text{hari)} \times 0,8 = 360 \text{ Wh}$$

### 3.4.3 Perhitungan Nilai ekonomis

Untuk mengetahui nilai ekonomis dari pemasangan *Solar Cell* tergantung pada jenis komponen yang digunakan dan model perancangan yang dibuat. Maka diperlukan suatu perbandingan dari perancangan simulasi (*prototype*) yang telah

menentukan ukuran *Solar Cell* yang akan digunakan. Tabel 3.2 menunjukkan perbandingan antara perancangan yang dibuat dengan realisasinya.

**Tabel 3.2** Perbandingan perancangan yang dibuat dengan *real*-nya

<b>Prototype</b>	<b>Spesifikasi</b>	<b>Real</b>
<i>Proximity Inductive</i> (diambil dari koil yang diambil dari relay)	<b>Sensor</b>	<i>Proximity Inductive</i>
Mikrokontroler AT89S51	<b>Pengendali Sistem</b>	Mikrokontroler AT89S51
Motor DC GT2 - <i>Right Angle Shaft</i> , 67rpm 5V	<b>Penggerak / Motor</b>	Motor DC 24 V, 4,5 A
Terbuat dari potongan PCB	<b>Lengan Palang Pintu</b>	Terbuat dari bahan kayu meranti (20 kg)
50 Wp / $\pm$ 172,5 Wh	<b>Solar Cell</b>	100 Wp / $\pm$ 206,31 Wh
<i>Type Phocos</i> buatan Jerman 12 Volt / 6 Ampere	<b>Solar Charge Regulator</b>	<i>Type Phocos</i> buatan Jerman 24 Volt / 10 Ampere
Aki Basah 12V / 5Ah / 10Hr	<b>Baterai/Accu</b>	<i>Sealed Rechargeable Battery - PV VLRA</i> 12V / 100Ah / 20Hr
<i>Buzer</i> 12 volt	<b>Output Suara</b>	<i>Sirine Dual Tone</i> 500Hz - 600Hz
LED 5mm	<b>LED</b>	<i>Ultra Bright</i> 5mm, sudut cahaya 30 <sup>0</sup> , 5 v

### 3.4.3.1 Perhitungan Kebutuhan Energi Harian

Untuk sistem palang pintu perlintasan kereta otomatis dengan *solar cell* maka penggunaan listrik harus seefektif dan seefisien mungkin dengan

kapasitas energi yang dihasilkannya relatif terbatas serta berdampak pada pengaruh biaya investasi. Oleh karena itu diperlukan tabel perincian penggunaan beban-beban listrik secara lebih terperinci sesuai dengan kebutuhan, dengan ketentuan dalam satu hari operasi kereta yang melintas 50 kereta.

- Rangkaian Sensor *Proximity Inductive* (2 buah) = 5 watt  
(lama bekerja  $\pm$  6 detik, atau 0,017 jam)
- Mikrokontroler AT89S51 = 5 watt  
(lama bekerja  $\pm$  15 menit, atau 0,25 jam)
- Motor DC 24 V, 4,5 A (2 buah) = 216 watt  
(lama bekerja  $\pm$  6 menit, atau 0,1 jam)
- *Sirine Dual Tone* 500Hz - 600Hz (2 buah) = 25 watt  
(lama bekerja  $\pm$  15 menit, atau 0,25 jam)
- LED *Ultra Bright* 5mm, 5 v (2 buah) = 25 watt  
(lama bekerja  $\pm$  15 menit, atau 0,25 jam)

Maka daya yang dibutuhkan untuk satu kali operasi adalah:

Sensor	: 5 watt x 0,017 jam	= 0,085 watt jam
Mikrokontroler	: 5 watt x 0,25 jam	= 1,25 watt jam
Motor	: 216 watt x 0,1 jam	= 21,6 watt jam
Sirine	: 25 watt x 0,25 jam	= 6,25 watt jam
LED	: 25 watt x 0,25 jam	= 6,25 watt jam +
		35,435 watt jam



Apabila dalam ketentuan (diambil rata-rata) satu hari operasi kereta yang melintas ada 50 kereta, maka energi yang dibutuhkan dalam satu hari adalah:

$$50 \times 35,435 \text{ watt jam} = 1771,75 \text{ watt jam}$$

Dari perhitungan diatas maka kebutuhan energi beban harian sebesar 1771,75 Wh yang dapat dipasok oleh modul surya 100 Wp (206,31 Wh) sebanyak 9 buah (8,58).

### 3.4.3.2 Penentuan Kapasitas Kebutuhan Regulator

Penentuan kapasitas sebuah regulator (*Solar Charge Regulator*) disesuaikan dengan kemampuan dari panel surya. Biasanya kapasitas yang tertera dalam regulator berupa kapasitas tegangan (volt) dan hantar arus (ampere). Tidak ada suatu rumusan untuk menentukan kapasitas kebutuhan regulator, yang jelas semakin besar kapasitas tegangan dan hantar arus yang digunakan maka semakin baik untuk pengembangan *solar cell* kedepannya. Artinya jika panel surya 50 Wp hanya membutuhkan sebuah regulator 12 Volt/ 6 Ampere, maka bisa lebih baik jika regulator tersebut diganti dengan kemampuan 24 Volt/10 Ampere. Perubahan tersebut jelas mempengaruhi biaya investasi, karena semakin besar kapasitas suatu regulator maka semakin besar biaya investasi.

### 3.4.3.3 Penentuan Kapasitas Kebutuhan Baterai

Untuk keperluan tersebut, dapat dipergunakan rumus berikut:

$$\text{Kapasitas Baterai (Ah pada 12 volt)} = \dots (3.4)$$

*Kebutuhan Energi Beban (watt · jam) x Jumlah hari untuk menyimpan Energi*

Dengan catatan:

- ✓ Umumnya diambil DoD = 0,8. Yaitu kapasitas minimal yang boleh dikeluarkan (*discharge*) dari baterai.
- ✓ Faktor pengali 2 (masa siklus habis dan harus *dicharge*).

Dengan mengetahui perhitungan kebutuhan energi beban harian sebesar 1771,75 Wh, maka dengan menggunakan rumus diatas didapatkan kapasitas baterai yang diperlukan adalah:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Baterai (Ah pada 12 volt)} &= \frac{1771,75 \text{ (Watt .jam)} \times 2}{0,8 \times 12 \text{ (volt)}} \\ &= 369,2 \text{ Ah} = 400 \text{ Ah pada 12 volt} \end{aligned}$$

Dengan demikian apabila menggunakan baterai dengan spesifikasi 12V/100Ah/20Hr, maka jumlah baterai yang diperlukan sebanyak 4 buah dan itu sudah mencukupi kebutuhan beban harian 1771,75 Wh selama satu hari.

#### 3.4.3.4 Perhitungan Biaya Investasi

Biaya investasi ini dimaksudkan untuk pengadaan komponen-komponen sistem palang pintu kereta otomatis dan *Solar Cell* itu sendiri. Penggunaan *solar cell* sebagai penyuplai daya sistem palang pintu kereta otomatis memang relatif mahal, karena perangkat tenaga surya saat ini komponennya (modul surya) sebagian besar masih diimpor.

Maka investasi yang dikeluarkan akan menjadi menguntungkan jika dipanaskan dalam waktu yang lama yaitu kurang lebih selama 20 tahun dan

termasuk biaya perawatan berupa penggantian baterai 3,5 tahun sekali. Tabel 3.3 menunjukkan rincian biaya investasi menggunakan *solar cell*.

**Tabel 3.3 Rincian biaya investasi**

<b>Jenis Komponen</b>	<b>Spesifikasi dan Kapasitas</b>	<b>Pengadaan Komponen</b>	<b>Biaya / Harga</b>
Panel Surya	Shinyoku KW 1 100 Wp ( $\pm$ 206,31 Wh)	9 kali	Rp. 36.000.000,-
Regulator	Type Phocos buatan Jerman 24 V / 10 A	1 kali	Rp. 600.000,-
Baterai	Sealed Rechargeable Battery - PV VLRA 12V / 100Ah / 20Hr	4 kali	Rp. 12.000.000,-
Sensor	Proximity Inductive	2 kali	Rp. 400.000,-
Kontroler	AT89S51	1 kali	Rp. 400.000,-
Motor	Motor DC 24 V, 4,5 A	2 kali	Rp. 10.000.000,-
Sirine	Dual Tone 500Hz - 600Hz	2 kali	Rp. 400.000,-
LED	Ultra Bright 5mm, 5 v	2 kali	Rp. 300.000,-
<b>Perawatan</b>			
Penggantian Baterai (Aki) / 3,5 tahun	Menyesuaikan	4 kali	Rp. 84.000.000,-
<b>Total Investasi selama 20 tahun</b>			<b>Rp. 144.100.000,-</b>

Dari hasil tabel rincian biaya investasi yang didasarkan pada periodik / waktu dalam jangka waktu 20 tahun, didapatkan bahwa penggunaan *Solar Cell*

Berbeda hasil penilaian jika kedua sistem itu dipandang dari sudut ide dan rencana yang dapat diwujudkan dengan porsi yang layak dikembangkan secara ekonomi dalam jangka periodik.

### 3.4.3.5 Tarif Listrik PLN

Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui perbandingan biaya dengan tarif PLN, untuk itu perhitungan tarif listrik berdasarkan pemakaian listrik pada rancangan diatas dengan tarif listrik PLN,

Rancangan pada daya maksimum 2200 W mengkonsumsi energi listrik harian sebesar 1771,75 Wh, selama 1 bulan (1771,75 x 30) sebesar 53.152,5 Wh (53,2 kWh). Maka perhitungan tarif dasar listrik dengan batas daya 2200 VA diperoleh:

Pemakaian daya	: 53,2 kWh
Biaya Beban	: $\frac{2200 VA}{1000} \times \text{Rp. } 25.000,- = \text{Rp. } 55.000,-$
Biaya Pemakaian	: 53,2 kWh x Rp. 650,- / kWh = Rp. 34.580,-
Jumlah Total	: Rp. 55.000,- + Rp. 34.580,- = <i>Rp 89.580,- / Bulan</i>

Jumlah total di atas sudah merupakan harga subsidi dari pemerintah.

### 3.4.3.6 Nilai Ekonomis

Nilai ekonomis yang dimaksud tidak hanya memandang dari sudut total investasi yang dikeluarkan maupun biaya tarif listrik pada PLN, melainkan

memandang juga dari sudut sebuah ide dan rencana suatu proyek investasi yang

dapat diwujudkan dengan porsi yang layak dikembangkan secara ekonomi dalam jangka periodik.

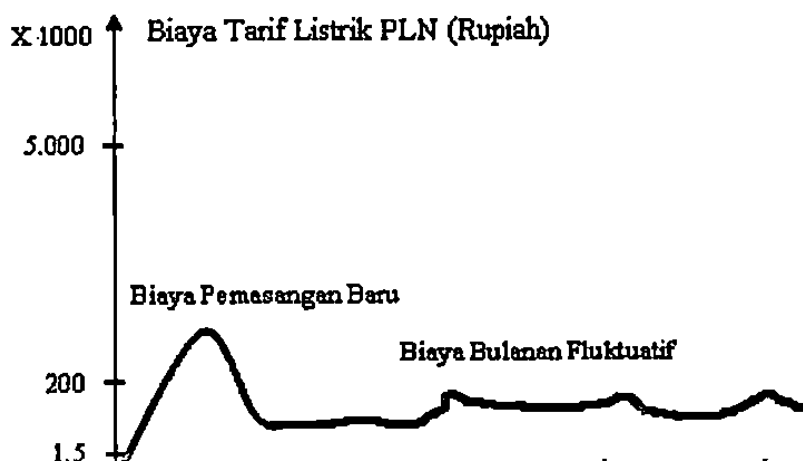
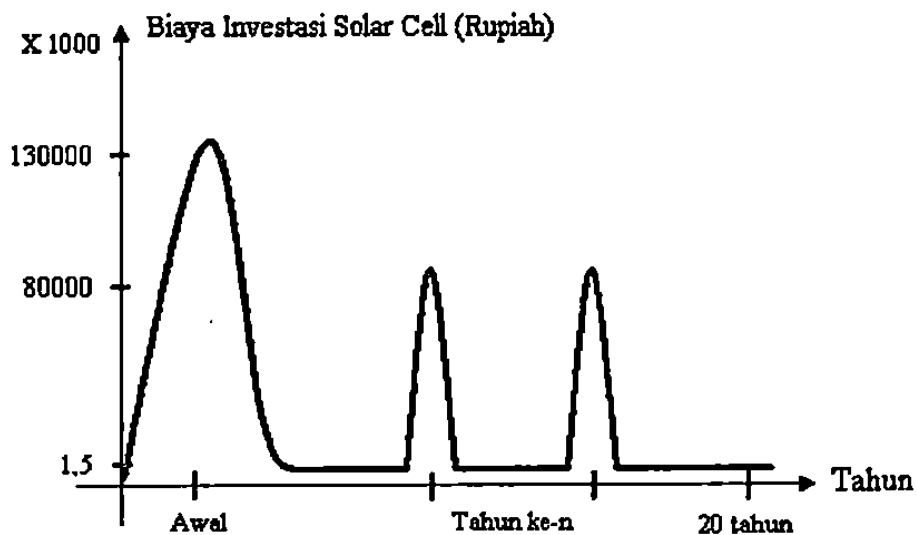
Rencana anggaran biaya suatu proyek fisik pengadaan modul surya untuk palang pintu perlintasan otomatis ini merupakan biaya yang harus dikeluarkan untuk mewujudkan proyek tersebut sesuai dengan konsep dan desain yang dibuat. Sedangkan biaya tarif listrik PLN atas penggunaan energi listrik sesuai kapasitas daya yang terpasang. Tabel 3.4 memperlihatkan rincian anggaran biaya investasi perancangan yang dibuat dengan biaya tarif listrik PLN yang didasarkan pada periodik/waktu dalam jangka waktu 20 tahun.

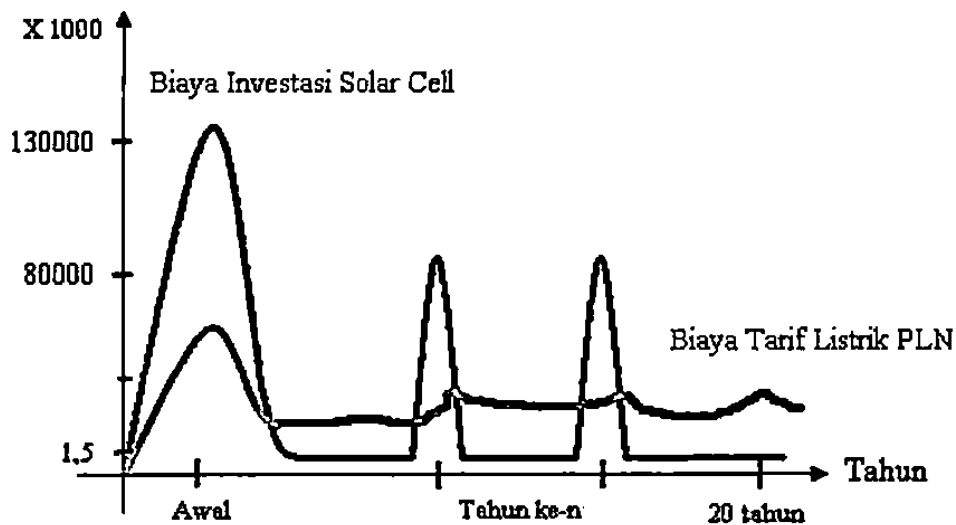
**Tabel 3.4 Rincian perbandingan investasi perancangan yang dibuat dengan tarif listrik PLN**

<b>Investasi Sistem</b>	<b>Pembanding</b>	<b>Tarif PLN</b>
Rp. 36.000.000,-	<i>Solar Cell</i> 100 Wp ( $\pm$ 206,31 Wh) 9 buah	-
Rp 600.000,-	Solar Charge Regulator	-
Rp. 12.000.000,-	<i>Sealed Rechargeable Battery - PV</i> VLRA 12V / 100Ah / 20Hr (4 buah)	-
Bisa dilakukan	Biaya Perawatan	Menyesuaikan
Rp. 84.000.000,-	Penggantian Baterai (Aki) / 3 tahun (Rp 270.000,-) x 8	-
-	Biaya Konsumsi Energi Bulanan (Rp 89.580,- x 12 Bulan x 20 Tahun)	Rp. 21.499.200,-
Tidak ada	Ada subsidi pemerintah	Ada
Bisa dilakukan	Penambahan daya	Bisa dilakukan
<b>Rp. 132.600.000,-</b>	<b>Total</b>	<b>Rp. 21.499.200,-</b>

Dari hasil tabel rincian perbandingan antara investasi perancangan yang dibuat dengan tarif listrik PLN yang didasarkan pada periodik / waktu dalam jangka waktu 20 tahun, didapatkan bahwa penggunaan *Solar Cell* pada saat ini belum memiliki nilai ekonomis jika dilihat dari sudut pandang total investasi kedua sistem yang dikeluarkan.

Berbeda hasil penilaian jika kedua sistem itu dipandang dari sudut ide dan rencana yang dapat diwujudkan dengan porsi yang layak dikembangkan secara ekonomi dalam jangka periodik. Gambar 3.16 berikut menunjukkan berbagai grafik perbandingan antara investasi *solar cell* dengan biaya tarif listrik PLN.





**Gambar 3.16** Grafik Perbandingan antara Investasi *Solar Cell* dengan Biaya Tarif Listrik PLN

Dari gambar 3.16 dapat diambil sebuah kesimpulan bahwa penggunaan *Solar Cell* saat ini belum memiliki nilai ekonomis dibandingkan dengan Tarif Listrik PLN. Namun tidak demikian untuk jangka waktu kedepan, dengan mengambil beberapa asumsi sebuah proyeksi jangka waktu kedepan seperti tarif listrik PLN yang semakin lama semakin mahal, harga modul surya yang semakin terjangkau, dan intensitas matahari khususnya di Indonesia yang cukup tinggi, ini akan membuat nantinya suatu saat *Solar Cell* akan mempunyai nilai ekonomis