

# PENGGUNAAN SISTEM BILANGAN BINER PADA PERANCANGAN RPM METER DIGITAL

**Yusro Al Hakim**

Jurusan Pendidikan Fisika

FKIP Universitas Muhammadiyah Purworejo

## **Abstrak**

*Telah dirancang dan dibuat sebuah alat RPM Meter Digital. Alat ini berfungsi untuk menghitung banyaknya suatu putaran dan hasilnya ditampilkan secara digital(angka numerik).*

*Penulis merancang dan membuat alat ini meneliti penggunaan sistem biner pada unjuk kerja alat tersebut. Alat ini juga bisa dikembangkan menjadi alat pengukur jarak yang di tempuh sebuah objek yang bergerak.*

*RPM Meter Digital terdiri dari blok catu daya, blok transduser dengan opto isolator tipe 860 D, dan counter IC 7490 serta IC 7447 sebagai dekoder/driver segmen seven sebagai display. Blok catu daya berfungsi sebagai pencatu daya keseluruhan sistem, blok transduser sebagai sensor/pengindera putaran suatu objek yang berputar. Setiap 1 kali putaran maka transduser ini akan menghasilkan sederet pulsa high dan low yang terhitung 1 putaran. Sinyal output transduser ini sebagai input counter dan akan dicacah atau dihitung oleh IC 7490 untuk ditampilkan sebagai hasil berupa angka numerik pada display segmen seven. Dari penelitian, diperoleh data hasil percobaan sama dengan data tabel kebenaran yang baku, hal ini menunjukkan alat telah bekerja dengan baik.*

Kata kunci : *putaran ,pulsa, diplay segmen seven*

## **Pendahuluan**

Jika diperhatikan, kecenderungan piranti-piranti elektronika sekarang ini sedang menuju era digital. Tampilan-tampilan data ataupun pengolahan sinyal dan pengontrolan data direpresentasi-

kan dengan kode-kode digital. Kode-kode digital tersebut kadang sudah diubah menjadi kode-kode lain yang mudah dimengerti manusia sesuai tujuan pemanfaatannya.

Kelebihan-kelebihan sistem digital dibandingkan dengan sistem analog menjadikannya sebagai sistem yang dipilih dalam piranti-piranti elektronika. Kemudahan dalam desain, kemudahan penyimpanan data, ketinggian tingkat presisi dan akurasi, kemudahan untuk diprogram, kemampuan menanggulangi noise, dan tingkat efektivitas komponen merupakan kelebihan-kelebihan sistem tersebut.

Sistem digital yang digunakan dalam piranti-piranti elektronika tersebut menggunakan sistem bilangan yang ada pada matematika. Sistem bilangan matematika yang sering digunakan pada sistem digital piranti elektronika adalah sistem biner(basis-2), sistem oktal(basis-8), sistem desimal (basis-10) dan sistem heksa desimal (basis-16).

Sedangkan, dalam kehidupan sehari-hari manusia terbiasa dengan sistem basis-10 atau yang dikenal dengan desimal (angka 0 - 9). Akan tetapi sistem desimal sulit

diterapkan pada mesin-mesin karena berbagai faktor, dan yang termudah adalah menggunakan sistem bilangan biner(basis-2). Sistem biner hanya mengenal kode 1 (*high*) dan 0(*low*) untuk menggambarkan sebuah kondisi mesin, sehingga sangat mudah untuk diolah sesuai peruntukan.

Oleh karenanya sistem biner banyak digunakan pada hampir semua piranti-piranti digital. Dalam penelitian ini, penulis mendesain RPM meter digital untuk menunjukkan penggunaan sistem biner dalam operasinya. RPM meter digital ini berfungsi sebagai piranti pencacah putaran digital.

RPM meter ini bisa digunakan untuk mengukur besaran fisika yang lebih aplikatif seperti pengukur jarak, mengetahui kecepatan objek, menghitung kekuatan debit air dan juga debit angin dan lain-lain.

Berdasarkan uraian diatas maka peneliti akan mengaji permasalahan yang ada sebagai berikut :

Bagimanakah sistem biner atau basis-2 digunakan pada perancangan RPM meter digital.

Dalam penelitian ini masalah dibatasi pada RPM meter digital yang memiliki tampilan display minimal 1 digit yaitu mulai angka 0 sampai dengan 9 dengan operasi aritmatika penjumlahan.

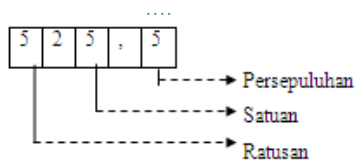
### Manfaat Penelitian

Manfaat utama penelitian adalah mengetahui penggunaan sistem biner dalam RPM meter digital. Sedangkan manfaat yang lainnya adalah perancangan RPM meter digital ini bisa dikembangkan sebagai piranti lain yang diperlukan dalam pengukuran-pengukuran fisika.

### Kajian Teori

Di sini dibahas tentang sistem bilangan matematika yang digunakan elektronika ditulis Bignel dan Donovan(2000: 15) bahwa sistem bilangan yang ada di matematika merupakan sistem bilangan

yang berbobot, artinya suatu angka numerik akan mempunyai nilai yang tergantung pada posisi relatif terhadap angka-angka yang lainnya. Sebagai contoh 525,5 nilai 5 di belakang koma berbeda dengan nilai 5 di depan koma begitu pula nilainya berbeda dengan nilai yang berada disisi paling kiri .Ilustrasi tersebut bisa digambarkan berikut ini :



Gambar 1. Pembobotan angka pada sistem desimal

Pembobotan ini berlaku untuk konversi(pengubahan) ke sistem basis-10 dari semua sistem bilangan.

### 1. Sistem Bilangan Desimal (basis-10)

Basis-10 mempunyai angka sebanyak 10(sepuluh) jenis yaitu : 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9. Nilai suatu bilangan basis-10 dinyatakan dengan

$$\sum (N \times 10^a) \text{ dengan}$$

$$= 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9 \text{ dan}$$

$$a = \dots -3,-2,-1,0,1,2,3\dots$$

Contoh

$$325_{10} = 3 \cdot 10^2 + 2 \cdot 10^1 + 5 \cdot 10^0$$

$$0,6_{10} = 0 \cdot 10^0 + 6 \cdot 10^{-1}$$

## 2. Sistem Bilangan Biner(basis-2)

Basis 2 atau sistem biner mempunyai angka numerik 0 dan 1, nilai bilangan basis-2 jika ditulis dalam basis-10 dapat ditulis

$\sum (N \times 2^a)$  dengan  $N = 0,1$  dan  $a = \dots -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, \dots$

Contoh

$$\begin{aligned} 1110_2 &= 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 \\ &= 8 + 4 + 2 + 0 = 14_{10} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 10,001 &= 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 + 0 \cdot 2^{-1} + 0 \cdot 2^{-2} \\ &\quad + 1 \cdot 2^{-3} \\ &= 2 + 0 + 0 + 0 + 0,125 \\ &= 2,125_{10} \end{aligned}$$

## 3. Konversi Sistem Bilangan

Sistem bilangan dapat di-konversi ke sistem bilangan yang lainnya. Ini diperlukan agar data-data bisa dibaca dan diolah oleh mesin yang mempunyai desain dengan sistem bilangan yang lain. Sebagai contoh adalah penggunaan

sistem bilangan biner(basis-2) yang digunakan dalam perancangan RPM meter digital dengan IC 7490 4 bit biner. Begitu pula mikrokontroler IC 8051 yang menggunakan sistem bilangan heksadesimal dalam operasinya.

## 4. Konversi Biner(basis-2) ke Desimal (basis-10)

Cara mengkonversi biner ke desimal dengan rumus  $\sum (N \times 10^a)$  seperti contoh sebelumnya, dengan  $N = 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9$  dan  $a = \dots -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, \dots$

Contoh:

$$\begin{aligned} 1110_2 &= 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 \\ &= 8 + 4 + 2 + 0 = 14_{10} \end{aligned}$$

## 5. Konversi Desimal(basis-10) ke Biner(basis-2)

Konversi basis 10 ke basis 2 yang paling populer adalah dengan pengisian bobot posisi bit disamping bisa dengan pembagian berulang. Bobot bit pada sistem biner akan mempunyai nilai tertentu pada

sistem desimal. Ilustrasi tersebut bisa dituliskan sebagai berikut

.....	<i>Bit4</i>	<i>bit3</i>	<i>bit2</i>	<i>bit1</i>
.....	$2^3$	$2^2$	$2^1$	$2^0$
.....	8	4	2	1

Cara mengkonversinya adalah dengan cara berikut :

Contoh. Konversi  $10_{10}$  ke biner

.....	$2^3$	$2^2$	$2^1$	$2^0$
.....	1	0	1	0

-----> 1. mengisi bit yang sesuai  $1 \times 2^3 + 1 \times 2^0 = 10$   
 -----> 2. melengkapi bit dengan 0

Secara umum nilai desimal (D) yang mampu ditampilkan dari data sebanyak N bit dirumuskan sebagai berikut :  $D = 2^N - 1$ . Misal ada 4 bit data biner, berarti angka desimal yang bisa ditampilkan adalah  $D = 2^4 - 1 = 15_{10}$

## 6. Operasi Aritmatika Sistem Biner

Operasi aritmetika pada biner sama dengan operasi sistem bilangan yang lain yaitu mencakup operasi penjumlahan, pengurangan,

- a. mengisi bit pada bobot sehingga nilai binernya sama dengan nilai desimalnya,
- b. menambahkan bit 0 untuk melengkapi bit

perkalian dan pembagian. Sebagai operasi utama adalah operasi penjumlahan dan pengurangan. Dalam perancangan ini yang digunakan adalah operasi aritmetika penjumlahan. Tabel kebenaran untuk operasi penjumlahan adalah sebagai berikut :

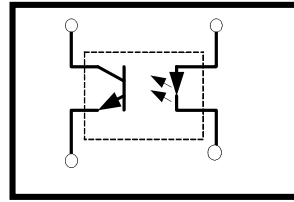
$$\begin{array}{r}
 \text{carry in} \\
 A \\
 B \\
 \hline
 + \\
 \text{carry out} \quad \text{sum}
 \end{array}$$

Tabel 1. Tabel Kebenaran Operasi Penjumlahan pada Sistem Biner

<i>Carry in</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>Carry out</i>	<i>sum</i>
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	1

### 7. Transducer Opto Isolat

*Opto coupler* merupakan sensor yang berbasis dioda emitter cahaya dan penyensor. Ada berbagai jenis opto elektronika anatra lain *opto interruptor*, *opto reflektro* dan *opto coupler*. Pada perancangan ini digunakan opto elektronika jenis *opto isolator*. *Opto isolator* ini bekerja dengan sistem penghentian cahaya yang dibangkitkan oleh emiiter dioda sehingga hal ini akan menghasilakn kondisi *high* dan *low* atau kondisi biner 0 dan 1. Rangkaian *opto isolator* yang digunakan adalah type 860D dan digambarkan sebagai berikut.



Gambar 2. Rangkaian Opto isolator

### 8. IC Counter UP 7490

IC *counter* 7490 merupakan IC TTL BCD(*binary coded desimal*). IC ini mempunyai 4(empat) bit keluaran. IC ini mampu melakukan operasi penjumlahan biner dengan kemampuan tambahan berupa reset ke 0 pada semua kondisi biner, dengan menghubungkan kaki RO ke logika 1/high. IC 7490 memiliki 14 pin/kaki dengan catu daya berupa  $V_{cc}$  sebesar 5 volt dan ground.

### 9. IC Decoder/Segment Seven Driver 7447

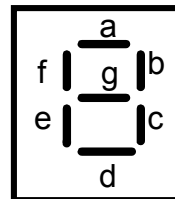
IC 7447 merupakan IC pendekode dan penggerak segmen seven. IC ini merupakan IC TTL dengan output berupa aktif low. IC 7447 biasanya digunakan bersama IC 7490 untuk menampilkan data biner yang diubah menjadi desimal

berupa display numerik(0-9). IC ini juga memiliki catu daya Vcc sebesar 5 Volt dan ground. Input data IC 7447 sebanyak 4 bit biner dan keluaran sebanyak 7(tujuh) bit. Tujuh bit ini ditampilkan berupa angka numerik (0-9).

### 10. Display Segment Seven

Segmen seven terdiri dari 8(delapan) LED(tujuh segmen seven dan satu koma). Format tampilan segmen seven mampu menampilkan angka numerik (0-9). Ada dua tipe dari segmen seven yaitu *common kathode* dan *common anodhe*. Pada *common anodhe*, anodhe dibuat jadi titik bersama dalam kerjanya, sedangkan pada *com-*

*mon kathode* menggunakan kathoda sebagai kaki bersama bersama dalam kerjanya. Segmen seven membutuhkan catu daya sebesar 5 Volt.



Gambar 3. Segmen Seven

IC 7490, 7447 dan segmen seven digunakan bersama-sama dalam rangkain pada penelitian ini untuk melakukan operasi penjumlahan biner. Berikut tabel kebenaran dari unjuk kerja gabungan tersebut.

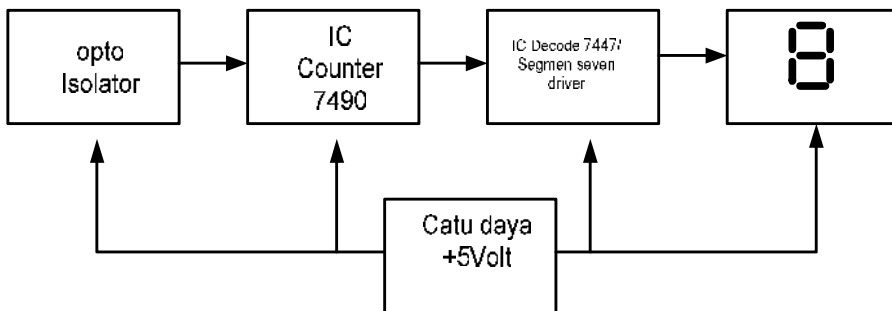
Tabel 2 Tabel Kebenaran IC 7490 dan Decoder IC 7447

Desimal	Input(IC 7447)				Output IC 7447						
	D	C	B	A	A	b	c	d	E	f	g
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1
2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
3	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0
4	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0

5	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0
6	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1
7	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1	0	0	1	0	0	0	1		0	0

## Metodologi Penelitian

Blok Diagram RPM meter digital secara keseluruhan diperlihatkan sebagai berikut :



Gambar 4. Blok Keseluruhan Sistem RPM Meter Digital

Sebagai transduser(sensor) untuk mendeteksi putaran digunakan rangkaian *opto isolator* type 860D. Optoisolator ini menghasilkan sinyal *high* dan *low* untuk satu perubahan level tegangan/ satu putaran. Keluaran transduser ini sebagai input IC 7490 dan akan dicacah atau dihitungnya. IC 7490 akan menghitung naik(*count up*)

setiap pulsa yang masuk ke input IC 7490 secara tepat dan cepat. IC ini mengolah data menjadi 4(empat bit biner data) yang akan didekode oleh IC 7447 dan ditampilkan menjadi angka numerik dari 0-9.

Semua blok rangkaian di catu oleh +Vcc sebesar 5 Volt. Menurut

(Dany K dkk : 2004), Rumus RPM

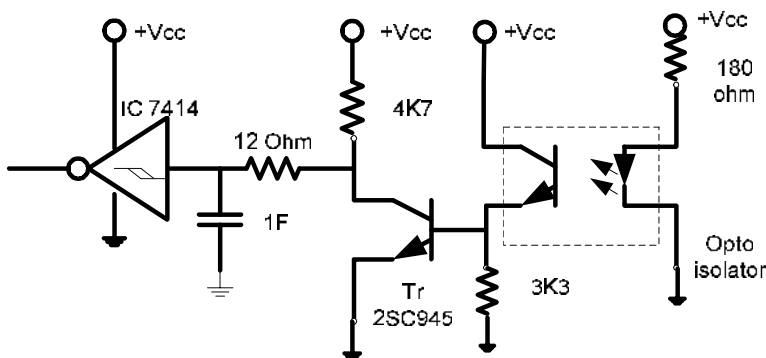


meter digital diberikan sebagai berikut :

$$\text{RPM} = \frac{\text{Tampilan}}{\text{JumlahLubang}} \times \frac{60 \text{ detik}}{\text{gatetime}}$$

Pada penelitian ini jumlah lubang yang ada pada piringan sebanyak 1(satu) buah dan gatetime yang diambil adalah 1(satu) menit atau 60 detik. Sehingga Tampilan yang muncul akan merupakan nilai RPM( banyaknya putaran per menit).

### 1.Perancangan Opto Isolator



Gambar 5. Perancangan Opto Isolator

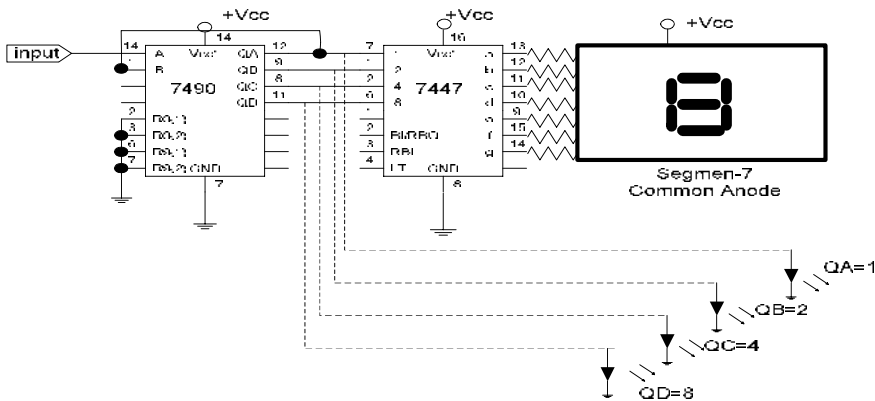
Optoisolator ini terdiri dari rangkaian pengiterupsi. Keluaran yang masih lemah dikuatkan transistor 2SC945 dan diolah agar lebih bagus dan tepat berupa gelombang kotak/sinyal digital oleh kapasitor dan IC 7414. Jumlah gelombang kotak yang dihasilkan merupakan

jumlah putaran yang dicacah. Sebagai uji coba pada penelitian ini, digunakan 1(satu) lubang pada piringan yang dipasang pada sebuah motor DC.

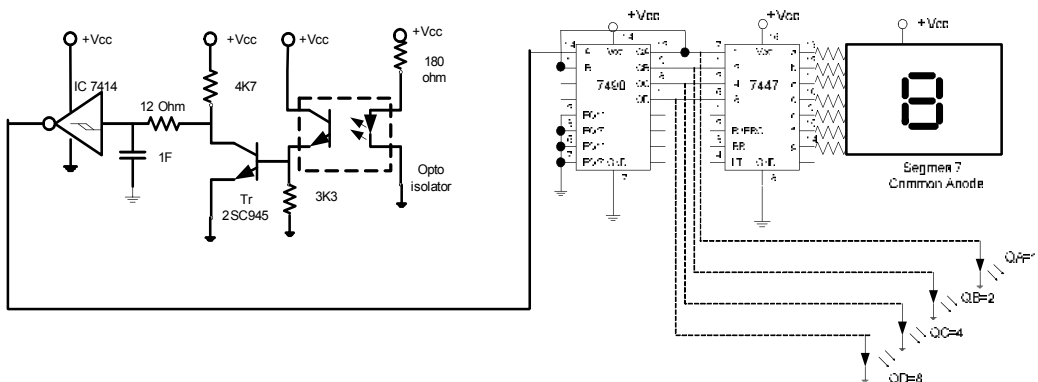
## 2. Perancangan Counter dan Dekoder/Segmen Seven Driver

Pada perancangan penelitian ini IC counter yang digunakan adalah IC counter 4 bit. IC 7490 ini bisa direset (dibuat ke 0) jika kaki RO dihubungkan dengan +Vcc. Keluaran 4 bit biner ini masing-masing pada  $Q_D Q_C Q_B Q_A$  pada kaki

11, 8,9,12. Empat bit keluaran ini akan didekode menjadi angka desimal dari 0-9 pada segmen seven. Proses konversi ini akan memenuhi tabel kebenaran IC 7490 dan 7447 pada tabel 2. Rangkaian lengkap Perancangan Counter dan dekoder/segmen seven driver pada gambar 6.



Gambar 6. Perancangan Counter dan Display RPM Meter Digital



Gambar 7. Rangkaian Perancangan RPM Meter Digital Satu Digit

## Analisis Data

Berikut adalah data dari perancangan yang telah dilakukan.

Tabel 3 Tabel Data dari perancangan RPM Meter digital

Keluaran pada IC Counter IC 7490				Keluaran IC 7447/ Rangkaian segmen seven Driver							
Q <sub>D</sub> / LED D	Q <sub>C</sub> / LED C	Q <sub>B</sub> / LED B	Q <sub>A</sub> / LED A	a	b	c	d	E	f	g	Desi mal
0/mati	0/mati	0/mati	0/mati	1	1	1	1	1	1	0	0
0/mati	0/mati	0/mati	1/nyala	0	1	1	0	0	0	0	1
0/mati	0/mati	1/nyala	0/mati	1	1	0	1	1	0	1	2
0/mati	0/mati	1/nyala	1/nyala	1	1	1	1	0	0	1	3
0/mati	1/nyala	0/mati	0/mati	0	1	1	0	0	1	1	4
0/mati	1/nyala	0/mati	1/nyala	1	0	1	1	0	1	1	5
0/mati	1/nyala	1/nyala	0/mati	0	0	1	1	1	1	1	6
0/mati	1/nyala	1/nyala	1/nyala	1	1	1	0	0	0	0	7
1/nyala	0/mati	0/mati	0/mati	1	1	1	1	1	1	1	8
1/nyala	0/mati	0/mati	1/nyala	1	1	1	0	0	1	1	9

Dari data yang diperoleh terlihat bahwa RPM meter digital bersesuaian dengan tabel kebenaran pada tabel 2. Hal ini menunjukkan bahwa alat telah bekerja dengan baik. Adapun tampilan angka-angka dari 0 sampai 9 dapat dianalisis sebagai berikut.

### 1. Tampilan angka nol(0)

IC 7490 secara otomatis mempunyai keluaran low pada 4 bit outputnya, ketika dihubungkan dengan catu daya, sehingga tampil-

an pada display segmen seven adalah 0.

$Q_D Q_C Q_B Q_A$

0 0 0 0

### 2. Tampilan angka 1

Saat IC 7490 mendapat 1 input pulsa (terdiri sederet high dan low) dari opto isolator, maka pulsa ini akan dicacah oleh IC tersebut sebagai 1 (satu) bit input. Kemudian IC 7490 ini melakukan operasi penjumlahan bit dan hasil operasi ini berupa 4 (empat) bit pada

keluarannya dan ditahan/ latch oleh IC tersebut :

$$\begin{array}{r} Q_D Q_C Q_B Q_A \\ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \\ \underline{0 \ 0 \ 0 \ 1+} \\ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \end{array}$$

### 3. Tampilan angka 2

Ketika IC 7490 mendapat 1 input pulsa (terdiri sederet high dan low) berikutnya, maka pulsa ini akan dicacah oleh IC tersebut sebagai 1 (satu) bit input. Hasil operasi pertama tadi dijumlahkan dengan 1 bit pulsa yang dicacah tersebut. Kemudian IC 7490 ini melakukan operasi penjumlahan bit dan hasil operasi ini berupa 4 (empat) bit pada keluarannya, 4 (empat) bit keluaran ini kemudian didekode oleh IC 7447 yang ditampilkan berupa angka 2

$$\begin{array}{r} Q_D Q_C Q_B Q_A \\ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \\ \underline{0 \ 0 \ 0 \ 1+} \\ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \end{array}$$

### 4. Tampilan angka 3

Bit 0010 pada  $Q_A Q_B Q_C Q_D$  tersebut kemudian dijumlahkan dengan 0001 yang merupakan 1 pulsa berikutnya dari transduser opto isolator 860D, sehingga tampilan yang muncul pada segmen seven adalah angka 3 :

$$\begin{array}{r} 5. \ Q_D Q_C Q_B Q_A \\ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \\ \underline{0 \ 0 \ 0 \ 1+} \\ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \end{array}$$

### 5. Tampilan angka 4

Saat Optoisolator 860 D kembali mendeteksi 1 putaran, maka Optoisolator ini menghasilkan 1 (satu) deret pulsa berikutnya. Satu deret pulsa *high* dan *low* ini kembali dijumlahkan oleh IC 7490 sebagai IC counter tersebut. Setelah dilakukan operasi penjumlahan tersebut, hasil 4 bit 2output ini sebagai input IC 7447 dan didekode menjadi angka 4.

$$\begin{array}{r} Q_D Q_C Q_B Q_A \\ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \\ \underline{0 \ 0 \ 0 \ 1+} \\ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \end{array}$$

## 6. Tampilan angka 5

Setiap putaran yang terdeteksi optoisolator 860 D akan merupakan bit input bagi IC 7490. Pada putaran ke 5, maka output pada Q<sub>D</sub>Q<sub>C</sub>Q<sub>B</sub>Q<sub>A</sub> akan bernilai 01001, dan kode 4 bit ini sesuai dengan tabel kebenaran IC 7490 akan didekode menjadi angka 5 pada segmen seven. Berikut operasi penjumlahan dari angka 4 menjadi angka 5.

Q<sub>D</sub>Q<sub>C</sub>Q<sub>B</sub>Q<sub>A</sub>

0 1 0 0

0 0 0 1

0 1 0 1

Dengan cara yang sama apabila sederet pulsa diberikan ke input IC 7490 maka pulsa ini akan dicacah oleh IC tersebut menjadi angka 6, 7, 8 dan 9.

## 7. Tampilan angka setelah angka 9

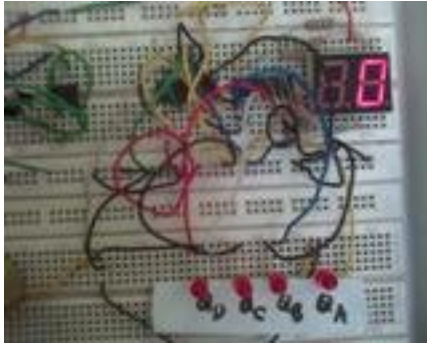
Setelah IC mencacah pulsa sampai 9 kali, kemudian sederet pulsa masuk ke input IC 7490, maka IC tersebut akan kembali ke 0

(output pada Q<sub>D</sub>Q<sub>C</sub>Q<sub>B</sub>Q<sub>A</sub> menjadi 0000). Limpahan bit/*over flow bit* ini akan dicacah oleh IC 7490 yang bekerja sebagai puluhan apabila RPM meter digital ini diseting lebih dari 1 digit.

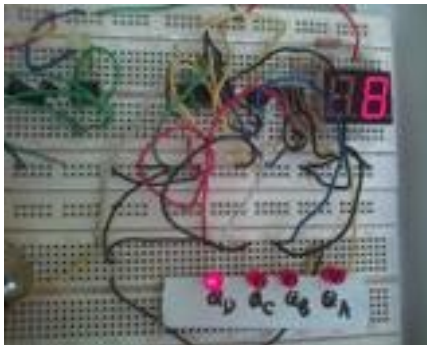
Disamping RPM meter digital mempunyai kemampuan mencacah yang tinggi, RPM meter digital ini juga memiliki kemampuan untuk reset (menampilkan angka 0), sehingga RPM meter Digital mempunyai kemampuan kalibrasi yang tinggi. Berikut gambar-gambar hasil penelitian perancangan RPM meter Digital yang menggunakan operasi biner dalam sistem kerjanya.



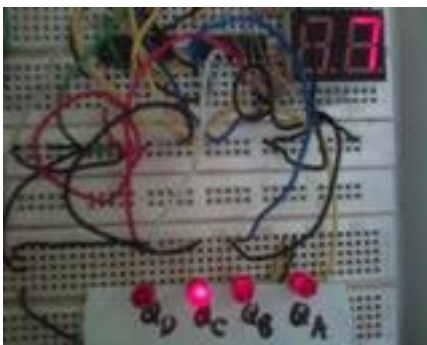
Gambar 8. .Blok Catu . Transduser



Gambar 9. Tampilan Angka 0  
( $Q_D Q_C Q_B Q_A = 0000$ ).



Gambar 10. Tampilan Angka 8  
( $Q_D Q_C Q_B Q_A = 1000$ )



Gambar 11. Tampilan Angka 8  
( $Q_D Q_C Q_B Q_A = 0111$ )

## Penutup

1. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa RPM Meter digital yang dirancang menggunakan sistem bilangan biner dan operasi aritmetika penjumlahan dalam operasinya.
2. Data-data hasil penelitian sama persis dengan dari data  $(Q_D Q_C Q_B Q_A = 0000)$  naran. Artinya alat telah bekerja dengan baik
3. Sesuai dengan rumusan yang ada, tampilan alat ini merupakan hasil pencacahan dari putaran, karena gate time yang digunakan adalah 1(satu) menit..

Gambar 11. Tampilan angka 8

$$\text{RPM} = \frac{\text{Tampilan}}{\text{Jumlah Lubang}}$$

$$x \frac{60 \text{ detik}}{\text{gatetime}}$$

Mengingat alat RPM Meter digital ini sangat dibutuhkan dalam pengukuran-pengukuran besaran Fisika lain maka disarankan alat ini dikembangkan lebih jauh lagi dengan menambah jumlah digit

yang tampil sehingga jangkauan pengukuran besarnya juga akan bertambah.

### **Daftar Pustaka**

Bignell, Donovan. 2000. *Digital Electronic 4<sup>th</sup> edition*.  
USA: DELMAR

K, Danny. 2004. *Mikrocontroller Keluarga IC 8051*.  
Surabaya: Innovative Electronics

Sumarna. 2000. *Elektronika Digital*. Jogjakarta: FKIP UNY

Tocci, Ronald J. 2002. *Digital System Principles and Applications 5<sup>th</sup> edition*.  
USA: Prentice Hall International Inc.

Woolard, Barry G. 1988. *Elektronika Praktis*.  
Jakarta: PT. Pradnya Paramita