

## OPTIMALISASI JARAK TEMBAK PVC AIR SOFTGUN MENGUNAKAN PERANCANGAN DESAIN FACTORIAL 2<sup>3</sup>

**Engkos Koswara**

Teknik Mesin Universitas Majalengka,  
Jl. K.H. Abdul Halim No. 103. Majalengka 45418  
Email : ekoswara.ek@gmail.com

### ABSTRAK

Suatu rancangan percobaan dilakukan antara lain untuk membandingkan efek – efek dari berbagai tingkatan suatu percobaan. Namun pada kenyataannya sering diperlukan rancangan percobaan yang melibatkan banyak variable dengan berbagai tingkatan sekaligus. Sehingga akan menghasilkan kombinasi beberapa variable dengan berbagai tingkatan. Hal ini sering disebut desain factorial.

Desain factorial lebih efisien apabila dibandingkan dengan cara tradisional yang hanya melibatkan 1 variable dengan 1 hasil. Karena masalah yang terjadi di lapangan, variabel yang mempengaruhi hasil bisa lebih dari 1. Dalam penelitian ini, percobaan yang dilakukan menggunakan desain factorial 2<sup>3</sup>, yaitu menggunakan 3 variabel dan 2 tingkat keadaan.

Optimalisasi jarak tembak PVC *Air Softgun* dengan menggunakan desain factorial 2<sup>3</sup> akan menentukan variable – variable apa saja yang mempengaruhi jarak tembak dan menentukan tingkat keadaan variabel yang menjadi nilai optimal dari jarak tembak PVC *Air Softgun* yang bisa dicapai.

Variable yang mempengaruhi jarak tembak PVC *Air Softgun* adalah panjang peluru dan sudut ujung peluru. Tekanan angin pada PVC *Air Softgun* dijadikan tetap yaitu 40 psi sehingga untuk mencapai nilai optimal dari jarak tembak PVC *Air Softgun* yaitu menggunakan panjang peluru 17,5 cm dan sudut ujung peluru 45°. Nilai optimal dari jarak tembak PVC *Air Softgun* adalah 30,1 m.

**Kata kunci** : Desain factorial, PVC *Air Softgun*, Tekanan angin.

### ABSTRACT

*An experimental design is done , among others, to compare the effects - the effects of various levels of an experiment . But in fact often required the design of an experiment involving many variables with many levels at once . So will result in a combination of several variables with different levels. This is often called a factorial design .*

*Factorial design is more efficient when compared to the traditional way that only involves one variable with 1 results . Because of the problems that occurred in the field , the variables that affect the outcome could be more than 1. In this study , experiments were performed using 2<sup>3</sup> factorial design , which uses three variables and two state level .*

*Optimizing the shooting range PVC Air Softgun using 2<sup>3</sup> factorial design will define the variables - variables that influence the firing range and determines the level of state variables that become the optimum value of PVC Air Softgun firing range that can be achieved .*

*Variables that affect the firing range of PVC Air Softgun is a bullet length and angle of the bullet tip . Air pressure in PVC Air Softgun used as fixed at 40 psi so as to achieve the optimal value of the firing range PVC Air Softgun that uses bullets of 17.5 cm length and angle of the bullet tip 45 ° . The optimal value of the shooting range PVC Air Softgun adalah 30.1 m*

**Keywords** : Factorial design , PVC *Air Softgun* , Wind pressure

**PENDAHULUAN**

Suatu rancangan percobaan dilakukan antara lain untuk membandingkan efek – efek dari berbagai tingkatan suatu percobaan. Namun pada kenyataannya sering diperlukan rancangan percobaan yang melibatkan banyak variable dengan berbagai tingkatan sekaligus. Sehingga akan menghasilkan kombinasi beberapa variable dengan berbagai tingkatan. Hal ini sering disebut desain factorial. Desain factorial lebih efisien apabila dibandingkan dengan cara tradisional yang hanya melibatkan 1 variable dengan 1 hasil.

Tujuan dari laporan ini adalah menentukan jarak tembak terjauh dari sebuah PVC Airsoft Gun. Dalam percobaan ini akan menggunakan desain factorial 2<sup>3</sup>, yang artinya 3 variable input dengan 2 tingkat keadaan.

Percobaan ini dimaksudkan untuk mencari harga optimum dalam hal ini Mencari jarak tembak terjauh dari sebuah *PVC airsoft gun*. Untuk jarak tembak sendiri ada beberapa factor yang berpengaruh, diantaranya tekanan angin, panjang laras, sudut tembak, keadaan lingkungan, panjang peluru dan sudut ujung peluru.

Dari sekian banyak factor yang mempengaruhi jarak tembak, diambil beberapa factor saja yang akan divariasikan, dalam hal ini 3 faktor yang diambil, karena percobaan ini menggunakan *factorial design 2<sup>3</sup>*, yang artinya 3 variable input dengan 2 level dari masing – masing variable. 3 faktor tersebut adalah tekanan angin, panjang peluru dan sudut ujung seluru, sementara yang lain dibuat tetap, seperti panjang laras (60 cm),

**METODE**

Tahapan penelitian yang akan dilaksanakan adalah sebagai berikut :

- Persiapan Alat dan bahan
- Pengujian
- Pengolahan dengan Factorial design 2<sup>3</sup>
- Pembuatan model matematika
- Response Surface Methodology (RSM)
- Pengambilan kesimpulan

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**1. Persiapan Alat dan Bahan**

Beberapa perlengkapan yang dibutuhkan untuk membantu dalam proses percobaan ini diantaranya PVC airsoft gun, kompresor, peluru, meteran dan alat ukur

tekanan angin. Untuk peluru terbuat dari kayu dengan ukuran Ø6 mm.



Gambar 1. Alat dan bahan uji

**2. Pengujian**

Prosedur Pengujian :

- Tempatkan PVC Airsoft Gun pada sudut 45°
- Tutup kran pada pipa
- Masukkan peluru pada ujung laras
- Isi angin melalui lubang pentil sampai tekanan yang ditentukan (20 psi/ 40 psi)
- Buka kran dengan cepat
- Ukur jarak tembak yang dihasilkan

**3. Pengolahan data dengan Factorial Design 2<sup>3</sup>**

Tahapan – tahapan yang dilakukan pada percobaan sebagai berikut :

No.	Tekanan Angin (psi)	Panjang Peluru (cm)	Sudut Ujung Peluru (derajat)	Jarak (m)
1.	20	10	90	14.47
2.	20	10	30	16.88
3.	20	20	90	21.6
4.	20	20	30	22.54
5.	40	10	90	14.7
6.	40	10	30	16.1
7.	40	20	90	25.2
8.	40	20	30	29.2

Data percobaan diatas cukup bervariasi, dengan **algoritma Yates** data – data tersebut diolah untuk menentukan variable mana yang paling berpengaruh. Dengan cara sebagai berikut.

Jarak (m)	I	II	III	Divider		Ket.
14.47	31.35	75.49	160.69	8	20.09	Rata-rata
16.88	44.14	85.2	6.87	4	1.72	Tekanan
21.6	30.8	1.47	36.39	4	9.1	Panjang Peluru
22.54	54.4	5.4	-0.75	4	-0.19	Tekanan - Panjang P.
14.7	2.41	12.79	9.71	4	2.43	Sudut Ujung Peluru
16.1	-0.94	23.6	3.93	4	0.98	Tekanan - Sudut Ujung P.
25.2	1.4	-3.35	10.81	4	2.70	Panjang P. - Sudut Ujung P.
29.2	4	2.6	5.95	4	1.49	Tekanan - Panjang P. - Sudut Ujung P.

Dari hasil algoritma Yates diatas, ada beberapa kesimpulan, diantaranya :

- **Rata – rata : 20.08625** ; rata – rata jarak yang dihasilkan dari

#### 4. Pembuatan Model Matematika

x0	x1						
Panjang peluru	Sudut ujung p.	Jarak (m)	x0 <sup>2</sup>	x0x1	yx0	x1 <sup>2</sup>	yx1
10	90	14.47	100	900	144.7	8100	1302.3
10	30	16.88	100	300	168.8	900	506.4
20	90	21.6	400	1800	432	8100	1944
20	30	22.54	400	600	450.8	900	676.2
10	90	16.1	100	900	161	8100	1449
10	30	14.7	100	300	147	900	441
20	90	25.2	400	1800	504	8100	2268
20	30	29.2	400	600	584	900	876
		Jumlah	2000	7200	2592.3	36000	9462.9

$$b_0 \sum x_0^2 + b_1 \sum x_0 x_1 = \sum y x_0$$

$$b_0 \sum x_0 x_1 + b_1 \sum x_1^2 = \sum y x_1$$

From matrix !

$$b_0 = 1.070929$$

$$b_1 = 0.048673$$

maka untuk model persamaan matematikanya adalah

$$\diamond y = 1.071x_0 + 0.049x_1$$

**Ketentuan :**

- $10 \leq x_0$  (Panjang Peluru)  $\leq 20$
- $30 \leq x_1$  (Sudut Ujung Peluru)  $\leq 90$

keseluruhan percobaan adalah 20.08625 m.

- **Tekanan : 1.7175** ; apabila mengubah tekanan dari 20 psi ke 40 psi, aka nada penambahan jarak tembak sebesar 1.7175 m
- **Panjang Peluru : 9.0975**; apabila mengubah panjang peluru dari 10 cm ke 20 cm, maka aka nada penambahan jarak sebesar 9.0975 m.
- **Sudut ujung peluru : -2.4275**; apabila mengubah sudut ujung peluru dari 90<sup>0</sup> ke 30<sup>0</sup>, maka aka nada penambahan jarak sebesar 2.4275 m.

Maka dapat disimpulkan, bahwa ada 2 variable yang paling berpengaruh dari 3 variable yang telah diuji. Yaitu **Panjang Peluru** dan **Sudut Ujung Peluru**

#### 5. Response Surface Methodology (RSM)

Metode **RSM** digunakan untuk mencari harga **optimum** dari sebuah percobaan. Untuk percobaan PVC Airsoft Gun ini, menggunakan 2 variable input yang telah ditentukan oleh metode sebelumnya yaitu Algoritma Yates, yaitu Panjang Peluru dan Sudut ujung Peluru. Untuk tekanan angin, dipilih (+) 40 psi karena terbukti dengan

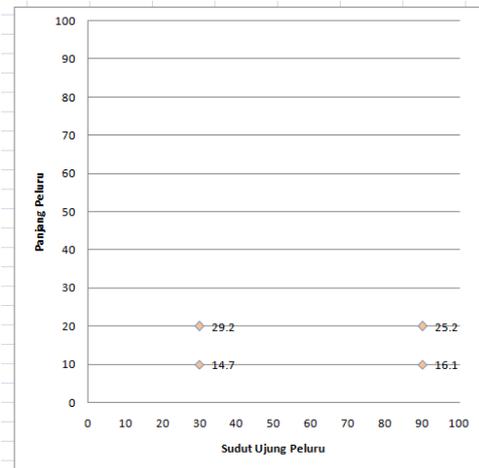
Algoritma Yates, apabila mengubah tekanan angin dari 20 psi ke 40 psi, akan ada penambahan jarak sebesar 1,7175 m.

**a) Initial First Order**

Untuk langkah awal, yaitu memilih data dari data percobaan awal, dengan data yang menggunakan tekanan angin 40 psi. berikut data yang diperoleh :

No.	Panjang Peluru (cm)	Sudut Ujung Peluru (Derajat)	Jarak (m)
1.	10	30	14.7
2.	10	90	16.1
3.	20	30	29.2
4.	20	90	25.2

Kemudian plot data tersebut pada sebuah kurva



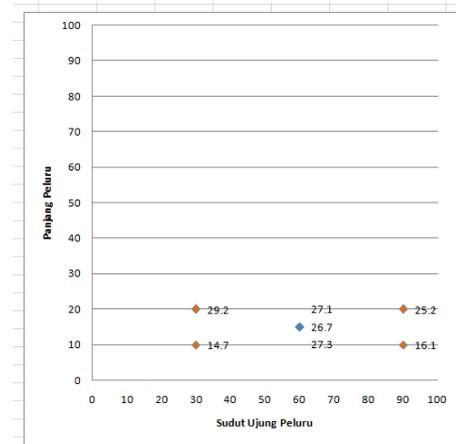
Gambar 2. Kurva *Initial First order* (bag. 1)

Tentukan titik tengah dari masing – masing data dan lakukan 3 kali percobaan pada titik tersebut. Titik ini akan menjadi titik awal untuk proses selanjutnya. Dan lakukan percobaan pada ketiga titik tersebut.

No.	Panjang Peluru (cm)	Sudut Ujung (Derajat)	Jarak (m)
1.	10	30	14.7
2.	10	90	16.1
3.	20	30	29.2
4.	20	90	25.2

5.	15	60	27.3
6.	15	60	26.8
7.	15	60	27.1

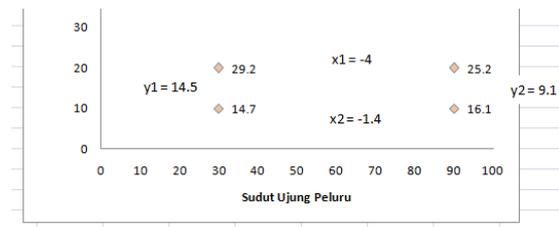
Kemudian plot pada kurva yang telah dibuat sebelumnya



Gambar 3. Kurva *Initial First Order* (Bag. 2)

**b) Path Of Steepest Ascent**

Langkah ini merupakan lanjutan dari *initial first order*, dimana pada langkah ini menentukan kecenderungan arah optimum menggunakan sebuah garis dari sebuah percobaan dengan menggunakan 3 titik tengah pada langkah *initial first order*. Kemudian menentukan 3 titik sembarang pada garis tersebut untuk dilakukan percobaan. Untuk menentukan arah kemiringan, menggunakan cara sebagai berikut :



Gambar 4. Penentuan arah kemiringan garis

$$\begin{aligned} \Delta y &= \frac{(y_1 + y_2)}{2} \\ &= \frac{(14.5 + 9.1)}{2} \\ &= 11.8 \end{aligned}$$

$$\Delta x = \frac{(x_1+x_2)}{2}$$

$$= \frac{(-4+-14)}{2}$$

$$= -1.3$$

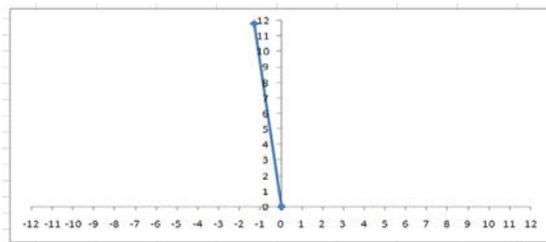
$$tg \alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

$$= \frac{11.8}{-1.3}$$

$$= -9.077$$

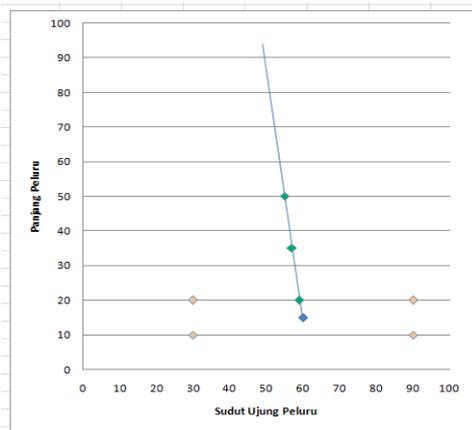
$$\alpha = -83.7$$

Untuk mengetahui garis yang dibentuk oleh sudut -83.7 maka kita plot pada sebuah kurva.



Gambar 5. Kurva Kemiringan garis

Garis ini menunjukkan arah kemiringannya yaitu ke kiri – atas. Garis ini lah yang dibuat pada langkah ini. Kemudian plot pada kurva sebelumnya.



Gambar 6. Kurva *Path of Steepest Ascent* (bag. 1)

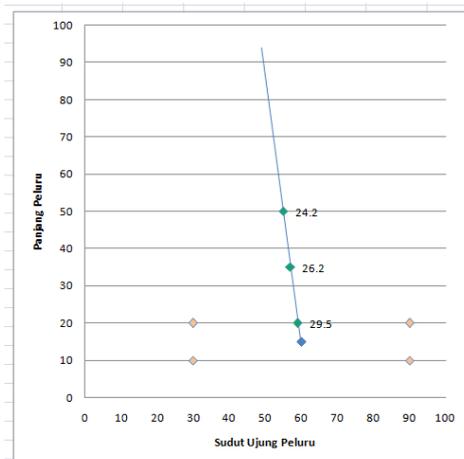
Kemudian pada garis tersebut, tentukan 3 titik sembarang. Untuk panjang peluru, ukuran panjang maksimal tidak melebihi panjang laras yang ada,yaitu 60 cm. untuk sudut ujung peluru menyesuaikan dari panjang yang dipilih. 3 titik yang dipilih adalah sebagai berikut :

No.	Sudut Ujung Peluru (Derajat)	Panjang Peluru (cm)
1.	59	20
2.	57	35
3.	55	50

Lakukan percobaan pada ke 3 titik ini dengan menggunakan tekanan angin sama dengan sebelumnya,yaitu 40 Psi. kemudian plot pada sebuah table.

No.	Sudut ujung Peluru (Derajat )	Panjang peluru (cm)	Jarak (m)
1.	30	10	14.7
2.	90	10	16.1
3.	30	20	29.2
4.	90	20	25.2
5.	60	15	27.1
6.	60	15	26.8
7.	60	15	27.3
8.	59	20	29.5
9.	57	35	26.2
10.	55	50	24.5

Data pada table di atas plot pada kurva



Gambar 7. Kurva *path of steepest ascent* (bag. 2)

Dari kurva di atas, semakin panjang peluru ditambah, jarak tembak akan semakin menurun. Terbukti jarak tembak pada panjang peluru 50 cm hanya 24.2 m berbeda dengan panjang peluru 35 cm dan 20 cm yang bias mencapai 26.2 m dan 29.5 m.

**b) Second First Order**

Pada langkah sebelumnya *Path of Steepest Ascent*, telah menentukan kecenderungan arah optimum dengan sebuah garis. Dengan hasil, semakin panjang peluru ditambah maka jarak tembak akan semakin menurun dan harga optimum sementara berada pada panjang peluru 20 cm dengan jarak tembak 29.5 m.

Pada langkah ini, akan mempertajam hasil pada daerah yang dianggap punya kecenderungan optimum pada percobaan ini. Dalam hal ini pada daerah panjang peluru 20 cm dan sudut ujung peluru 59°.

Pada daerah tersebut, dilakukan percobaan sebanyak 4 titik dengan pertimbangan mendekati jarak tembak terjauh yang sudah dicapai. 4 titik tersebut adalah sebagai berikut :

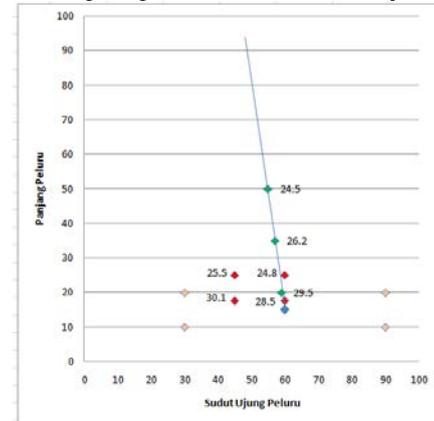
No.	Sudut Ujung Peluru (Derajat)	Panjang Peluru (cm)
1.	60	17.5
2.	60	25
3.	45	17.5
4.	45	25

Kemudian lakukan percobaan pada ke 4 titik tersebut dengan tekanan bias 60 psi.

No.	sudut ujung Peluru (Derajat)	panjang peluru (cm)	Jarak (m)
1	30	10	14.7
2	90	10	16.1
3	30	20	29.2
4	90	20	25.2
5	60	15	27.1
6	60	15	26.8
7	60	15	27.3
8	59	20	29.5

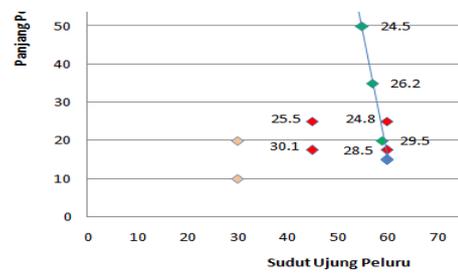
9	57	35	26.2
10	55	50	24.5
11	60	17.5	28.5
12	60	25	24.8
13	45	17.5	30.1
14	45	25	25.5

Kemudian plot pada kurva sebelumnya



Gambar 8. Kurva *second first order*

Dari kurva tersebut, semakin terlihat letak harga optimum dari percobaan ini. Titik dengan sudut ujung peluru 45° dan panjang peluru 17.5 cm merupakan nilai yang mendekati nilai optimum dengan jarak tembak yang bias dicapai 30.1 m. sebetulnya nilai optimum ini masih bias naik akan tetapi tidak akan signifikan. Kecenderungan nilai optimum bisa diketahui dengan membuat gradient kemiringan dan start awal pada titik tengah masing – masing variable. Cara menentukannya sebagai berikut :

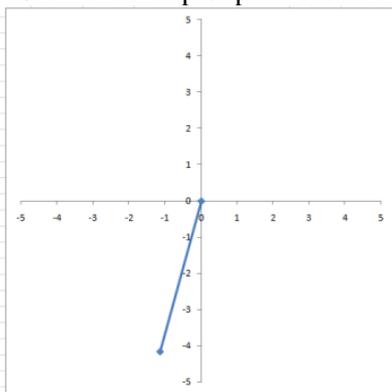


Gambar 9. Penentuan gradien kemiringan

$$\begin{aligned} \Delta y &= \frac{(y_1+y_2)}{2} \\ &= \frac{(-4.6+(-3.7))}{2} \\ &= -4.15 \end{aligned}$$

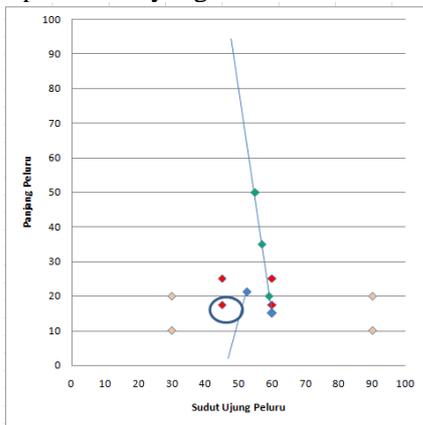
$$\begin{aligned} \Delta x &= \frac{(x_1+x_2)}{2} \\ &= \frac{(-0.7+(-1.6))}{2} \\ &= -1.15 \\ \\ \operatorname{tg} \alpha &= \frac{\Delta y}{\Delta x} \\ &= \frac{-4.15}{-1.15} \\ &= 3.6087 \\ \alpha &= 74.51 \end{aligned}$$

Untuk mengetahui garis yang dibentuk oleh sudut 74.51 maka kita plot pada sebuah kurva.



Gambar 10. Garis gradien kemiringan

Kemudian tempatkan garis yang sama pada kurva percobaan yang telah dilakukan



Gambar 11. Penempatan garis kemiringan pada kurva sebelumnya

Dilihat dari garis yang terbentuk, kecenderungannya nilai optimum mengarah ke daerah titik percobaan dengan jarak yang dihasilkan 30.1 m. Nilai optimum yang bisa

dihasilkan dari percobaan ini berada di daerah yang dilingkari.

**SIMPULAN DAN SARAN**

Dari percobaan yang telah dilakukan, panjang peluru dan sudut ujung peluru memang sangat berpengaruh. Semakin panjang peluru yang dipakai jarak yang dihasilkan tidak semakin jauh hal ini karena luas permukaan peluru yang semakin bertambah, dan semakin pendek peluru juga tidak membuat jarak bertambah, hal ini karena massa dari peluru itu sendiri semakin berkurang yang akhirnya sulit untuk terlontar jauh.

Untuk sudut ujung peluru sendiri berpengaruh terhadap gaya yang dihasilkan dari lontaran awal *PVC airsoft gun*. Hal ini berhubungan dengan tekanan yang dihasilkan.

$$P = \frac{F}{A}$$

Dari sini terlihat bahwa luas permukaan yang terkena gaya berpengaruh terhadap tekanan. Luas permukaan yang sempit/kecil menghasilkan tekanan yang lebih besar daripada luas permukaan yang lebar. Dalam hal ini gaya yang dihasilkan sama besarnya.

Ada beberapa factor yang mempengaruhi jarak tembak yang dihasilkan. Diantaranya :

1. Luas Permukaan Benda  
Benda yang permukaannya lebih luas akan jatuh lebih lambat dibanding benda yang permukaannya sempit. Kecepatan jatuh benda dapat berbeda walaupun terbuat dari bahan yang sama dan bobot yang sama pula. Hal ini terjadi karena luas permukaan benda yang bergesekan dengan udara berbeda.
2. Permukaan Benda  
Bentuk permukaan benda mempengaruhi gerakan benda. Semakin kasar permukaan benda, semakin sulit benda itu menggelinding, begitu pula sebaliknya. Gesekan yang besar antara benda dengan permukaan akan menyebabkan gerak benda lebih lambat
3. Bentuk Benda  
Bentuk benda bermacam-macam, misalnya segitiga, segiempat, lingkaran, bola dll. Hal ini akan mempengaruhi gaya yang berpengaruh pada benda tersebut akan berbeda – beda. Terutama gesekan angin yang terjadi pada peluru di percobaan ini.

#### 4. Berat dan Ringan Benda

Berat dan Ringan benda memengaruhi gerak benda. Contohnya bola yang berat akan lebih sulit menggelinding di tanah datar dibanding bola yang ringan.

#### DAFTAR PUSTAKA

Gibbing. J.C 2011. Dimensional Analysis.

Springer London Dordrecht Heidelberg  
New York

Rahul mukerjee, C. F. Jeff Wu. A Modern  
Theory of Factorial Design. Springer  
New York

[https://controls.engin.umich.edu/wiki/index.php/Design\\_of\\_experiments\\_via\\_factorial\\_designs](https://controls.engin.umich.edu/wiki/index.php/Design_of_experiments_via_factorial_designs)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Least\\_squares](http://en.wikipedia.org/wiki/Least_squares)