

# AYUNAN FOUCAULT UNTUK MENENTUKAN GARIS LINTANG KOTA SURABAYA

G.Budijanto Untung<sup>3</sup>

## **ABSTRACT**

*Foucault pendulum experiment was conducted at the Physics Laboratory of Widya Mandala Catholic University Surabaya. The goal of the experiment was to measure the latitude of Surabaya. The experimental results showed that the latitude of Surabaya was in the interval of  $8.43^\circ$  S and  $8.57^\circ$  S with relative error of 0.85 %. Comparing these values with the reference data, it was found out that the latitude of Surabaya is in the interval of  $7.15^\circ$  S and  $7.35^\circ$  S. The deviation of the experimental results from the reference values was around 14.7%. The main source of the deviation was the angle precision measurement of the device.*

**Keyword:** *Foucault pendulum, latitude*

## **Latar Belakang**

Sampai saat ini materi fisika sering diajarkan dalam bentuk pembelajaran yang bersifat verbal (lisan) sedikit sekali memanfaatkan laboratorium. Banyak guru Fisika memilih pembelajaran dengan cara verbal dengan alasan padatnya kurikulum, tidak ada waktu untuk melakukan praktikum fisika, tidak ada dana untuk melengkapi laboratorium fisika, tidak mempunyai petunjuk praktikum yang memadai dan sebagainya. Seperti yang telah diketahui pelajaran fisika terdiri dari pelajaran di dalam kelas dan di laboratorium. Pelajaran di dalam laboratorium yang berbentuk pelaksanaan percobaan memiliki fungsi sebagai tempat kegiatan penunjang dari kegiatan kelas atau sebaliknya kegiatan kelas menjadi penunjang dari kegiatan laboratorium. Hal ini tergantung dari strategi pembelajaran yang bagaimana akan diambil oleh guru. Dengan adanya kegiatan laboratorium yang umumnya disebut praktikum, siswa atau mahasiswa diharapkan dapat mengetahui secara ilmiah bagaimana cara atau metoda yang dilakukan oleh para ahli dalam meramalkan suatu fenomena atau

---

<sup>3</sup> G. Budijanto Untung adalah Dosen Fisika di FKIP Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.

teorema tertentu yang sedang berlangsung di alam semesta ini. Laboratorium Fisika merupakan tempat untuk bereksperimen, berfikir kritis, pembentukan karakter dan juga merupakan sumber pemecahan masalah yang berkaitan dengan teori fisika. Secara umum semua teori fisika dapat di eksperimenkan di laboratorium sehingga bagian fisika yang paling abstrakpun harus dapat dilakukan eksperimennya.

Dalam pelajaran Mekanika banyak sekali ditemui hal-hal yang sangat abstrak, termasuk persoalan mengenai ayunan Foucault. Ayunan Foucault sangat menarik untuk diteliti karena tidak banyak perguruan tinggi yang memiliki percobaan ini, selain harganya mahal dan percobaannya cukup rumit. Contohnya Gaya coriolis, pada saat ini masih ada mahasiswa yang menganggap bahwa bumi ini diam atau lebih parah lagi bumi ini datar. Kenyataan bahwa matahari, bulan dan benda langit lainnya terbit dan terbenam setiap harinya seakan-akan tidak mampu membuktikan bahwa bumi itu berputar (bukan sebaliknya matahari yang mengelilingi bumi). Jika benar bumi berputar, pastilah ada fenomena alam sebagai pergerakannya. Fenomena inilah yang disebut efek coriolis. Efek coriolis tampak pada gejala pembelokkan arah (defleksi) gerak sebuah benda pada sebuah kerangka acuan yang berputar, khususnya di permukaan bumi. Jadi sebuah benda yang bergerak lurus pada kerangka acuan yang berputar, akan terlihat berbelok oleh pengamat yang diam di dalam kerangka acuan tersebut. Berdasarkan rotasi bumi, fenomena alam yang terjadi adalah angin yang dikenal dengan angin utama (angin timur, barat, dan pasat). Angin utama ini berhembus dalam suatu arah yang hampir tetap pada garis-garis lintang tertentu. Angin itu timbul karena peredaran rotasi bumi. Seandainya bumi tidak berotasi maka angin akan bergerak lurus ke utara atau ke selatan. Tetapi rotasi bumi menimbulkan gaya rotasi yang disebut gaya Coriolis, yaitu gaya yang membelokkan arah angin utama. Nama Coriolis sendiri diambil dari nama seorang ilmuwan Perancis Gaspard Gustave Coriolis (1792). Jadi pengertian gaya Coriolis adalah gaya semu yang timbul akibat efek dua gerakan yaitu gerak rotasi bumi dan gerak benda relatif terhadap bumi.

Pengadaan barang IMHERE untuk peralatan laboratorium Fisika sudah datang semuanya di laboratorium Fisika PSP Fisika. Salah satunya adalah peralatan percobaan Ayunan Foucault tetapi belum mempunyai modul petunjuk praktikum Ayunan Foucault yang memadai dan siap digunakan oleh mahasiswa PSP Fisika.

Berdasarkan hal tersebut di atas, maka penelitian ini mengambil judul: Ayunan Foucault Untuk Menentukan Garis Lintang Suatu Tempat.

## LANDASAN TEORI

Pada tahun 1851, Jean Bernard Leon Foucault mendemonstrasikan tentang rotasi dari bumi untuk pertama kalinya dengan bantuan sebuah pendulum di ruang Meridian yang ada di Observatorium Paris. Beberapa minggu kemudian Foucault menggunakan pendulum yang mempunyai berat 28 kg dan panjang talinya adalah 67 m yang digantungkan pada kubah Pantheon di Paris [1]. Bandul atau pendulum Foucault adalah suatu alat yang berguna untuk menunjukkan arah rotasi bumi atau mengukur arah dari osilasi sebagai fungsi dari waktu, menentukan laju rotasi dan menentukan garis lintang dimana percobaan ayunan Foucault dilakukan. Alat eksperimen ayunan Foucault terdiri atas bandul dengan tali yang cukup panjang dan bebas bergerak kesana kemari pada latar yang vertikal[6] tanpa mengalami redaman. Baik di kutub utara maupun di kutub selatan, latar osilasi bandul tetap terpasang dengan mengacu pada bintang tetap ketika bumi berotasi dibawahnya, memerlukan waktu sehari untuk menyelesaikan rotasi ini. Ketika bandul Foucault digantungkan di katulistiwa, latar osilasi tetap terfiksasi secara relatif ke bumi. Pada garis lintang lain, latar osilasi mempresisi bumi secara relatif, tetapi lebih lambat daripada di kutub. Pada bagian utara bumi ayunan Foucault bergerak ke kanan searah dengan jarum jam, sedang pada bagian selatan bumi ayunan Foucault bergerak ke kiri artinya berlawanan arah dengan jarum jam.

### Sistem Koordinat Dipercepat.

Hukum II Newton [1]:

$$\vec{F} = m \frac{d^2 \vec{r}_1}{d^2} \quad (2.1)$$

untuk partikel bermassa  $m$  yang berada pada sistem koordinat inersial (tidak dipercepat dan tidak berotasi terhadap bintang yang jauh), seperti yang ditunjukkan pada notasi I di atas, peristiwa fisis kadang-kadang dapat digambarkan secara sederhana dengan acuan sistem koordinat dipercepat atau berotasi. Contoh, pengamat dari

gerakan pada permukaan bumi dapat secara sederhana dinyatakan oleh suku dari suatu sistem koordinat tetap pada bumi yang berputar daripada sistem koordinat inersial. Untuk alasan ini sangat berguna menurunkan persamaan hukum II Newton secara langsung dalam frame acuan dipercepat.

### Transformasi ke Frame Koordinat Bergerak.

Untuk mentransformasikan hukum gerak ke sebuah frame acuan dipercepat membutuhkan, pertama kali hubungan turunan waktu dari kuantitas vektor dalam sistem koordinat tetap dan bergerak. Dalam sebuah frame bergerak, sebuah vektor kuantitas  $\vec{A}$  dapat ditulis:

$$\vec{A} = A_x \hat{x} + A_y \hat{y} + A_z \hat{z} \quad (2.2)$$

Dengan arah vektor satuan yang berubah terhadap waktu. Turunan vektor  $\vec{A}$  terhadap waktu:

$$\begin{aligned} \frac{d\vec{A}}{dt} = & \left( \frac{d}{dt} A_x \hat{x} + \frac{d}{dt} A_y \hat{y} + \frac{d}{dt} A_z \hat{z} \right) \\ & + \left( A_x \frac{d\hat{x}}{dt} + A_y \frac{d\hat{y}}{dt} \right. \\ & \left. + A_z \frac{d\hat{z}}{dt} \right) \end{aligned} \quad (2.3)$$

Suku pertama pada ruas kanan dari persamaan (2.3) adalah waktu rata-rata perubahan vektor  $\vec{A}$  terhadap acuan sumbu dari frame yang dipercepat. Perubahan waktu rata-rata dari  $\vec{A}$  dalam frame bergerak dengan:

$$\frac{\delta \vec{A}}{\delta t} \equiv \frac{d}{dt} A_x \hat{x} + \frac{d}{dt} A_y \hat{y} + \frac{d}{dt} A_z \hat{z} \quad (2.4)$$

Suku kedua dari persamaan (2.3) adalah rotasi dari sistem koordinat, yang menyebabkan arah dari unit vektor berubah terhadap waktu. Jika sistem koordinat adalah rigid (kaku/tegar), maka dapat langsung menggunakan persamaan:

$$\vec{v}_r = \frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{\omega} \times \vec{r} \quad (2.5)$$

Untuk menemukan turunan terhadap waktu dari unit vektor:

$$\frac{d\hat{x}}{d} = \vec{\omega} \times \hat{x}; \frac{d\hat{y}}{d} = \vec{\omega} \times \hat{y}; \frac{d\hat{z}}{d} = \vec{\omega} \times \hat{z} \quad (2.6)$$

Dengan  $\vec{\omega}$  adalah kecepatan sudut rotasi dari frame acuan dipercepat relatif terhadap frame tetap, substitusikan (2.4) dan (2.6) ke (2.3), diperoleh:

$$\frac{d\vec{A}}{d} = \frac{\delta\vec{A}}{\delta} + \vec{\omega} \times (A_x\hat{x} + A_y\hat{y} + A_z\hat{z}) \quad (2.7)$$

Atau lebih sederhana:

$$\frac{d\vec{A}}{d} = \frac{\delta\vec{A}}{\delta} + \vec{\omega} \times \vec{A} \quad (2.8)$$

Turunan terhadap waktu dari  $\frac{d\vec{A}}{d}$  dalam acuan tetap terdiri atas bagian  $\frac{\delta\vec{A}}{\delta}$  dari perubahan waktu rata-rata  $\vec{A}$  relatif terhadap sumbu dari acuan bergerak dan bagian  $\vec{\omega} \times \vec{A}$  dari notasi sumbu relatif terhadap sumbu tetap. Hal ini mengikuti persamaan (2.8) bahwa turunan terhadap waktu dari  $\vec{\omega}$  adalah bebas dari acuan koordinat

$$\frac{d\vec{\omega}}{d} = \frac{\delta\vec{\omega}}{\delta} = \dot{\omega} \quad (2.9)$$

Gunakan hasil persamaan (2.8) untuk vektor  $\vec{r}$ , dengan lokasi khusus dari partikel terhadap sumbu yang bergerak. Turunan pertamanya adalah:

$$\frac{d\vec{r}}{d} = \frac{\delta\vec{r}}{\delta} + \vec{\omega} \times \vec{r} \quad (2.10)$$

Turunan kedua dapat dievaluasi dengan bantuan (2.8):

$$\frac{d^2\vec{r}}{d^2} = \frac{d}{d} \left( \frac{\delta\vec{r}}{\delta} + \vec{\omega} \times \vec{r} \right)$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{d}{d} \left( \frac{\delta \vec{r}}{\delta} + \vec{\omega} \times \vec{r} \right) + \vec{\omega} \\
&\quad \times \left( \frac{\delta \vec{r}}{\delta} + \vec{\omega} \times \vec{r} \right) \\
&= \frac{\delta^2 \vec{r}}{\delta^2} + \frac{\delta \vec{\omega}}{\delta} \times \vec{r} + 2\vec{\omega} \times \frac{\delta \vec{r}}{\delta} + \vec{\omega} \\
&\quad \times (\vec{\omega} \times \vec{r}) \tag{2.11}
\end{aligned}$$

Untuk mencari hukum gerak dalam acuan dipercepat/rotasi, kita berhubungan dengan lokasi dari partikel dalam percepatan dan acuan inersial oleh vektor  $\vec{R}$  terhubung dengan origin (o) dari dua acuan tersebut:

$$\vec{r}_1 = \vec{r} + \vec{R} \tag{2.12}$$

Berdasarkan gambar 2.1, kemudian substitusikan hasil (2.11) ke dalam

$$\frac{d^2 \vec{r}_1}{d^2} = \frac{d^2 \vec{r}}{d^2} + \frac{d^2 \vec{R}}{d^2} \tag{2.13}$$

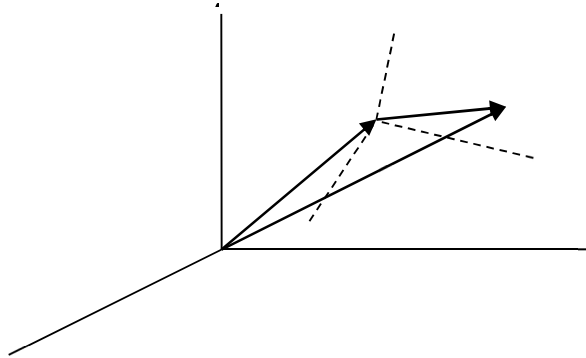
Diperoleh:

$$\begin{aligned}
\frac{d^2 \vec{r}_1}{d^2} &= \frac{\delta^2 \vec{r}}{\delta^2} + \vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r}) + 2\vec{\omega} \times \frac{\delta \vec{r}}{\delta} \\
&\quad + \vec{\omega} \times \vec{r} + \frac{d^2 \vec{R}}{d^2} \tag{2.14}
\end{aligned}$$

Bentuk hukum Newton oleh acuan non inersial sekarang mengikuti arahan dari (2.1) dan (2.14):

$$\begin{aligned}
m \frac{d^2 \vec{r}_1}{d^2} &= F - m \left[ \vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r}) + 2\vec{\omega} \times \vec{v} \right. \\
&\quad \left. + \vec{\omega} \times \vec{r} + \frac{d^2 \vec{R}}{d^2} \right] \tag{2.15}
\end{aligned}$$

Dengan  $\vec{v} = \frac{\delta \vec{r}}{\delta}$  adalah kecepatan dan  $\frac{\delta^2 \vec{r}}{\delta^2}$  adalah percepatan partikel yang diamati dalam sistem koordinat bergerak.



Gambar 2.1. Acuan koordinat inersial dan dipercepat.

### Gaya Khayal

Persamaan gerak (2.15) untuk acuan dipercepat dapat ditulis dalam bentuk yang sama dengan (2.1) untuk acuan inersial.

$$m \frac{d^2 \vec{r}_I}{dt^2} = \vec{F}_e \quad (2.16)$$

Percepatan  $\frac{\delta^2 \vec{r}}{\delta t^2}$  diamati dalam acuan yang bergerak secara umum dikenal dengan nama gaya efektif.

$$\vec{F}_e = \vec{F} - m \left[ \vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r}) + 2\vec{\omega} \times \vec{v} + \vec{\omega} \times \vec{r} + \frac{d^2 \vec{R}}{dt^2} \right] \quad (2.17)$$

Nama yang berhubungan dengan gaya khayal pada ruas kanan persamaan (2.17) adalah:

- 1) Gaya sentrifugal:  $\vec{F}_e = -m\vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r})$
- 2) Gaya Coriolis:  $\vec{F}_c = -2m\vec{\omega} \times \vec{v}$

$$3) \quad \text{Gaya azimuth:} \quad \overline{F}_a = -m\overline{\omega} \times \vec{r}$$

$$4) \quad \text{Gaya translasi:} \quad \overline{F}_t = -m \frac{d^2 \vec{R}}{dt^2}$$

Gaya sentripetal (2.18) akibat gerak rotasi dari sistem koordinat karena  $\overline{\omega} \cdot \overline{F}_e = 0$ , maka gaya sentrifugal tegak lurus sumbu rotasi  $\hat{\omega}$ . Jika kecepatan sudut  $\overline{\omega}$  dipilih terletak sepanjang sumbu z pada acuan bergerak, seperti gambar 2.2, maka:

$$\begin{aligned} \overline{F}_e &= -m[\overline{\omega} (\overline{\omega} \cdot \vec{r}) - \vec{r}\omega^2] \\ \overline{F}_e &= m\omega^2 (x\hat{x} + y\hat{y}) \\ \overline{F}_e &= m\omega^2 \vec{\rho} \end{aligned} \quad (2.22)$$

Dengan  $\vec{\rho}$  adalah vektor radius silinder ke partikel dari sumbu z. Gaya sentrifugal mempunyai arah radial keluar dari sumbu rotasi.

### Ayunan Foucault.

Saat ini ayunan Foucault sudah banyak dapat dilihat di planetarium. Ayunan Foucault merupakan ayunan sederhana pada bidang yang dapat berosilasi dalam waktu yang lama tanpa teredam. Bidang rotasi ini secara perlahan berrotasi terhadap waktu, dinyatakan secara dramatis bahwa bidang acuan menunjuk pada pada bintang yang tetap adalah lebih mendasar daripada menyatakan bumi diam dan bintang- bintang berputar disekitar bumi. Gerak ayunan Foucault memenuhi persamaan:

$$m \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = \vec{F}' + m\vec{g} - 2m\overline{\omega} \times \vec{v} \quad (2.23)$$

Ambil  $\vec{r}$  mewakili jarak bandul bermassa  $m$  dari titik setimbangnya. Saat diam, pendulum tergantung sepanjang arah  $\vec{g}$  dan tegangan tali adalah  $\vec{F} = -m\vec{g}$ . Jika bumi tidak bergerak, suku gaya coriolis tidak muncul dan gerakan terjadi pada bidang yang tetap. Dengan adanya gaya coriolis, bandul akan dibelokkan



ke kanan (bila posisi bandul ada di belahan utara) dalam ayunan kembali, bandul dibelokkan lagi ke kanan dan setelah satu perioda bidang pendulum telah berotasi searah jarum jam. Salah satu cara untuk mendapatkan frekuensi secara tepat adalah dengan mengamati sistem dari acuan baru  $S_F$  yang berputar dengan kecepatan sudut  $\vec{\omega}_F$  dari pendulum relatif terhadap acuan tetap pada lokal di bumi S, bila ditransformasikan ke acuan  $S_F$  menjadi :

$$m \frac{\partial^2 \vec{r}}{\partial t^2} = (\vec{F}' + m\vec{g} - 2m \vec{\omega}_F \times \vec{v}) - m \vec{\omega}_F \times (\vec{\omega}_F \times \vec{r}) - 2m \vec{\omega}_F \times \vec{v}_f \quad (2.24)$$

Dengan  $\frac{\partial^2 \vec{r}}{\partial t^2}$  adalah turunan kedua dari  $\vec{r}$  relatif terhadap sumbu acuan  $S_F$ . Kecepatan partikel dalam acuan  $S_F$ :

$$\vec{v}_f = \vec{v} + \vec{\omega}_F \times \vec{r} \quad (2.25)$$

Substitusikan (2.25) ke (2.24) diperoleh:

$$m \frac{\partial^2 \vec{r}}{\partial t^2} = \vec{F}' + m\vec{g} - m \vec{\omega}_F \times (\vec{\omega}_F \times \vec{r}) - 2m (\vec{\omega}_F \times \vec{v}_f) \quad (2.26)$$

Terlihat keuntungan dengan mengamati pendulum Foucault dari sebuah acuan yang berotasi dengan kecepatan sudut  $(\vec{\omega}_F)$ , tampak bahwa :

1. Pendulum Foucault berputar sekitar sb vertikal, jadi diambil:

$$\vec{\omega}_F = \omega_f \hat{z} \quad (2.27)$$

2. Untuk pergeseran yang kecil gerak pendulum hampir tegak lurus sumbu  $\hat{z}$

3. Sumbu  $\vec{\omega}_F \times (\vec{\omega}_F \times \vec{r})$  adalah kecil bila dibandingkan terhadap suku centrifugal yang kecil dalam  $\vec{g}$ , dapat diabaikan.

4. Untuk pergeseran pendulum yang kecil  $v_z$  diabaikan.

Jadi gerakan pendulum selalu tetap dalam bidang inersial dari acuan ini jika [3] :

$$\omega_f = \omega \sin \theta \quad (2.28)$$

Pengamat tetap dalam acuan S melihat bidang pendulum bergerak perlahan searah dengan arah jarum jam (disebelah utara

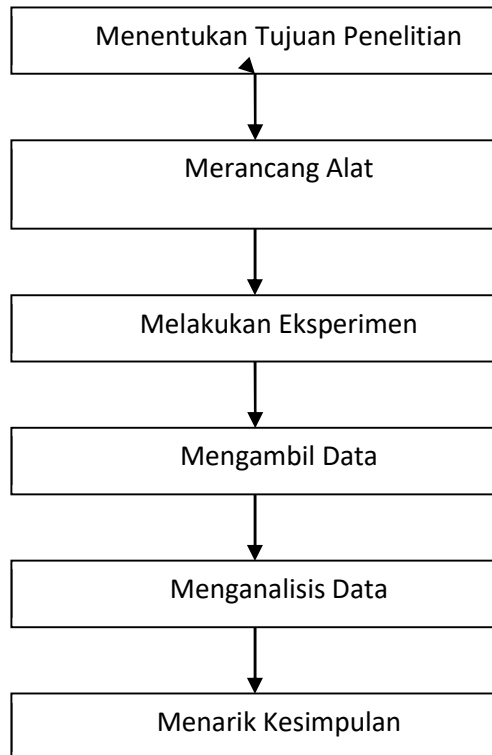
bumi/katulistiwa) dengan frekuensi sudut  $\omega_f = \omega \sin \theta$ . Periode untuk rotasi penuh dari bidang osilasi adalah:

$$T = \frac{2}{\omega_f} = \frac{2\pi}{\omega \sin \theta} \quad (2.29)$$

Dengan  $\theta$  adalah garis lintang tempat tersebut.

Pergeseran atau perputaran lenyap di ekuator dan maksimum di kutub utara, dengan pendulum berputar searah jarum jam dan melakukan perputaran sempurna setiap 24 jam. Dari pengamat di ruang angkasa, bidang osilasi pada kutub utara tampak tetap, bila bumi berputar berlawanan arah dengan jarum jam dibawahnya. Pada belahan bumi sebelah selatan maka pendulum berputar berlawanan arah dengan jarum jam (ke kiri).

## METODOLOGI PENELITIAN



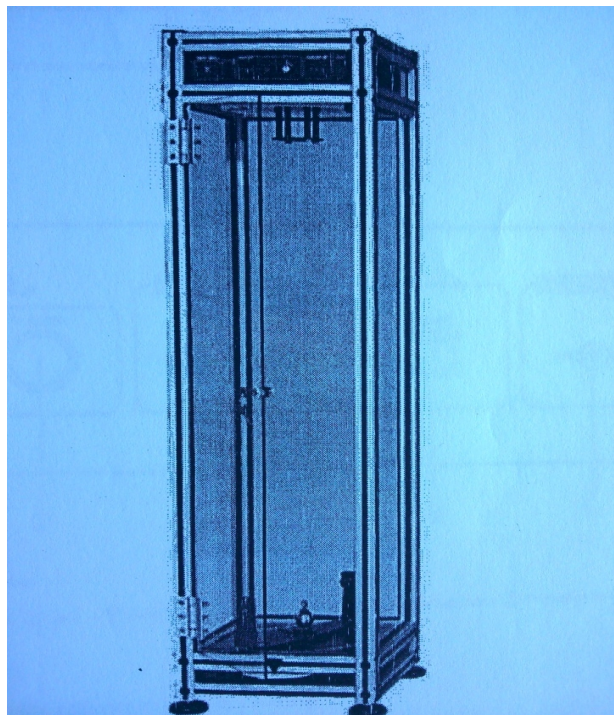
## **Bahan dan Alat Eksperimen**

Alat yang diperlukan untuk penelitian ini antara lain: Satu set ayunan Foucault, stopwatch, meteran, jangka sorong, kertas millimeter dan kabel secukupnya, waterpass, kompas.

## **Prosedur Penelitian**

Prosedur penelitian dilaksanakan sebagai berikut:

1. Mempersiapkan peralatan ayunan Foucault beserta perangkatnya.
2. Mengatur peralatan ayunan Foucault pada bidang yang datar dengan bantuan waterpass seperti gambar 1 di bawah ini.
3. Melaksanakan percobaan berdasarkan uru-urutan jalannya percobaan.
4. Mengambil data percobaan dan memasukkannya ke dalam tabel.
5. Menganalisis data.
6. Melaksanakan diskusi.
7. Menarik kesimpulan dan saran dari hasil analisis data.



Gambar 1. Satu set alat percobaan Ayunan Foucault.

### **Pelaksanaan Percobaan.**

1. Menyiapkan alat-alat yang akan digunakan dalam percobaan ini.
2. Mengatur peralatan ayunan Foucault seperti gambar 1 di atas, perhatikan peralatan ayunan Foucault ini harus diletakkan pada bidang yang datar untuk keperluan ini dapat digunakan alat waterpass.
3. Mengatur peralatan ayunan Foucault ini sedemikian rupa sehingga ayunan bandul Foucault mengarah ke kutub utara sesuai dengan jarum kompas.
4. Mengatur busur derajat sedemikian rupa sehingga searah dengan kutub utara-selatan dari kompas dan atur pula skala nonius dari busur derajat agar menunjuk pada skala 0 .
5. Menghubungkan peralatan ayunan Foucault dengan tegangan listrik AC 220 Volt.
6. Mengayunkan bandul Foucault dengan akurat sehingga pola ayunannya tampak sebidang (tampak ayunannya tidak oleng dan tali penggantung tetap lurus).
7. Menekan tombol “on” pada panel atas sehingga lampu menyala.
8. Menekan tombol “on” pada tombol sistem drive pada panel atas, guna sistem drive adalah untuk menghilangkan efek redaman terhadap ayunan Foucault dengan bantuan cicin charon.
9. Mengatur tombol “pulse regulator” pada posisi di tengah dan tidak diubah selama percobaan berlangsung.
10. Menekan tombol “on” pada lampu proyeksi (laser) , gunanya untuk mengamati proyeksi dari ayunan Foucault agar selalu tampak sebidang.
11. Secara simultan tekan tombol “on” pada stopwatch untuk mengamati waktu yang diperlukan selama bandul ayunan Foucault berayun.
12. Catat pergeseran sudut yang terjadi selama waktu tertentu itu.
13. Ulangi langkah ke 5 sampai 11 sebanyak 5 kali.
14. Selama percobaan berlangsung pintu kaca dari peralatan ayunan Foucault dalam keadaan tertutup rapat untuk menghindari terjadinya pengaruh gaya coriolis akibat lingkungan sekitarnya.

### **Catatan:**

Demi keamanan praktikan, perhatikan berkas laser yang dipancarkan oleh lampu proyeksi agar tidak mengenai mata atau

kulit praktikan. Bila hal ini terjadi dikuatirkan dikemudian hari akan menimbulkan hal-hal yang tidak diinginkan, karena berkas laser yang mengenai kulit dapat menimbulkan kanker kulit dan bila mengenai mata dapat menimbulkan kebutaan sesaat dan apabila terus menerus mengenai mata dapat berakibat kebutaan permanen.

### Hasil Pengamatan

Nomor	Tanggal	Waktu Tempuh (t,jam)	Sudut Tempuh ( $\alpha, ..^\circ$ )	Garis Lintang ( $\theta,..^\circ$ )
1	17-11-2015	1	2	7,66
2	18-11-2015	1	2,24	8,59
3	19-11-2015	1	2,24	8,59
4	23-11-2015	1	2,24	8,59
5	23-11-2015	1	2,3	8,82
6	23-11-2015	1	2,2	8,43
7	24-11-2015	1	2,26	8,66
8	25-11-2015	1	2,22	8,51
9	25-11-2015	1	2,24	8,59
10	25-11-2015	1	2,18	8,35

Nomor	Tanggal	Waktu Tempuh (t, jam)	Sudut Tempuh ( $\alpha$ , .. $^{\circ}$ )	Garis Lintang ( $\theta$ , .. $^{\circ}$ )
11	26-11-2015	1	2,34	8,97
12	26-11-2015	1	2,22	8,51
13	26-11-2015	1	2,3	8,82
14	27-11-2015	1	2,2	8,43
15	30-11-2015	1	2	7,66
16	2-12-2015	1	2,2	8,43
17	2-12-2015	1	2,24	8,59
18	3-12-2015	1	2,24	8,59
19	3-12-2015	1	2,22	8,51
20	3-12-2015	1	2,28	8,74

Keterangan:

- Waktu tempuh adalah waktu yang diperlukan oleh bola pada ayunan Foucault untuk menempuh pergeseran sudut ( $\alpha$ ) tertentu.
- Sudut tempuh ( $\alpha$ ) adalah besarnya sudut yang diperoleh selama waktu tempuh tertentu.
- Garis lintang adalah posisi dimana ayunan Foucault diletakkan, apa dibelahan bumi bagian utara atau belahan bumi bagian selatan.
- Data di atas untuk lokasi Surabaya di kampus UKWMS Kalijudan, bila lokasi diubah data di atas juga berubah.

## Analisis Data

Menentukan garis lintang suatu tempat dengan cara meletakkan satu set peralatan ayunan Foucault adalah sebagai berikut: Misal lokasi yang akan dicari garis lintangnya adalah Surabaya (karena lokasi kota Surabaya ada disebelah selatan bumi sehingga ayunan Foucault berputar berlawanan arah dengan perputaran jarum jam), maka dicari lebih dahulu adalah perioda dari ayunan Foucault dengan rumus :

$$T = t \cdot \frac{360}{\alpha}$$

Dengan  $t$  adalah waktu tempuh yang diperlukan bandul Foucault untuk memperoleh sudut tempuh ( $\alpha$ ). Ambil data nomor 1, diperoleh harga  $T = 180$  jam, kemudian gunakan rumus :

$$\theta = \arcsin \left( \frac{2 \cdot j_c}{T} \right)$$

dengan  $\theta$  adalah garis lintang suatu tempat. Diperoleh hasil  $\theta = 7,66^\circ$  LS. Berdasarkan data di atas diperoleh  $\theta$  rata-rata adalah  $8,5^\circ$  LS sedangkan kesalahan mutlaknya adalah  $0,073^\circ$  dan kesalahan relatifnya adalah  $0,85\%$ , sedangkan angka berarti dari percobaan ini adalah 3 AB. Jadi Harga Sebenarnya posisi kota Surabaya berdasarkan pengukuran ini adalah  $(8,50^\circ \pm 0,07^\circ)$  LS. Artinya posisi kota Surabaya terletak pada interval  $8,57^\circ$  LS dan  $8,43^\circ$  LS. Padahal kedudukan sebenarnya kota Surabaya terletak pada interval  $7,15^\circ$  LS dan  $7,35^\circ$  LS.

## Diskusi

Berdasarkan hasil percobaan letak kota Surabaya terletak pada interval  $8,57^\circ$  LS dan  $8,43^\circ$  LS. Padahal kedudukan sebenarnya kota Surabaya terletak pada interval  $7,15^\circ$  LS dan  $7,35^\circ$  LS. Penyimpangan harga ini terjadi karena kesalahan sistematis, yaitu kesalahan yang diakibatkan karena alat yang digunakan untuk mengukur tidak dapat menunjukkan gejala atau hasil yang sesuai dengan yang diharapkan. Padahal berdasarkan kesalahan relatifnya sebesar  $0,85\%$  dengan angka berarti 3 AB, seharusnya hasil ini cukup teliti dan akurat. Perbedaan ini mungkin juga dapat disebabkan letak percobaan ini berada di lantai 2 sehingga getaran dari langkah kaki mahasiswa yang berjalan di depan laboratorium Fisika dapat mempengaruhi ayunan Foucault. Walaupun selama penelitian berlangsung AC juga sudah dimatikan. Sebaiknya

percobaan ayunan Foucault ini dapat di lakukan di lantai dasar untuk mengurangi pengaruh getaran dan angin dari lingkungan sekitar (gaya Coriolis). Beda pengukuran rata-rata adalah  $1,25^\circ$  jika dicari persentase bedanya adalah 14,7% , sehingga pengukuran ini masih signifikan.

### **Kesimpulan**

Setelah dilakukan penelitian mengenai ayunan Foucault untuk menentukan garis lintang suatu tempat diperoleh hasil yang cukup teliti untuk kota Surabaya yang terletak pada interval  $8,57^\circ$  LS dan  $8,43^\circ$  LS. Padahal kedudukan sebenarnya kota Surabaya terletak pada interval  $7,15^\circ$  LS dan  $7,35^\circ$  LS sehingga beda atau deviasi pengukuran rata-rata adalah  $1,25^\circ$  jika dicari persentase bedanya adalah 14,7% . Jadi pengukuran ini masih signifikan.

### **Saran**

Berdasarkan kesimpulan yang telah diperoleh, maka yang perlu diperhatikan pada percobaan ini adalah:

1. Percobaan Ayunan Foucault ini sebaiknya dilakukan di lantai dasar agar tidak ada pengaruh gaya Coriolis.
2. Selama percobaan ini berlangsung diharapkan pintu kaca dari peralatan ayunan Foucault di tutup dengan baik.
3. Perhatikan pula keselamatan praktikan dari bahaya laser yang digunakan sebagai lampu proyeksi pada peralatan ayunan Foucault.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Barger, V., Olsson, M.,1995, Classical Mechanics, A Modern Perspective, 2 nd ed, McGraw-Hill Inc, New York, p 241-244 .
- Goldstein, P., Safko, 2002, Classical Mechanics, 3 rd ed, Pearson, Addison Wesley, Upper Saddle River, NewYork, p174-180.
- Rana, N.C., Joag, P.S, 1991, Classical Mechanics, Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi, p 108-110.
- Spiegel, R.M., 1982, Theoretical Mechanics, Schaum's Outline of Theory and Problems, SI metric edition, McGraw-Hill Book Company , Singapore, p146-156.



Symon, K.R., 1953, Mechanics, Addison – Wesley Publishing Co,  
Reading, Massachussets, p242-244.

-----, Physics and Engineering Experiments, 3B  
Scientific GmbH, Rudorffweg 8.21031  
Hamburg.Germany.