

PENENTUAN PERCEPATAN GRAVITASI BUMI LOKAL DENGAN BANTUAN SISTEM PEGAS-MASSA DAN SENSOR ULTRASONIK

Kartika Widyaningrum, Tjipto Prastowo

¹⁾ Program Studi S1 Fisika, FMIPA, Unesa, E-mail: kartikawidyaningrum141093@gmail.com

Abstrak

Penelitian skripsi ini bertujuan untuk menentukan percepatan gravitasi bumi lokal dengan bantuan osilasi sistem pegas-massa vertikal yang dimonitor oleh sensor ultrasonik SRF05 berbasis mikrokontroler. Seri percobaan osilasi di Lab Fisika Eksperimen, Gedung C2 lantai 3, Jurusan Fisika dilakukan melalui variasi empat pegas yang berbeda karakteristik dan tiga massa beban. Percepatan gravitasi bumi diperoleh melalui persamaan sederhana yang menghubungkan antara nilai percepatan gravitasi bumi dan periode osilasi yang ditentukan melalui dua cara, yaitu perhitungan teoretik dan pengukuran langsung dengan sensor SRF05. Hasil-hasil percobaan menunjukkan bahwa nilai percepatan gravitasi bumi lokal di Lab Fisika Eksperimen menurut sensor SRF05 adalah $9,71 \pm 0,07 \text{ m/s}^2$, tidak tergantung pada jenis pegas dan massa beban, mendekati nilai referensi $9,78 \text{ m/s}^2$ yang berlaku di daerah dekat ekuator. Konsistensi dan akurasi temuan penelitian ini didukung oleh nilai percepatan gravitasi bumi lokal menurut PASCO model ME-9210A sebesar $9,63 \pm 0,23 \text{ m/s}^2$ dan menurut estimasi dengan mempertimbangkan massa pegas dalam dinamika osilasi sistem pegas-massa sebesar $9,66 \pm 0,03 \text{ m/s}^2$. Standar deviasi yang cukup tinggi dalam penelitian ini menunjukkan bahwa tingkat presisi pengukuran periode osilasi dengan sensor SRF05 masih relatif rendah.

Kata Kunci : gravitasi bumi lokal, osilasi sistem pegas-massa, sensor SRF05

Abstract

This research is aimed to determine local gravitational acceleration using vertical mass-spring oscillation monitored by a microcontroller-based SRF05 ultrasonic sensor. A series of laboratory experiments were performed by varying types of spring and masses of external load. Gravitational acceleration is obtained from a simple equation, relating local gravity to a period of oscillation, determined using theoretical consideration and direct measurements with the SRF05 sensor. The results for all parameters considered show that gravitational acceleration in Experimental Physics Lab, located at Building C2, 3rd floor, Physics Department is $9.71 \pm 0.07 \text{ m/s}^2$, independent of spring type and load mass used and close to the reference value 9.78 m/s^2 in regions nearby the equator. Consistency and accuracy of the primary finding are then supported by measurements using PASCO type ME-9210A that give $9.63 \pm 0.23 \text{ m/s}^2$ and theoretical estimates considering mass of spring that give $9.66 \pm 0.03 \text{ m/s}^2$. A relatively high value of standar deviation quoted in the research finding indicates that level of data precision in the measurements of oscillation period using the SRF05 sensor needs to be improved for future work.

Keywords : gravitational acceleration, mass-spring oscillation, SRF05 sensor

PENDAHULUAN

Penentuan percepatan gravitasi bumi lokal adalah percobaan yang umum dilakukan oleh mahasiswa fisika. Beberapa metode yang digunakan untuk menentukan percepatan gravitasi bumi lokal adalah memanfaatkan osilasi sistem pegas-massa, ayunan sederhana, dan ayunan fisis (Pain, 2005). Dengan mempertimbangkan kelemahan metode ayunan sederhana dan ayunan fisis, maka peneliti merancang percobaan untuk menentukan percepatan gravitasi bumi lokal dengan memanfaatkan osilasi sistem pegas-massa.

Abdullah dan Khairuddin (2009) merancang pengukuran percepatan gravitasi bumi lokal dengan memanfaatkan osilasi sistem pegas-massa buatan sendiri, di mana kombinasi metode statik dan dinamik

memberikan hasil dengan ketidak-pastian pengukuran sebesar 5%. Kesalahan pengukuran yang cukup besar tersebut bersumber pada penggunaan alat ukur sederhana (mistar berskala dan *analog scale*), kelemahan respons manusia dalam memonitor osilasi sistem pegas-massa, dan daerah elastis bahan kawat sebagai bahan baku pegas yang telah terlampaui (Abdullah dan Khairuddin, 2009).

Mengingat monitoring osilasi melibatkan pengukuran waktu tempuh sistem pegas-massa dari satu titik menuju titik lain dalam waktu relatif cukup singkat, maka pemanfaatan sensor ultrasonik berbasis mikrokontroler untuk mengukur periode gerak osilasi menjadi pilihan yang tepat. Keunggulan sistem monitoring dengan sensor ini adalah memberikan hasil ukur yang lebih akurat relatif dibandingkan dengan alat ukur yang lain, misalnya yang digunakan oleh Abdullah dan Khairuddin (2009)

maupun PASCO yang tersedia di Lab Fisika Eksperimen, Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Surabaya.

Khotimah dkk (2011) melaporkan konstanta pegas bukanlah besaran karakteristik melainkan dipengaruhi oleh jumlah dan geometri lengkungan pegas. Karena itu, percobaan pengukuran percepatan gravitasi bumi dengan sistem pegas-massa harus memperhatikan keberlakuan hukum Hooke yang mengatur relasi gaya luar dan perubahan panjang pegas. Koreksi teoretik bisa juga dilakukan dengan mempertimbangkan massa pegas dalam perhitungan periode osilasi sistem pegas-massa.

Dalam konteks tersebut di atas, maka topik penelitian skripsi ini adalah penentuan percepatan gravitasi bumi lokal di Lab Fisika Eksperimen, Jurusan Fisika FMIPA, dengan memanfaatkan osilasi sistem pegas-massa yang tergantung vertikal pada ujung tetap dan dimonitor oleh sensor ultrasonik.

TEORI DASAR

Gerak osilasi adalah energi yang berfluktuasi. Saat objek fisis berosilasi di sekitar titik kesetimbangan, maka setiap saat terdapat konversi energi dari energi potensial menjadi energi kinetik, atau sebaliknya. Selain energi mekanik, besaran fisis lain yang tetap dalam gerak osilasi adalah periode dan frekuensi osilasi sebagai besaran karakteristik sistem yang berosilasi. Pada umumnya, gerak osilasi objek fisis dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu: osilasi harmonik, osilasi teredam, dan osilasi paksa (Hans and Puri, 2003; Pain, 2005).

A. Gerak Osilasi Harmonik

Persamaan gerak osilasi harmonik sistem pegas-massa vertikal tanpa memperhitungkan massa pegas m (Morin, 2003; Hans and Puri, 2003; Pain, 2005) adalah

$$M\ddot{y} + ky = 0 \quad (1)$$

Periode osilasi harmonik sistem pegas-massa vertikal (tanpa memperhitungkan massa pegas) adalah

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{M}{k}} \quad (2)$$

Sepanjang gerak osilasi harmonik, terjadi pertukaran antara energi potensial dan energi kinetik namun energi mekanik sistem pegas-massa setiap saat adalah tetap. Tanpa memperhitungkan massa pegas, rumusan energi mekanik sistem pegas-massa vertikal adalah

$$E = EP + EK = \frac{1}{2}kA^2 \quad (3)$$

Perhitungan diferensial energi kinetik pegas dimulai dengan menuliskan energi kinetik elemen massa pegas ($dm = \lambda dy$) sebagai

$$dE_k = \frac{1}{2}(\lambda dy) \left(\frac{y}{l} v\right)^2 \quad (4)$$

di mana λ adalah massa pegas per satuan panjang $\frac{m}{l}$, l adalah panjang total pegas, y adalah posisi elemen massa pegas dm yang diukur dari ujung tetap, dan v adalah kecepatan beban bermassa M . Bila (4) diintegrasikan

sepanjang panjang total pegas, maka diperoleh energi kinetik pegas. Energi potensial pegas bermassa m diturunkan dengan prinsip analogi dari energi potensial. Energi mekanik pegas merupakan jumlah dari energi kinetik dan energi potensial pegas,

$$E_m = E_k + E_p = \frac{1}{2}\frac{m}{3}\omega_0^2 A^2 \quad (5)$$

Dengan telah diketahui bahwa pegas memiliki energi mekanik (5), maka pegas berkontribusi pada rumusan energi mekanik total sistem pegas-massa,

$$E = EK + EP + E_k + E_p = \frac{1}{2}(M + \frac{m}{3})\omega_0^2 A^2 \quad (6)$$

di mana $M + \frac{m}{3}$ sebagai massa efektif yang berosilasi harmonik.

Dengan pemahaman rumusan energi mekanik total sistem pegas-massa (6), maka periode osilasi harmonik sistem pegas-massa (dengan memperhitungkan massa pegas) adalah

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{M + \frac{m}{3}}{k}} \quad (7)$$

B. Relevansi Periode Osilasi dan Percepatan Gravitasi Bumi Lokal

Cara statik dilakukan dengan memberikan beban M pada bagian bawah pegas berkonstanta k dan bermassa m yang tergantung vertikal pada satu titik tetap tertentu. Kesetimbangan statik dalam arah vertikal adalah

$$Mg = ky \quad (8)$$

Cara dinamik dilakukan dengan menarik pegas tersebut ke bawah sejauh amplitudo kemudian dilepaskan, maka sistem pegas-massa akan berosilasi harmonik dengan periode osilasi harmonik (tanpa memperhitungkan massa pegas).

$$k = \frac{4\pi^2}{T^2} M \quad (9)$$

Substitusi persamaan (9) ke dalam persamaan (8) memberikan hubungan empirik antara percepatan gravitasi bumi lokal g dan periode osilasi sistem pegas-massa T serta perubahan panjang pegas y , maka percepatan gravitasi bumi lokal dapat dihitung dari

$$g = \frac{4\pi^2}{T^2} y \quad (10)$$

METODE

A. Rancangan Penelitian

Penelitian ini berbasis kerja laboratorium. Mekanisme penelitian meliputi pembangkitan gerak osilasi sistem pegas-massa vertikal, prosedur pengukuran *time series* dan perhitungan percepatan gravitasi bumi, di mana (10) menjadi basis menghitung percepatan gravitasi bumi. Persamaan tersebut memberi peluang untuk menentukan g dengan tiga cara berdasarkan cara mendapatkan T , yaitu: nilai g ditentukan melalui pengukuran langsung T dari percobaan; nilai g ditentukan melalui perhitungan T

dengan bantuan (2); dan nilai g ditentukan melalui perhitungan T dengan bantuan (7).

Sensor ultrasonik SRF05 berbasis mikrokontroler digunakan untuk memonitor osilasi harmonik sistem pegas-massa vertikal yang memberikan *time series data* dengan ketelitian sampai $\pm 0,001$ s. Sistem instrumentasi dalam penelitian ini diatur oleh mikrokontroler berbasis platform *Arduino Uno*. Data numerik dikonversi menjadi periode osilasi harmonik sistem pegas-massa vertikal. Sebagai pembandingan, peneliti juga memonitor osilasi sistem pegas-massa vertikal menggunakan PASCO model ME-9210A tersedia di Lab Fisika Eksperimen, Jurusan Fisika FMIPA.

Gambar 1 menunjukkan skema penentuan percepatan gravitasi bumi lokal dengan menggunakan gerak osilasi sistem pegas-massa vertikal yang dimonitor oleh sensor ultrasonik SRF05 dan PASCO (sebagai pembandingan).



Gb 1. Mekanisme penentuan percepatan gravitasi bumi.

B. Variabel Operasional Penelitian

Tiga variabel operasional penelitian, yaitu variabel manipulasi, variabel respons, dan variabel kontrol. Variabel manipulasi adalah massa beban yang digantung pada pegas dan macam-macam pegas. Variabel respons adalah percepatan gravitasi bumi lokal yang diperoleh dari pengukuran dan perhitungan periode osilasi sistem pegas-massa vertikal. Osilasi harmonik sistem pegas-massa vertikal merupakan variabel kontrol dalam penelitian ini yang diperoleh dengan cara menjamin keberlakuan hukum Hook dalam percobaan.

C. Aparatus dan Instrumen Penelitian

Aparatus dan instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah statif dan sistem pengukur perubahan panjang pegas dan *time series* osilasi harmonik sistem pegas-massa vertikal. Sistem pengukur yang digunakan adalah sistem instrumentasi berbasis mikrokontroler yang terdiri dari sensor SRF05 untuk perubahan panjang pegas dan pengukur *time series* saat pegas-massa berosilasi harmonik. Gambar 2 merupakan rancangan percobaan osilasi sistem pegas-massa vertikal untuk menentukan percepatan gravitasi bumi lokal di Lab Fisika Eksperimen, Jurusan Fisika FMIPA, dengan menggunakan sensor ultrasonik SRF05 pada Gambar 3.



Gb 2. Sistem pegas-massa dengan statif dan pegas yang tergantung vertikal pada ujung tetap dan sensor ultrasonik SRF05 diletakkan tepat pada ujung bagian bawah pegas.



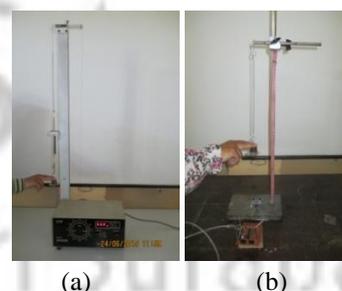
Gb 3. Sensor ultrasonik SRF05.

Selain menggunakan sensor ultrasonik SRF05, percobaan juga dilakukan dengan menggunakan PASCO model ME-9210A untuk menganalisa osilasi harmonik sistem pegas-massa vertikal. Saat melakukan percobaan dengan alat ukur PASCO, pegas dan massa beban total yang digunakan sama dengan saat melakukan percobaan dengan menggunakan sensor SRF05. PASCO model ME-9210A digunakan sebagai pembandingan data hasil sensor SRF05.

D. Metode Pengumpulan Data

Data penelitian berupa data periode osilasi sistem pegas-massa vertikal (diperoleh dari percobaan dan perhitungan) dengan melakukan variasi massa beban dan macam-macam pegas. Data teramati (hasil ukur) periode osilasi sistem pegas-massa vertikal diperoleh dari hasil bagi antara *travel time* yang ditempuh oleh sistem pegas-massa saat berosilasi dan banyaknya jumlah osilasi sempurna sampai 10 osilasi. Data teoretik (hasil hitung) periode osilasi harmonik sistem pegas-massa vertikal diperoleh dari persamaan (2) dan (7).

Berikut adalah cara memperoleh data numerik percobaan gerak osilasi harmonik sistem pegas-massa vertikal dengan menggunakan sensor ultrasonik SRF05 dan PASCO model ME-9210A.



Gb 4. Sistem pegas-massa vertikal pada (a) PASCO model ME-9210A dan (b) statif-sensor ultrasonik SRF05.

E. Teknik Pengolahan Data

Data penelitian skripsi baik yang diperoleh dari pengukuran periode osilasi sistem pegas-massa vertikal

berupa data $T = t/n$, di mana n menyatakan jumlah osilasi sempurna dan t menyatakan waktu tempuh untuk jumlah osilasi yang terukur sebanyak n maupun yang diperoleh dari data periode osilasi secara teoretik tanpa memperhitungkan massa pegas (2) dan dengan memperhitungkan massa pegas (7) dimasukkan dalam persamaan (10) untuk mendapatkan nilai percepatan gravitasi bumi g .

HASIL DAN PEMBAHASAN

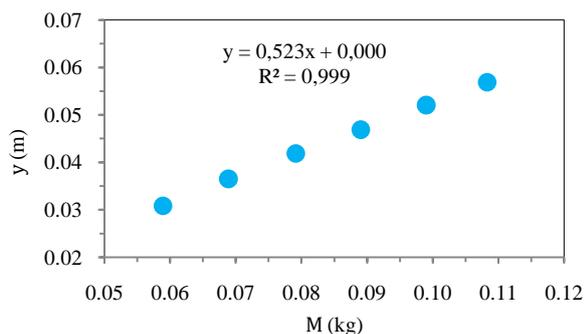
A. Hasil Penelitian

Peneliti menggunakan empat pegas dengan karakteristik yang berbeda, di mana enam beban dengan massa berbeda disediakan untuk pengujian keberlakuan hukum Hooke. Berikut adalah hasil uji keberlakuan Hukum Hooke pegas 4.

Tb 1. Uji hukum Hooke pegas 4 dengan $k = 18,509 \text{ N/m}$ dan $m = 2,852 \text{ g}$.

No	massa beban M (kg)	perubahan panjang pegas y (m)
1	0,059	0,031
2	0,069	0,037
3	0,079	0,042
4	0,089	0,047
5	0,099	0,052
6	0,108	0,057

Berdasarkan data pada Tabel 1, peneliti membuat grafik hasil uji coba terbatas keberlakuan hukum Hooke untuk pegas 4 tersebut (lihat Gambar 5).



Gb 5. Bukti keberlakuan hukum Hooke pada pegas 4.

Terlihat dari Gambar 5, perubahan panjang pegas merupakan fungsi linear dari massa beban yang sekaligus menjamin keberlakuan hukum Hooke pada pegas 4 untuk enam massa beban yang berbeda seperti tertulis pada Tabel 1. Dengan demikian, pegas 4 layak digunakan sebagai bahan percobaan osilasi harmonik sistem pegas-massa vertikal pada penelitian ini. Hasil linear yang sama juga diperoleh untuk pegas 1, pegas 2, dan pegas 3. Dengan demikian, semua pegas yang tersedia layak digunakan dalam penelitian ini.

Berikutnya adalah hasil perhitungan dan pengukuran periode osilasi untuk pegas 4. Perhitungan teoretik periode osilasi berdasarkan (3) tanpa memperhitungkan

massa pegas dan (8) dengan memperhitungkan massa pegas.

Tb 2. Hasil perhitungan dan pengukuran periode osilasi sistem pegas-massa vertikal pegas 4 dengan $k = 18,509 \text{ N/m}$ dan $m = 2,852 \text{ g}$.

No	massa beban M (kg)	periode T(s)			
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
1	0,059	0,353	0,356	0,354	0,355
2	0,059	0,353	0,356	0,350	0,353
3	0,059	0,354	0,357	0,348	0,354
4	0,069	0,384	0,387	0,380	0,384
5	0,069	0,384	0,387	0,380	0,385
6	0,069	0,384	0,387	0,380	0,385
7	0,079	0,411	0,413	0,414	0,409
8	0,079	0,411	0,413	0,416	0,409
9	0,079	0,411	0,413	0,412	0,411

Berdasarkan data hasil-hasil perhitungan dan pengukuran periode osilasi sistem pegas-massa vertikal pada Tabel 2 serta dengan bantuan (10), maka dilakukan perhitungan nilai percepatan gravitasi bumi lokal sebagai berikut.

Tb 3. Penentuan percepatan gravitasi bumi berdasarkan T₁, T₂, T₃, T₄ untuk pegas 4 dengan $k = 18,509 \text{ N/m}$ dan $m = 2,852 \text{ g}$.

No	massa beban M (kg)	perubahan panjang pegas y (m)	percepatan gravitasi bumi $g \text{ (m/s}^2\text{)}$			
			g ₁	g ₂	g ₃	g ₄
1	0,059	0,031	9,780	9,625	9,713	9,669
2	0,059	0,031	9,780	9,625	9,936	9,747
3	0,059	0,031	9,780	9,625	10,106	9,757
4	0,069	0,037	9,780	9,647	9,983	9,758
5	0,069	0,037	9,780	9,647	9,983	9,717
6	0,069	0,037	9,780	9,647	9,983	9,737
7	0,079	0,042	9,780	9,664	9,640	9,857
8	0,079	0,042	9,780	9,664	9,548	9,866
9	0,079	0,042	9,780	9,664	9,734	9,804

Nilai g_1 pada Tabel 3 merupakan nilai referensi g untuk percepatan gravitasi bumi lokal di dekat permukaan tanah (*zero-point position*). Nilai g_2 adalah nilai percepatan gravitasi bumi dengan memperhitungkan massa pegas. Nilai g_3 adalah nilai percepatan gravitasi bumi yang terukur oleh PASCO model ME-9210A sebagai instrumen pembanding. Nilai g_4 adalah nilai percepatan gravitasi bumi lokal yang terukur oleh sensor SRF05.

B. Pembahasan

Rumusan praktis yang sering digunakan untuk menentukan percepatan gravitasi bumi suatu titik atau

lokasi di permukaan bumi dibedakan berdasarkan posisi *latitude* \varnothing dari titik atau lokasi tersebut yang ditinjau sepanjang permukaan bola bumi. Menurut Steven and Lewis (2003), rumusan praktis yang dimaksud adalah

$$g = g_{45^0} - \frac{1}{2}(g_{poles} - g_{equator}) \times \cos\left(2\varnothing \frac{\pi}{180^0}\right) \quad (11)$$

di mana g menyatakan nilai percepatan gravitasi bumi suatu titik atau lokasi di permukaan bumi, g_{poles} adalah percepatan gravitasi bumi di kutub ($9,832 \text{ m/s}^2$), $g_{equator}$ adalah percepatan gravitasi bumi di ekuator ($9,780 \text{ m/s}^2$), g_{45^0} adalah percepatan gravitasi bumi suatu titik atau lokasi di permukaan bumi yang memiliki posisi *latitude* $\varnothing = 45^0$ ($9,806 \text{ m/s}^2$). Untuk belahan bumi bagian utara, berlaku $\varnothing = 0^0 \rightarrow 90^0$ sedangkan untuk belahan bumi bagian selatan, berlaku $\varnothing = 0^0 \rightarrow -90^0$.

Kelemahan persamaan (11) adalah tidak secara eksplisit menyebutkan faktor ketinggian suatu titik atau lokasi diukur dari permukaan bumi (*altitude*) sebagai faktor yang turut berperan dalam penentuan percepatan gravitasi bumi. Namun demikian, buku teks fisika seringkali menuliskan bahwa untuk titik atau lokasi yang terletak pada ketinggian relatif cukup dekat dari permukaan bumi ($r \ll R_E$, di mana R_E adalah jari-jari kelengkungan permukaan bumi sebesar 6371 km) maka posisi *altitude* (ketinggian tempat) secara efektif tidak memberikan pengaruh pada penentuan atau perhitungan percepatan gravitasi bumi lokal.

Hasil-hasil pengukuran periode osilasi harmonik sistem pegas-massa vertikal yang didapatkan pada percobaan memberikan nilai percepatan gravitasi bumi lokal di Lab Fisika Eksperimen, Jurusan Fisika FMIPA sebesar $9,71 \pm 0,07 \text{ m/s}^2$. Hasil perhitungan teoretik dan pengukuran percepatan gravitasi bumi lokal pada penelitian ini $9,77 \pm 0,03 \text{ m/s}^2$ dan di Bandung sebagai referensi percepatan gravitasi bumi $9,78 \text{ m/s}^2$ yang dilaporkan oleh Khairurrijal *et al.* (2012) karena baik Surabaya maupun Bandung terletak di dekat ekuator.

Dalam proses pengukuran periode osilasi sistem pegas-massa vertikal, periode osilasi sulit ditentukan secara langsung dari *time series* data percobaan karena kesulitan teknis menghentikan gerak osilasi sampai pada osilasi ke 10. Proses penentuan periode osilasi dilakukan secara manual dengan memindahkan *time series* data percobaan ke *spreadsheet* dan melakukan analisa penentuan periode osilasi. Faktor kesulitan teknis inilah yang menyebabkan tingkat presisi hasil ukur percepatan gravitasi bumi lokal ($0,07 \text{ m/s}^2$) menjadi cukup rendah.

Informasi penting lain adalah kaitan antara variasi temperatur di tempat pelaksanaan penelitian selama percobaan berlangsung dengan estimasi perbedaan terukur nilai percepatan gravitasi bumi lokal. Berdasarkan persamaan yang diturunkan dari teori

kinetik gas untuk gelombang bunyi yang merambat dalam medium udara diperoleh

$$v = \sqrt{\gamma \frac{RT}{M}} \quad (12)$$

di mana v adalah kecepatan gelombang bunyi di udara, γ konstanta Laplace, R adalah konstanta gas umum, M adalah massa molekul gas yang ditinjau, dan T adalah temperatur ruang percobaan di Lab Fisika Eksperimen.

Untuk semua percobaan, temperatur ruang sebelum, selama dan sesudah percobaan di Lab Fisika Eksperimen, Jurusan Fisika diukur secara akurat dengan sensor digital LM35 yang cukup sensitif. Variasi temperatur terukur adalah sebesar 1^0C , yang sama dengan variasi temperatur sebesar 1 K dan setara dengan variasi kecepatan bunyi sebesar $0,15\%$ dari 340 m/s . Oleh karena mekanisme pengiriman dan penerimaan sinyal dari sensor SRF05 berbasis perambatan gelombang bunyi, maka variasi kecepatan bunyi bisa mempengaruhi sensitivitas pengukuran waktu tempuh bunyi yang terukur sebagai periode osilasi. Estimasi berbasis rumus gerak lurus beraturan (GLB) memberikan kesalahan relatif pada pengukuran periode osilasi maksimum sebesar $0,15\%$. Kesalahan relatif sebesar itu akan memberikan kesalahan relatif perhitungan percepatan gravitasi bumi lokal maksimum sebesar $0,3\%$ yang lebih kecil daripada ketidakpastian hasil ukur percepatan gravitasi bumi lokal dalam penelitian ini sebesar $0,7\%$ (diambil dari $0,07 \text{ m/s}^2$ relatif terhadap $9,71 \text{ m/s}^2$).

PENUTUP

Simpulan

Temuan utama penelitian ini adalah nilai percepatan gravitasi bumi lokal di Lab Fisika Eksperimen untuk empat pegas yang digunakan dalam penelitian adalah $9,67-9,77 \text{ m/s}^2$ yang ekuivalen dengan $9,71 \pm 0,07 \text{ m/s}^2$. Temuan dalam penelitian ini mendekati nilai percepatan gravitasi bumi di permukaan bumi yang dianggap sebagai nilai referensi sebesar $9,78 \text{ m/s}^2$. Penyimpangan relatif temuan penelitian ini hanya $0,7\%$ dari nilai referensi. Hasil ukur percepatan gravitasi bumi dengan sensor SRF05 lebih akurat daripada $9,63 \pm 0,23 \text{ m/s}^2$ sebagai hasil ukur dengan PASCO model ME-9210A. Standar deviasi dalam penelitian ini $0,07 \text{ m/s}^2$ menunjukkan bahwa sebaran data yang diperoleh masih cukup tinggi.

Nilai teoretik percepatan gravitasi bumi lokal dengan menggunakan persamaan (7) adalah $9,66 \pm 0,03 \text{ m/s}^2$. Hasil tersebut cukup jauh dari nilai referensi percepatan gravitasi bumi sebesar $9,78 \text{ m/s}^2$ yang diperoleh dari (2). Penyimpangan yang cukup jauh tersebut karena massa pegas yang digunakan dalam penelitian tidak jauh lebih kecil daripada massa beban sehingga berdasarkan (10) nilai percepatan gravitasi bumi lokal yang dihitung dari

periode osilasi harmonik persamaan (2) dan (7) berbeda cukup signifikan.

Saran

Meskipun hasil ukur percepatan gravitasi bumi lokal dalam penelitian ini cukup akurat, namun tingkat presisi data belum terlalu tinggi. Dengan demikian, masih ada yang bisa dan perlu dilakukan baik dari aspek metode maupun teknik pengamatan dan pengukuran percobaan gerak osilasi harmonik sistem pegas-massa vertikal untuk menyempurnakan hasil dan temuan yang diperoleh dari penelitian ini pada masa yang akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, M. dan Khairuddin. 2009. Metode sederhana untuk mengukur percepatan gravitasi bumi menggunakan pegas yang dibuat sendiri. *Jurnal Pengajaran Fisika Sekolah Menengah*. Vol.1, No.1, pp.6-8.

Hans, H. S. and S. P. Puri. 2003. *Mechanics*. 2th ed. McGraw-Hill Company Limited. New Delhi, India.

Khairurrijal, E. Widiatmoko, W. Strigutomo and N. Kurniasih. 2012. Measurement of gravitational acceleration using a computer microphone port. *Journal of Physics Education*. Vol.47, No.6, pp.709-714.

Khotimah, S. N., S. Viridi, Widayani and Khairurrijal. 2011. The dependence of the spring constant in the linear range on spring parameters. *Journal of Physics Education*. Vol.46, No.5, pp.540-543.

Morin, D. 2003. *Introductory Classical Mechanics*. Chapter 3. E-book.

Pain, H. J. 2005. *The physics of vibrations and waves*. 6th ed. John Wiley & Sons Inc. Chichester. West Sussex, UK. Chapter 1-2. pp.1-52.

Stevens, B. L. and Lewis, F. L. 2003. *Aircraft Control and Simulation*, 2nd ed. John Wiley & Sons Inc. Hoboken. New Jersey, US. ISBN: 0-471-37145-9.

