

RANCANG BANGUN KLINOSTAT 2-D DENGAN PEROTASI MOTOR DC D06D401E

I Made Oka Guna Antara¹, I Wayan Supardi¹, Ni Nyoman Rupiasih¹

¹Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali Indonesia 80361.
Email : supardi@unud.ac.id

Abstrak

Telah berhasil dibuat klinostat 2-D menggunakan perotasi motor DC D06D401E. Alat tersebut memiliki rentang kecepatan sudut (ω') 1,67 – 93,53 rpm dengan interval perubahan 1,67 rpm. Pembacaan kecepatan sudut dilakukan oleh modul DI-REV#1, pembacaan data menggunakan mikrokontroler ATmega16 pada timer/counter T1 PortB.1, dan penampil data LCD 2x16. Keakuratan kecepatan sudut alat dengan alat pembanding, digital tachometer DT-2234C⁺ (ω'_{ref}) adalah 99,91%. Tegangan input pada motor DC diberikan oleh catu daya variabel pada rentang 0 – 5 VDC, dengan kelinieritas antara daya dan kecepatan sudut 99,13%. Pada nilai kecepatan sudut terkecil yaitu 1,67 rpm diperoleh nilai Relative Centrifugal Force (RCF) sebesar $4,68 \times 10^{-5}$ g.

Kata kunci: Klinostat 2-D, Motor DC D06D401E, modul DI-REV#1, timer/counter T1 ATmega16

Abstract

It has successfully developed a 2-D clinostat using a DC motor rotation D06D401E. The tool has angular velocity (ω') of 1.67 to 93.53 rpm with changes intervals of 1.67 rpm. The reading of angular velocity is performed by DI-REV#1 module, the reading of data by the ATmega16 microcontroller on timer/counter T1 PortB.1 and 2x16 LCD as a data display. The accuracy of the angular velocity which compared by a digital tachometer DT-2234C + (ω'_{ref}) is 99.91%. The input voltage to a DC motor supplied by a variable power supply with range of 0-5 VDC, with the linearity between power and angular velocity of 99.13%. At the smallest value of the angular speed of 1.67 rpm obtained a Relative Centrifugal Force (RCF) of $4.68 \cdot 10^{-5}$ g.

Keywords: Clinostat 2-D, D06D401E DC Motor, module DI-REV#1, timer/counter T1 ATmega16

I. PENDAHULUAN

Sampai saat ini, gaya gravitasi adalah satu-satunya faktor fisik yang tetap konstan sepanjang sejarah evolusi dan karenanya dapat memainkan peran utama dalam proses evolusi. Dalam hal ini, gaya

gravitasi adalah faktor lingkungan yang mempengaruhi hampir semua kehidupan di planet ini baik secara langsung ataupun tidak langsung. Semua sistem biologis telah berkembang sesuai dengan gaya tersebut. Ilmu biologi gravitasi telah

mengambil langkah maju yang luar biasa dengan program eksperimen luar angkasanya. Eksperimen-eksperimen ini memberikan kesempatan untuk mempelajari organisme yang hidup di lingkungan gravitasi rendah atau *microgravity* (gravitasi berorde mikro = mikro-gravitasi) (Santosh Bhaskaran, et. al., 2009).

Di bumi, eksperimen-eksperimen mikro-gravitasi dapat disimulasikan dengan menggunakan klinostat (Brown, R. B., 1999). Peneliti menggunakan alat tersebut untuk meniadakan atau memperkecil efek gravitasi dengan menyamakan vektor gravitasi di sekitar sumbu horizontal.

Untuk tujuan yang sama, pada penelitian ini telah dibuat klinostat 2-D dengan memanfaatkan kecepatan putar motor arus searah (*direct current* (DC)) untuk mensimulasikan keadaan atau lingkungan mikro-gravitasi. Klinostat dibuat dengan perotasi motor DC dan pengatur kecepatan menggunakan catu daya variabel. Motor DC adalah motor yang berfungsi mengubah tenaga listrik arus searah menjadi gerak atau energi mekanik (Budiharto, W., 2014). Kecepatan rotasi dari motor DC dipengaruhi oleh arus dan tegangan yang diberikan. Alat yang dapat mengatur putaran motor DC diantaranya mikrokontroler atau dapat menggunakan catu daya variabel dengan memvariasikan arus dan tegangan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mikro-gravitasi

Mikro-gravitasi (*microgravity*) adalah kondisi dimana nilai percepatan gravitasi bumi (g) sangat kecil yaitu dalam orde mikro atau 10^{-6} dari nilai g . g adalah satuan percepatan rata-rata gravitasi bumi yang menunjukkan rata-rata percepatan yang dihasilkan medan gravitasi pada permukaan bumi (permukaan laut). Dalam fisika, nilai percepatan gravitasi rata – rata atau nilai g pada permukaan bumi (permukaan laut) didefinisikan sebagai $9,80 \text{ m/s}^2$ (NASA, 2012).

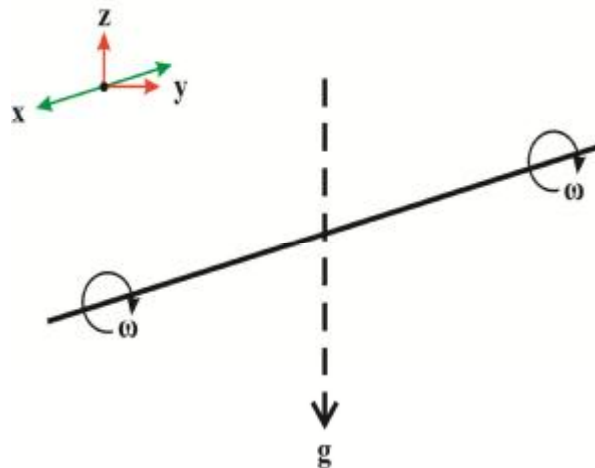
2.2 Klinostat

Klinostat diciptakan untuk memungkinkan rotasi konstan suatu objek, di sekitar sumbu tegak lurus terhadap gaya gravitasi. Beberapa jenis klinostat telah dikembangkan, diantaranya klinostat dengan jumlah sumbu rotasi yang berbeda seperti satu sumbu dan 2 sumbu, serta klinostat dengan mode operasi seperti kecepatan dan arah rotasi yang berbeda (United Nations, 2013).

Analisis pergerakan klinostat didasarkan pada mekanika klasik mengenai rotasi dan kerangka non-inersia (Arya, A. P., 2011). Kerangka klinostat diputar dengan kelajuan sudut yang sama dengan sumbu putar, seperti tampak pada Gambar 2.1.

Pada suatu kerangka koordinat, untuk sistem yang diputar berlaku persamaan (I.W Fathona, dkk, 2011):

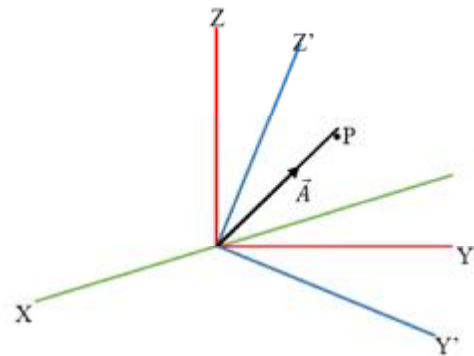
$$F' = F - F_c - F_{cor} - F'' \quad (2.1)$$



Gambar 2.1 Klinostat 2-D yang dibangun dengan satu poros, yaitu depan dan belakang; keduanya diputar dengan kecepatan sudut ω .

berputar (gaya fiktif), F_c merupakan gaya sentrifugal, F'' adalah gaya yang diakibatkan oleh perubahan kecepatan putar terhadap waktu dan F_{cor} adalah gaya Coriolis yang timbul ketika partikel bergerak pada kerangka yang diputar. Pada dasarnya, sistem rotasi pada klinostat dianalogikan dengan dua buah kerangka koordinat dimana XYZ merupakan kerangka yang diam dan XY'Z' kerangka yang diputar seperti tampak pada Gambar 2.2. Titik nol dari kedua kerangka koordinat tersebut berhimpit. Misalkan kerangka Y'Z' bergerak dengan kecepatan sudut konstan ω dan ditempatkan sebuah partikel di titik P dengan vektor A.

dimana F merupakan gaya relatif terhadap kerangka acuan yang diam, F' merupakan gaya relatif terhadap kerangka acuan yang



Gambar 2.2 Kerangka koordinat acuan XYZ yang diam dan Y'Z' yang diputar.

Pada sistem ini, partikel tidak bergerak terhadap kerangka koordinat yang berputar sehingga gaya Coriolis (F_{cor}) sama dengan nol, F'' sama dengan nol karena kecepatan putar kerangka

koordinat ω dibuat tetap, dan diasumsikan tidak ada gaya gesek ataupun pengaruh gaya dari luar sehingga F sama dengan nol. Dengan demikian gaya yang dialami partikel hanya gaya sentrifugal yang mengarah menjauhi sumbu putar secara radial, yang besarnya adalah:

$$F_c = m\omega^2 r \quad (2.2)$$

dimana m adalah massa dan r adalah jari-jari. Untuk menentukan besar gaya sentrifugal pada sistem, didefinisikan gaya sentrifugal relatif (*Relative Centrifugal Force (RCF)*) yaitu perbandingan gaya sentrifugal terhadap gaya gravitasi (Sagar Shankar Jagtap, et al., 2011), seperti persamaan 2.3.

$$RCF = \frac{F_c}{F_g} = \frac{\omega^2 r}{980} \quad (2.3)$$

dimana ω adalah kecepatan putar kerangka koordinat (kecepatan sudut) dalam satuan

radian/detik, r adalah jari-jari dalam satuan cm, dan RCF dalam satuan g (percepatan gravitasi bumi). Konversi satuan ω dari radian/detik menjadi putaran per menit (rpm) dengan menggunakan persamaan (2.4)

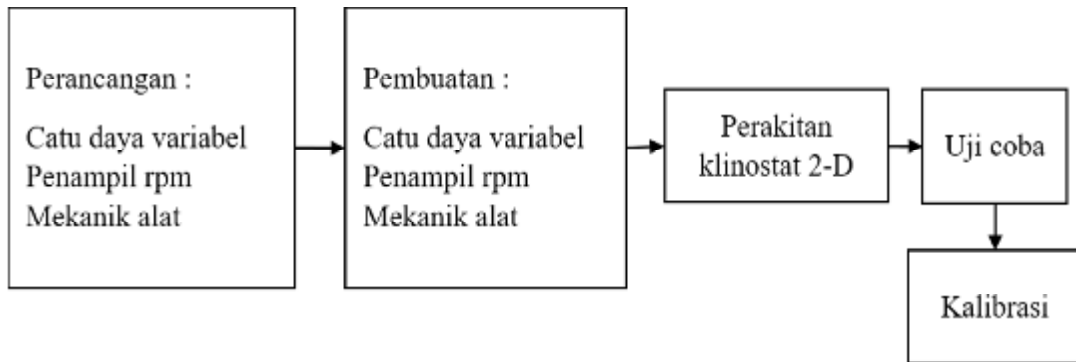
$$\omega = \frac{P}{30} \omega' \quad (2.4)$$

dimana ω' adalah kecepatan sudut dalam satuan rpm. Substitusi persamaan (2.4) ke dalam (2.3) maka diperoleh

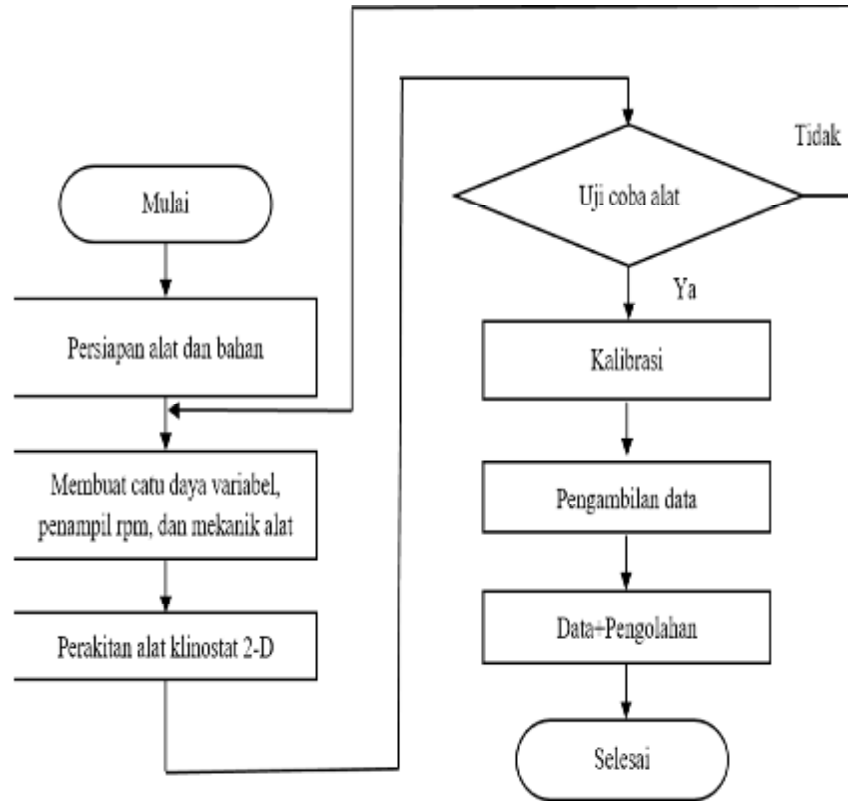
$$RCF = 1,118 \times 10^{-5} (\omega')^2 r \quad (2.5)$$

I. METODOLOGI PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian dibagi dalam beberapa tahap, yaitu perancangan, pembuatan, perakitan, uji coba alat, kalibrasi, dan pengolahan data, seperti tampak pada Gambar 3.1 dan 3.2 Klinostat 2-D.



Gambar 3,1 Diagram blok perancangan klinostat



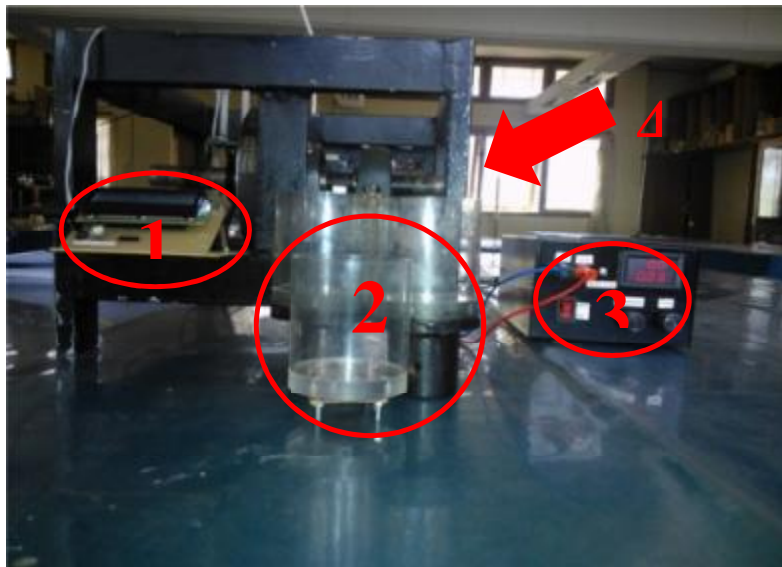
Gambar 3.2 Diagram alir pembuatan klinostat dan proses pengolahan data

IV, HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Alat Hasil Rancangan

Klinostat 2-D, yang merupakan hasil rancangan diperlihatkan pada Gambar 4.1. Prinsip kerja dari alat tersebut adalah memanfaatkan gaya sentrifugal yang diperlihatkan pada Gambar 2.1, sehingga pada penerapannya untuk mencari *Relative Centrifugal Force* (RCF) atau gaya sentrifugal relatif akan bergantung terhadap kecepatan sudut. Kecepatan sudut dibuat dengan menggunakan perotasi motor DC D06D401E yang dikendalikan oleh catu daya variabel dengan memvariasikan tegangannya. Sedangkan, untuk mengetahui berapa besar kecepatan

sudut yang didapatkan maka dibuat penampil rpm (kecepatan sudut). Pembacaan kecepatan sudut dilakukan dengan menggunakan encoder, dan modul DI Rotary Encoder Versi 1 (DI-REV#1). Keluaran dari modul sudah berupa *high* dan *low* (depokinstrument.com, 2010), kemudian akan dibaca oleh kaki ke-2 mikrokontroler ATmega16 yang berfungsi sebagai *timer/counter* 16 Bit. Setelah data diterima, data tersebut diolah didalam ATmega16 yang sebelumnya sudah diprogram menggunakan CVAVR dan hasil dari pengolahan data tersebut kemudian ditampilkan pada LCD 2x16.

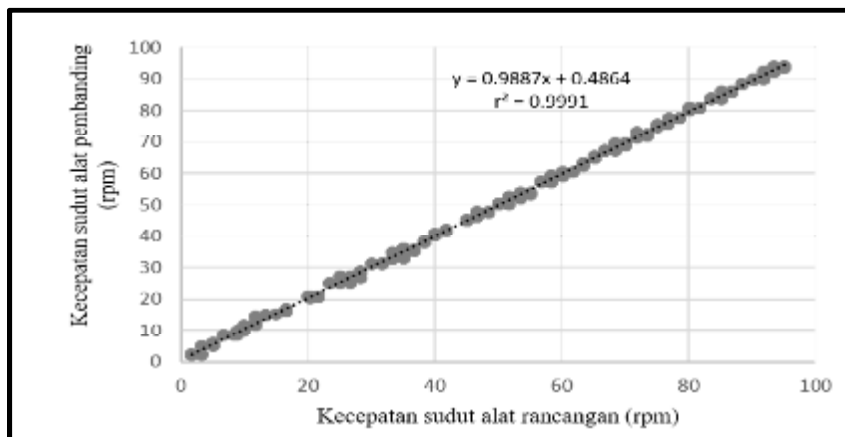


Gambar 4.1 Hasil rancangan alat klinostat 2-D dengan perotasi motor DC D06D401E. 1) Penampil rpm, 2) Tempat sampel uji dan sampel acuan, 3) Catu daya variabel, dan 4) Perangkat keras

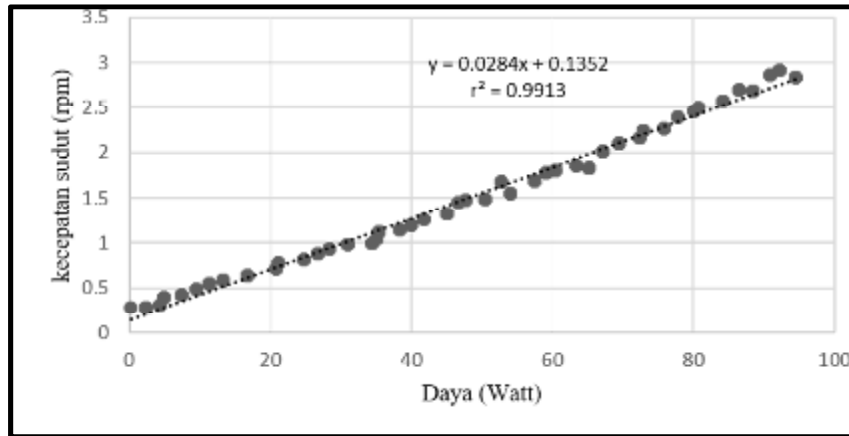
4.2. Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan dengan beberapa tahapan, dimulai dengan mengkalibrasi penampil rpm terhadap alat referensi yaitu digital *tachometer* DT-2234C⁺. Dari hasil uji tersebut diperoleh

kelinieritasan antara kecepatan sudut alat rancangan dengan alat referensi yang terlihat pada Gambar 4.2a. Pada Gambar 4.2b diperoleh grafik kelinieritasan antara daya dengan kecepatan sudut alat rancangan.



(a)

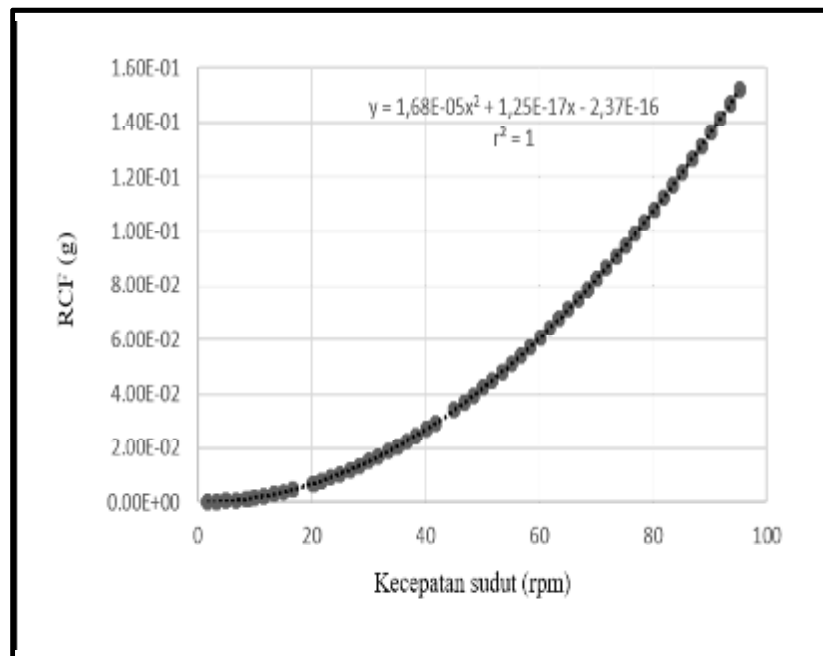


(b)

Gambar 4.2 Grafik kelinieran data antara: (a) Kecepatan sudut alat rancangan dengan alat pembanding, (b) Daya keluaran dengan kecepatan sudut alat

Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai RCF dengan menggunakan persamaan (2.5), dan hasilnya ditampilkan pada Gambar 4.3 yaitu grafik antara RCF dengan kecepatan

sudut alat. Tampak bahwa, nilai kecepatan sudut (w') terkecil alat adalah $(1,67 \pm 0,409065)$ rpm, yang sama dengan nilai RCF sebesar $(4,68 \pm 0,281) \times 10^{-5}$ g,



Gambar 4.3 Grafik antara RCF dengan kecepatan sudut alat, yang memenuhi persamaan polynomial orde 2.

dengan keakuratan kecepatan sudut alat (w') dengan alat pembanding digital *tachometer* DT-2234C⁺ (w'_{ref}) adalah 99,91%, dan kelinieritasan antara daya dengan kecepatan sudut alat adalah 99,13%. Pada grafik tampak bahwa antara RCF dengan kecepatan sudut alat memenuhi persamaan polynomial orde 2.

V. KESIMPULAN

Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa telah berhasil dibuat klinostat 2-D dengan menggunakan perotasi motor DC D06D401E dan pengatur kecepatan putar catu daya variabel. Nilai kecepatan sudut (w') terkecil alat adalah $(1,67 \pm 0,409065)$ rpm, yang sama dengan nilai *Relative Centrifugal Force* (RCF) sebesar $(4,68 \pm 0,281) \times 10^{-5}$ g, dengan keakuratan kecepatan sudut alat (w') dengan alat pembanding digital *tachometer* DT-2234C⁺ (w'_{ref}) adalah 99,91%, dan kelinieritasan antara daya dengan kecepatan sudut alat adalah 99,13%.

DAFTAR PUSTAKA

Arya, A. P., 2011, *Introduction to Classical Mechanics, 2nd Ed.*, Prentice Hall, New Jersey, 1998; J. Oto. Ktrl. Inst (J. Auto. Ctrl. Inst) Vol 3 (1), 2011, 37-40

Budiharto, W., 2014, *Robotika Modern*, Penerbit ANDI Yogyakarta, Yogyakarta, 24-35; 54-55

Brown, R. B., 1999, *Effects Of Space Flight, Clinorotation, And Centrifugation On The Growth And Metabolism Of Escherichia coli*, University of Colorado, Colorado, 8-9

I.W Fathona, dkk., 2011, *Klinostat Tiga Dimensi sebagai Simulator Mikrogravitasi untuk Berbagai Eksperimen Tanpa Bobot*, J.Oto.Ktrl.Inst (J. Auto.Ctrl.Inst), Vol 3 (1), 37-40

Sagar Shankar Jagtap, Rupali B. Awhad, B. Santosh, Pandit B. Vidyasagar, 2011, *Effects of Clinorotation on Growth and Chlorophyll Content of Rice Seeds*, Microgravity Science and Technology Volume 23, Issue 1, pp. 41-48

Santosh Bhaskaran, Sagar S. Jagtap, Pandit B. Vidyasagar, 2009, *Life and Gravity*, Biophysical Reviews and Letters Vol. 4, No.4 (2009) 299-318

_____, depokinstrument.com, 2010, *DI-REVI [di-ay-ref-wan] / (DI-Rotary Encoder Versi #1)*, <http://depokinstruments.com/2010/03/25/produk-baru-di-rev1-di-rotary-encoder-versi-1/> [Diakses pada 19 Februari 2015 pukul 13.02.32 WITA]

_____, NASA, 2012, *What is
Microgravity?*,
<http://www.nasa.gov/audience/forstudents/5-8/features/what-is-microgravity-58.html#.VOrDQtKUeE4>, [Diakses
pada tanggal 23 Februari 2015 pukul
14.20.00 WITA]

_____, United Nations, 2013,
*Teacher's Guide To Plant
Experiments In Microgravity*, New
York, New York, 11-13,44