

GERAK SILINDER PADA BIDANG MIRING DALAM AIR DENGAN VARIASI KETINGGIAN AIR

Deidra Robertha Anggraeny Noel, Yudhiakto Pramudya*, Moh Irma Sukarelawan, Reza Ariefka

Program Studi Magister Pendidikan Fisika Universitas Ahmad Dahlan
Jalan Pramuka No. 42 Sidikan, Yogyakarta, 55161
e-mail*: yudhiakto.pramudya@pfis.uad.ac.id

Diterima 23 Juni 2021

Disetujui 10 April 2022

Dipublikasikan 11 Mei 2022

<https://doi.org/10.33369/jkf.5.1.37-42>

ABSTRAK

Silinder pejal yang menggelinding di atas bidang miring akan mengalami dua gerak sekaligus, yakni gerak rotasi dan translasi. Gerak rotasi terhadap sumbu silinder pejal dan gerak translasi terhadap bidang miring yang dilalui. Dinamika gerak rotasi dan translasi pada bidang miring menjadi kompleks saat silinder pejal bergerak 2 medium yang berbeda kerapatannya. Penelitian ini merupakan eksperimen di laboratorium untuk menentukan profil jarak terhadap waktu dan kecepatan terhadap waktu untuk gerak silinder pada bidang miring dalam air dengan variasi ketinggian air. Pengambilan data dilakukan menggunakan perekaman video dengan variasi ketinggian air pada saat silinder pejal menggelinding pada bidang miring, lalu video tersebut dipindahkan ke laptop untuk di-*tracking* menggunakan *software tracker*. Data yang diperoleh dari hasil *tracking* tersebut kemudian dibuat grafik profil jarak terhadap waktu dan profil kecepatan terhadap waktu. Pada hasil analisis data selain menghasilkan profil jarak terhadap waktu dan kecepatan terhadap waktu juga memperoleh pengaruh variasi ketinggian air pada profil jarak terhadap waktu dan kecepatan terhadap waktu. Semakin tinggi air, maka semakin pendek lintasan yang ditempuh oleh silinder. Perubahan kecepatan silinder cenderung tidak linear bila ketinggian air tidak tinggi karena gaya gesekan dengan lintasan mulai membesar. Silinder bergerak dengan kecepatan hampir konstan pada saat di dalam air.

Kata kunci— Silinder pejal, *software tracker*, bidang miring, air

ABSTRACT

A solid cylinder that rolls on an inclined plane will experience two motions at once, namely rotational and translational motion. Rotational motion about the axis of a solid cylinder and translational motion about the inclined plane traversed. Rotational and translational motion dynamics on inclined plane become complex as a solid cylinder move inside two different mediums that has different density. This research is an experimental research in the laboratory to determine the profile of distance and velocity versus time of cylinder on an inclined plane in water with variations in water level. Data retrieval is done using video recording with variations in water level when a solid cylinder rolls on an inclined plane, then the video is transferred to a laptop for tracking using tracker software. The data are plotted to obtain graph of distance and velocity profile. In the results of data analysis, in addition to producing a profile of distance against time and speed with respect to time, it also obtained the effect of variations in water level on the profile of distance against time and speed with respect to time. Higher the water height, shorter the cylinder path. The changes of cylinder speed tend to be non-linear if the height of water is low. This is due to the drag force with the track start to increase. Cylinder move with the speed almost constant under water.

Keywords— Solid cylinder, tracker software, inclined plane, water

I. PENDAHULUAN

Ketika sebuah benda besar berputar pada sumbunya seperti sebuah roda yang sedang berputar, maka geraknya tidak dapat dianalisis dengan menganggap bahwa roda tersebut sebagai partikel. Hal tersebut disebabkan karena setiap waktu di bagian roda yang berputar tersebut mempunyai kecepatan linier dan percepatan linier yang berbeda. Walaupun demikian, gerak tersebut dapat dianalisis dengan menganggap bahwa roda tersebut mengandung sekumpulan partikel yang

memiliki kecepatan linier dan percepatan linier. Selain roda yang berputar, contoh rotasi benda tegar lain yang dapat dijumpai dalam kehidupan sehari-hari adalah tanah longsor yang terjadi pada lereng bukit atau gunung baik di darat maupun di laut, transportasi sedimen pantai, arus yang mengakibatkan pergerakan kerikil di dasar laut dan di dasar sungai, serta gerak berputarnya roda kendaraan baik di jalan mendatar, menanjak dan ketika berjalan di lereng bukit maupun gunung.

Tanah longsor yang berinteraksi dengan perairan dapat menyebabkan tsunami seperti yang terjadi pada peristiwa tsunami akibat longsor material letusan Gunung Anak Krakatau. Peristiwa tsunami semacam ini penting untuk dipelajari karena sering terjadi tanpa atau sedikit peringatan dini. Hal ini menyulitkan analisis untuk menginterpretasi bencana tsunami dalam waktu nyata (*real time*) (1). Pada peristiwa tsunami tersebut, longsor terjadi pada banyak bagian lereng yang berada di bawah permukaan air (2). Pemodelan dan eksperimen longsor semacam ini dilakukan dengan menggunakan balok (3) dan pelat aluminium (4). Tsunami yang dibangkitkan oleh longsor diharapkan dapat dideteksi dengan perangkat sensor. Sensor ketinggian gelombang pasang dapat digunakan untuk mendeteksi perubahan ketinggian permukaan air laut (5).

Bergeraknya sejumlah massa tanah pada bidang miring ini penting dalam memodelkan tanah longsor (6). Ketika sebuah silinder menggelinding di atas bidang miring maka benda tersebut akan mengalami dua gerakan sekaligus yakni gerak rotasi terhadap sumbu silinder dan translasi pada bidang miring yang dilalui (7). Penelitian gerak pada bidang miring dilakukan dengan menggunakan bola pejal (8) dan silinder pejal (9). Interaksi benda dengan bidang miring memerlukan analisis koefisien gesek. Analisis koefisien gesek statis dan kinetis berbagai pasangan permukaan bahan pada bidang miring menggunakan analisis *video tracker* (10). Gerak silinder pejal pada bidang miring dapat juga digunakan untuk penentuan momen kelembaman silinder pejal (11). Analisis yang digunakan adalah regresi linear tanpa bobot berdasarkan metode kuadrat terkecil dengan bantuan *Microsoft excel*. Percobaan dan analisis menggunakan dua metode yang berbeda yakni metode pertama diukur waktu tempuh pada panjang lintasan (s) yang bervariasi pada sudut kemiringan (α) tetap, sedangkan pada metode kedua diukur waktu tempuh pada sudut kemiringan yang bervariasi pada panjang lintasan tetap.

Gerak silinder pejal merupakan gabungan dari gerak rotasi dan translasi dengan pusat massa silinder melakukan gerak translasi lurus berubah beraturan, sedangkan silinder rotasi pada sumbunya dengan percepatan sumbu tetap. Gerak silinder dapat dilakukan secara matematis dengan menggunakan dua persamaan, untuk gerak translasi dengan asumsi bahwa semua gaya luar bekerja di pusat massa silinder, maka berlaku hukum II Newton yaitu (11)

$$\sum F = ma \quad (1)$$

Benda miring yang bergerak menuruni bidang miring dan berinteraksi dengan air dapat dimodelkan dengan menggunakan persamaan hukum II Newton dengan melibatkan gaya apung dan gaya *drag* (12).

Video based laboratory (VBL) adalah salah satu media yang dapat digunakan sebagai sumber pembelajaran. Selain itu, VBL juga mampu menyajikan gejala fisika nyata dan berbagai bentuk representasinya (data kuantitatif, grafik dan persamaan) secara simultan, yang dapat dilakukan secara interaktif. *Video based laboratory* juga merupakan alat yang mampu memadukan aspek teoritik dan eksperimental dalam pembelajaran fisika (13). *Tracker* dikembangkan oleh Douglas Brown pada proyek *Open Source Physics*. Dengan menggunakan *Tracker*, maka gejala fisika yang telah direkam dalam bentuk video dapat dianalisis sehingga mendapatkan data posisi suatu objek sebagai fungsi waktu. Berdasarkan beberapa kajian hasil penelitian terlebih dahulu yang telah diuraikan maka perlu dibuat eksperimen gerak silinder pada bidang miring dalam air dengan variasi ketinggian air untuk mendapatkan profil jarak terhadap waktu dan kecepatan terhadap waktu.

II. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Proses pengumpulan data berlangsung di laboratorium Gelombang, Getaran, dan Fluida Universitas Ahmad Dahlan. Prosedur penelitian dimulai dengan menyiapkan semua alat dan bahan yang digunakan, yakni terdiri

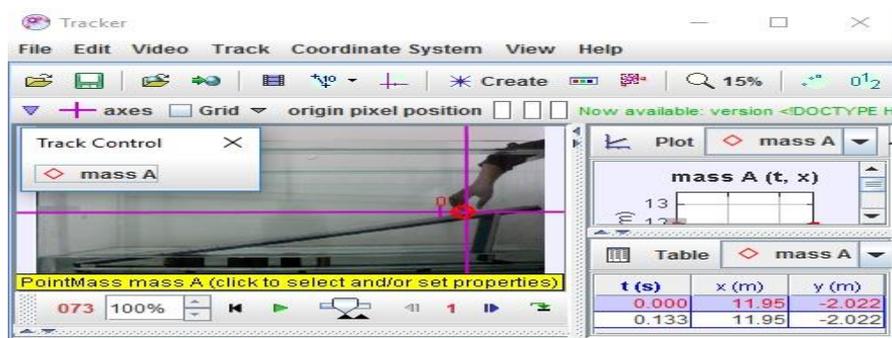
atas laptop Toshiba Satellite L745, kamera Nikon, bidang miring dengan panjang 100 cm, silinder pejal (massa 85,92 gr, volume 31,65 cm³, massa jenis 2,71 gr/cm³), akuarium (panjang 134 cm, lebar 50 cm, tinggi 61 cm), mistar dengan panjang 55 cm, busur dengan sudut kemiringan 10°.

Uraian pengambilan dan perolehan data dimulai dengan mengukur sudut kemiringan pada bidang miring dengan menggunakan busur derajat sebesar 10° lalu bidang miring dimasukkan ke dalam akuarium. Kamera diletakkan berhadapan dengan akuarium kemudian mistar diletakkan di dasar bidang miring untuk mengukur ketinggian air. Variasi ketinggian air yang pertama adalah 5 cm digelindingkan pada bidang miring dengan jarak yang konstan yakni 100 cm. pada saat silinder pejal digelindingkan pada bidang miring maka dilakukan perekaman menggunakan kamera. Ketinggian air divariasikan yaitu 10 cm, 15 cm, dan 20 cm.

Setelah diperoleh masing-masing empat macam video gerak silinder pejal pada bidang miring dalam air dengan variasi ketinggian air maka hasil perekaman video tersebut dipindahkan ke laptop untuk melakukan *tracking* menggunakan *software tracker* sehingga mendapatkan nilai t, x, y, v . Langkah selanjutnya adalah memasukkan nilai t, x, y, v pada *tracker* ke dalam *Microsoft Excel* untuk diplot agar diperoleh profil jarak (x) terhadap waktu (t) atau biasa disebut grafik $x - t$ dan profil kecepatan (v) terhadap waktu (t) atau biasa disebut dengan grafik $v - t$.

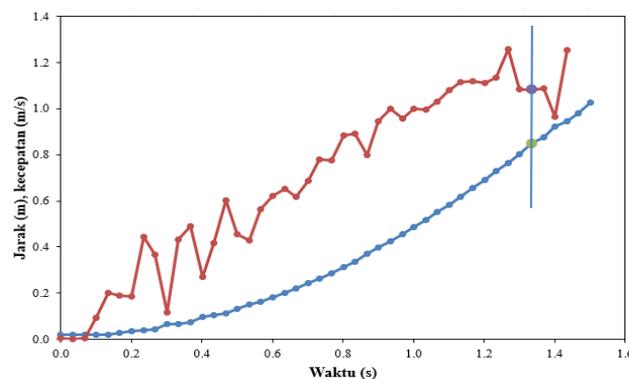
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam eksperimen ini, jarak dan sudut pada bidang miring dibuat konstan pada keempat ketinggian air yakni jarak 100 cm dan sudut kemiringan 10°, sedangkan ketinggian air divariasikan sebanyak empat kali yakni 5 cm, 10 cm, 15 cm, dan 20 cm. Proses pengambilan data menggunakan Tracker dapat dilihat pada Gambar 1.

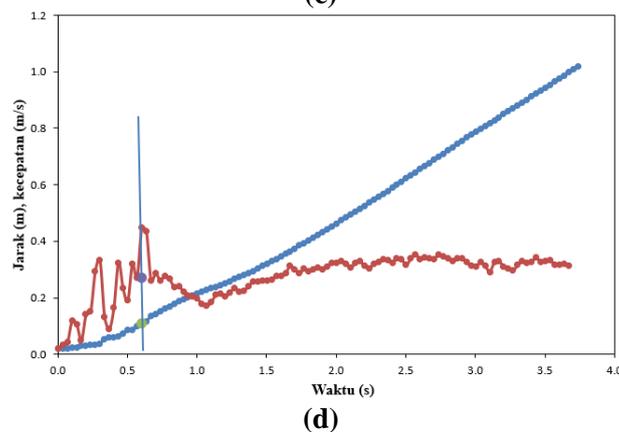
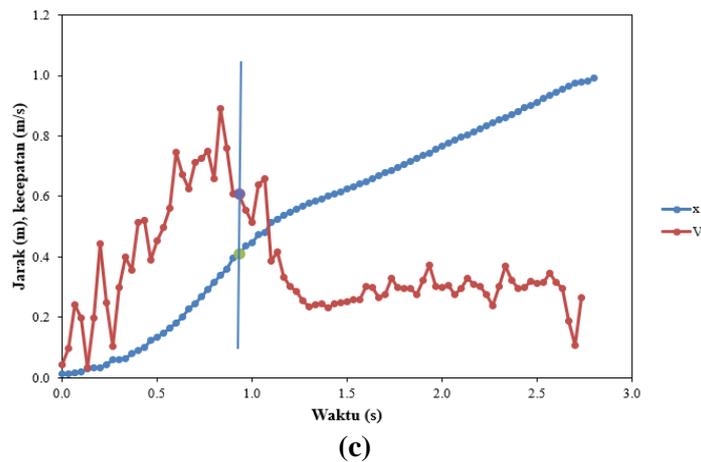
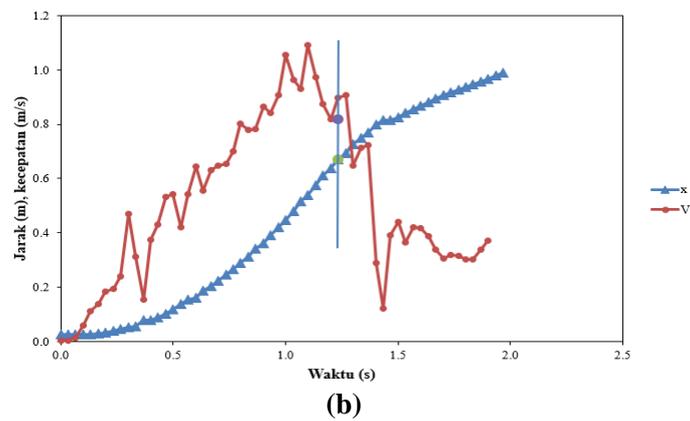


Gambar 1. Pengambilan data dengan menggunakan Tracker

Hasil plot profil jarak terhadap waktu dan kecepatan terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar 2.



(a)



Gambar 2. Grafik hubungan antara $x - t$ dan $v - t$ dengan variasi ketinggian air (a) 5 cm, (b) 10 cm, (c) 15cm, dan (d) 20 cm

Pada Gambar 2 (a), (b), (c), dan (d) terdapat grafik linier berwarna biru, grafik berwarna merah dan garis vertikal. Pada grafik berwarna biru terdapat garis lurus yang menunjukkan jarak (x) dan simbol titik-titik menunjukkan hubungan antara jarak (x) dan waktu (t), sedangkan pada grafik berwarna merah terdapat simbol titik-titik yang menunjukkan hubungan antara kecepatan (v) dan waktu (t). Fungsi garis vertikal dan titik simbol ungu dan hijau akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Pada gambar (a) garis vertikal terhubung ketika $t = 1,33467$ s dan $v = 1,08260$ m/s (simbol titik ungu) dan $t = 1,33467$ s dan $x = 0,84852$ m (simbol titik hijau)
2. Pada gambar (b) garis vertikal dihubungkan ketika $t = 1,234$ s dan $v = 0,8180$ m/s (simbol titik ungu) dan $t = 1,2346$ s dan $x = 0,6694$ m (simbol titik hijau)
3. Pada gambar (c) garis vertikal dihubungkan ketika $t = 0,9343$ s dan $v = 0,6082$ m/s (simbol titik ungu) dan $t = 0,9343$ s dan $x = 0,4110$ m (simbol titik hijau)
4. Pada gambar (d) garis vertikal terhubung ketika $t = 0,6006$ s dan $v = 0,2711$ m/s (simbol titik ungu) dan $t = 0,6006$ s dan $x = 0,1085$ cm (simbol titik hijau)

Garis vertikal berwarna hijau yang berada di setiap gambar berfungsi sebagai pembatas Grafik di sebelah kiri garis vertikal adalah gerakan silinder ke bawah bidang miring sedangkan di sebelah kanan garis vertikal menunjukkan gerakan silinder memasuki air. Grafik kecepatan (v) terhadap waktu (t) di setiap gambar terlihat tidak beraturan karena ketika silinder masuk ke dalam air terjadi percikan dan gelombang.

Berdasarkan Gambar 2 terlihat bahwa semakin tinggi variasi air maka grafik yang ditunjukkan pada saat gerakan silinder pejal memasuki air akan terlihat semakin konstan. Hal tersebut dikarenakan jika semakin tinggi air maka silinder akan bergerak semakin panjang untuk sampai ke dasar akuarium, sehingga grafiknya cenderung semakin panjang. Pada gambar 2a dan 2b, grafik kecepatan terhadap waktu menunjukkan perubahan tidak linear. Hal ini disebabkan adanya gaya gesekan pada lintasan yang semakin dominan dengan pertambahan kecepatan. Namun, dengan bertambahnya ketinggian air, kondisi ini tidak muncul karena panjang lintasan tidak panjang. Setelah silinder memasuki air, gaya gesekan yang dialami semakin besar sebagai akibat penjumlahan gaya gesekan dengan lintasan dan gaya gesekan dengan air. Oleh karena itu, terlihat kecepatan tidak banyak berubah atau cenderung konstan.

IV. SIMPULAN DAN SARAN

4.1 Simpulan

Penelitian gerak silinder telah dilakukan pada bidang miring dalam air dengan variasi ketinggian air, kemudian di-*tracking* menggunakan *software tracker* sehingga didapatkan profil jarak terhadap waktu dan profil kecepatan terhadap waktu. Berdasarkan keempat grafik tersebut, dapat diketahui bahwa grafik jarak terhadap waktu dan grafik kecepatan terhadap waktu berubah tidak linear akibat gesekan dengan lintasan. Jika air semakin tinggi maka gerakan silinder padat saat memasuki air akan membentuk grafik yang lebih linear. Eksperimen ini mampu memberikan pemahaman terhadap gerakan silinder yang cenderung mempunyai kecepatan konstan di dalam air. Semakin pendek lintasan silinder di atas air, maka semakin linear kecepatan silinder.

4.2 Saran

Perlunya dikembangkan eksperimen dengan variasi yang berbeda seperti variasi sudut dan menggunakan silinder berongga agar diperoleh hasil eksperimen yang dapat melengkapi simulasi fenomena longsor dalam air.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih atas dukungan pendanaan dari Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Ahmad Dahlan melalui dana penelitian internal skema Penelitian Dasar tahun 2021.

DAFTAR PUSTAKA

1. Perttu A, Caudron C, Assink JD, Metz D, Tailpied D, Perttu B, et al. Reconstruction of the 2018 Tsunamigenic Flank Collapse and Eruptive Activity at Anak Krakatau Based on Eyewitness Reports, Seismo-acoustic and Satellite Observations. *Earth Planet Sci Lett.* 2020;541(116268).
2. Grilli SA, Tappin DR, S C, LWatt SF, Ward SN, Grilli AR, et al. Modelling of the Tsunami from the December 22, 2018 Lateral Collapse of Anak Krakatau Volcano in the Sunda Straits, Indonesia. *Sci Rep.* 2019;9(11946).
3. Heidarzadeh M, Ishibe T, Sandanbata O, Muhari A, B WA. Numerical Modelling of the Subaerial Landslide Source of the 22 December 2018 Anak Krakatoa Volcanic Tsunami, Indonesia. *Ocean Eng.* 2020;195(106733).

4. Enet F, Grilli ST. Experimental Study of Tsunami Generation by Three-Dimensional Rigid Underwater Landslides. *J Waterw Port, Coastal, Ocean Eng.* 2007;133(6):442–454.
5. Vandhita AT, Hamdani D, Putri DH. Rancang Bangun Sistem Telemetri Pengukuran Ketinggian Gelombang Pasang Surut Air Laut secara Realtime menggunakan Arduino Uno. *J Kumparan Fis.* 2021;1(3):83–91.
6. Shalihin RR, Bustam BMR, Suyadi, Pramudya Y. Modul Fikih Kebencanaan: Mitigasi Tanah Longsor Berbasis Islam Interdisipliner. Yogyakarta: UAD Press; 2021.
7. Carvalho PS, Sousa ASE. An Inexpensive Technique to Measure Coefficients of Friction with Rolling Solids. *Phys Teach.* 2005;43(8):548–550.
8. Riswanto S. Penentuan Koefisien Momen Inersia Bola Pejal Melalui Video Gerak pada Bidang Miring dengan Fitting Data. In: *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVIII HFI Jateng dan DIY 2014*:31-34. 2014. p. 31–4.
9. Oktova R K E S. Penentuan Momen Kelembaman Silinder Pejal Dengan Percobaan Bidang Miring. *Berk Fis Indones.* 2011;3(1&2):6–16.
10. Amiruddin D, B AR, H MD, Humairo S, Viridi S. Pengaruh Luas Permukaan Benda Terhadap Koefisien Gesek Statis Dan Kinetis Pada Bidang Miring Dengan Menggunakan Video Tracker. *Pros Semin Nas Fis (E-Journal).* 2018;91–97.
11. Ariefka R, Pramudya Y. The Study of Hollow Cylinder on Inclined Plane to Determine the Cylinder Moment of Inertia. *J Phys Conf Ser.* 2019;1170(012081).
12. K VP, H AJ. Sphere Rolling Down an Incline Submerged in a Liquid. In: *Proceeding of the 37th & 4th International Conference on Fluid Mechanics and Fluid Power.* 2010. p. 1–9.
13. Ishafit. Pengembangan Pembelajaran Fisika dengan Multiple Representations Berbasis ICT untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Kinematika, Persepsi, dan Motivasi Mahasiswa PGMIPA-BI. In: *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVIII HFI Jateng dan DIY.* 2014. p. 230–233.