

Uji Coba Simulasi Peluruhan Energi untuk Mengetahui Karakteristik “Stopping Time” pada Sistem Dinamika Granular Satu Dimensi dengan Variasi Ukuran Massa Partikel

Erlina^{1,a)}, Khayima Arnisti^{1,b)}, Putri Mustika Widartiningsih^{2,c)}, Roni Stiawan^{2,c)} dan Sparisoma Viridi^{3,d)}

¹Program Sarjana Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

²Program Magister Fisika,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

³Laboratorium Fisika Nuklir dan Biofisika
Kelompok Keilmuan Fisika Nuklir dan Biofisika,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

^{a)} erlinaliana@students.itb.ac.id (corresponding author)

^{b)} khayimaarnisti@gmail.com

^{c)} putrimw.itb@gmail.com

^{d)} dudung@fi.itb.ac.id

Abstrak

Partikel granular satu dimensi yang dijatuhkan tanpa kecepatan awal akan mengalami tumbukan dengan dinding sehingga mengalami proses pemantulan secara berulang-ulang sampai partikel itu berhenti. Tinggi pantulan mengalami pengurangan selama proses pemantulan disebabkan adanya energi yang hilang. Waktu yang diperlukan partikel untuk berhenti disebut dengan istilah waktu henti atau “Stopping Time”. Pada penelitian ini, telah dilakukan eksperimen untuk menentukan karakteristik sistem granular satu dimensi dengan memvariasikan nilai massa dan diameter partikel. Pada eksperimen ini dihasilkan kurva “Stopping Time” terhadap variasi ukuran diameter dan massa.

Kata-kata kunci : Granular, momentum, partikel, vibrasi

PENDAHULUAN

Partikel granular merupakan partikel berukuran kecil yang berbentuk serbuk-serbuk bulat dan halus. Karakteristik partikel granular dapat dilihat berdasarkan koefisien lentingnya dan geometri dari partikel mempengaruhi sifat partikel granular. Dalam kehidupan sehari-hari banyak dijumpai material granular seperti pasir, debu, kerikil, merica, dan sejenisnya. Dalam sistem partikel granular, partikel-partikel berinteraksi terutama melalui tumbukan. Partikel granular dapat mengalami proses tumbukan dengan partikel lain atau sejenis dan dapat bergerak setelah itu berhenti saat kondisinya telah stabil sebagai akibat adanya gaya seperti gaya gesekan^[1]. Partikel granular yang dijatuhkan secara bebas dari suatu ketinggian akan mengalami

tumbukan secara berulang-ulang dengan lantai hingga akhirnya berhenti. Selama proses ini terjadi peluruhan energi akibat berinteraksi dengan lantai. Hilangnya energi selama proses tumbukan ini melibatkan suatu nilai yang disebut koefisien restitusi. Persamaan koefisien restitusi untuk dua partikel yang bertumbukan dinyatakan sebagai berikut :

$$v_{f2} - v_{f1} = \varepsilon(v_{i1} - v_{i2}) \tag{1}$$

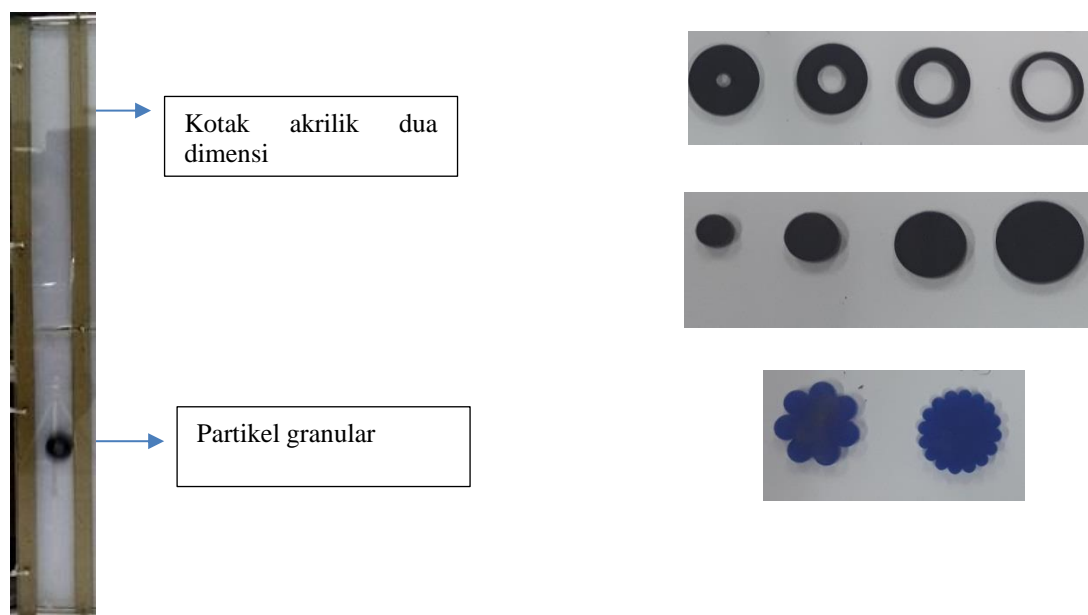
Keterangan :

- v_{f2} : kecepatan benda 2 setelah tumbukan
- v_{f1} : kecepatan benda 1 setelah tumbukan
- v_{i2} : kecepatan benda 2 sebelum tumbukan
- v_{i1} : kecepatan benda 1 sebelum tumbukan
- ε : koefisien restitusi

Partikel dengan massa dan geometri berbeda akan memiliki karakteristik yang berbeda. Salah satu karakteristik yang dapat diamati adalah “*stopping time*” dari masing-masing partikel yang merupakan waktu total partikel selama bergerak, mengalami pemantulan berulang-ulang hingga berhenti^[2]. Selain itu, bentuk geometri yang digunakan juga bervariasi, sehingga kriteria terjadinya tumbukan juga bervariasi. Dalam hal ini dapat diamati berdasarkan kurva posisi partikel setiap waktu yang menggambarkan karakteristik masing-masing partikel. Untuk memperoleh hasil karakteristik dari tiap-tiap partikel dapat digunakan suatu aplikasi yang disebut *tracker* atau *video tracker*. Aplikasi ini dapat digunakan untuk menganalisis proses pergerakan suatu benda dengan melakukan *track* atau pelacakan pada gerak suatu objek sehingga dapat diperoleh berbagai informasi yang diperlukan. Melalui hasil perekaman proses pemantulan partikel, dapat diolah dengan aplikasi ini sehingga diperoleh informasi posisi partikel tiap waktu.

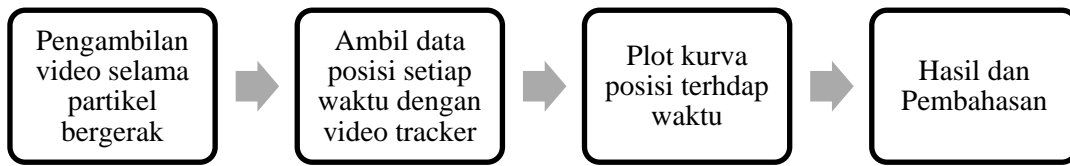
METODE PERCOBAAN

Dalam menentukan karakteristik partikel granular, telah dibuat set alat eksperimen menggunakan kotak akrilik berukuran 53,5 cm x 14 cm dimana didalamnya dapat dilewati oleh partikel berbentuk dua dimensi (lingkaran). Partikel ini divariasikan berdasarkan diameter dan geometri. Terdapat 4 partikel berbentuk lingkaran penuh dengan diameter berbeda, 4 partikel dengan ukuran lubang berbeda dan 2 partikel berbeda bentuk. Partikel ini kemudian dijatuhkan dari ketinggian 53,5 cm tanpa kecepatan awal. Gerakan partikel ini dibuat sedemikian sehingga partikel hanya dapat bergerak dalam arah satu dimensi yaitu sumbu y saja.



Gambar 1. Alat percobaan (kiri) dan macam-macam partikel yang digunakan (kanan)

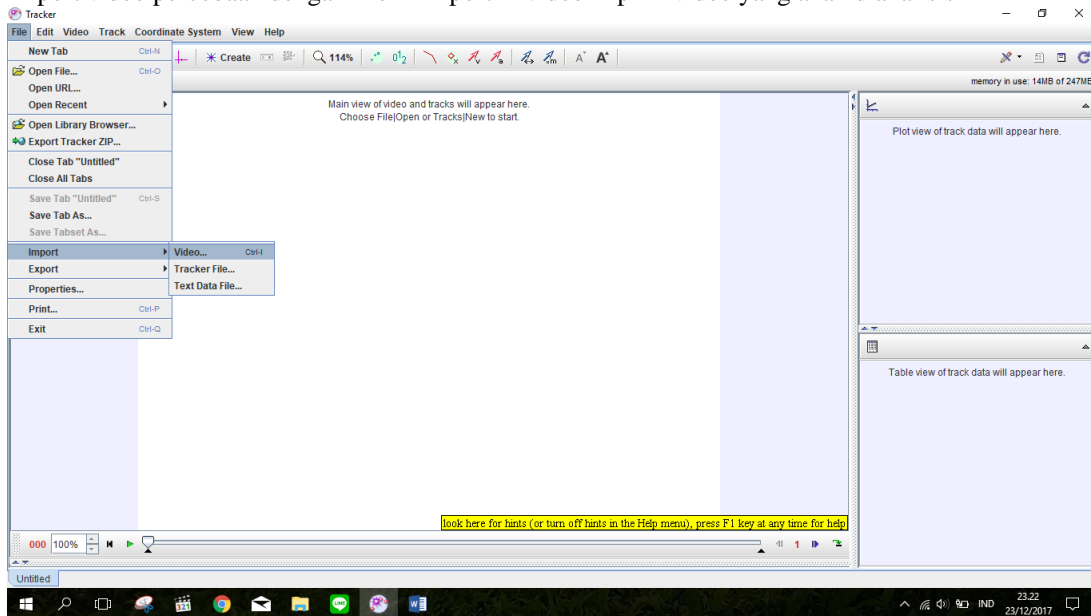
Selama partikel dijatuhkan, dilakukan proses perekaman menggunakan kamera hingga partikel berhenti. Kemudian hasil rekaman diolah menggunakan *video tracker* dan dilakukan analisis mengenai hasil percobaan. Langkah-langkah percobaan dapat dilihat pada bagan berikut.



Gambar 2. Diagram percobaan

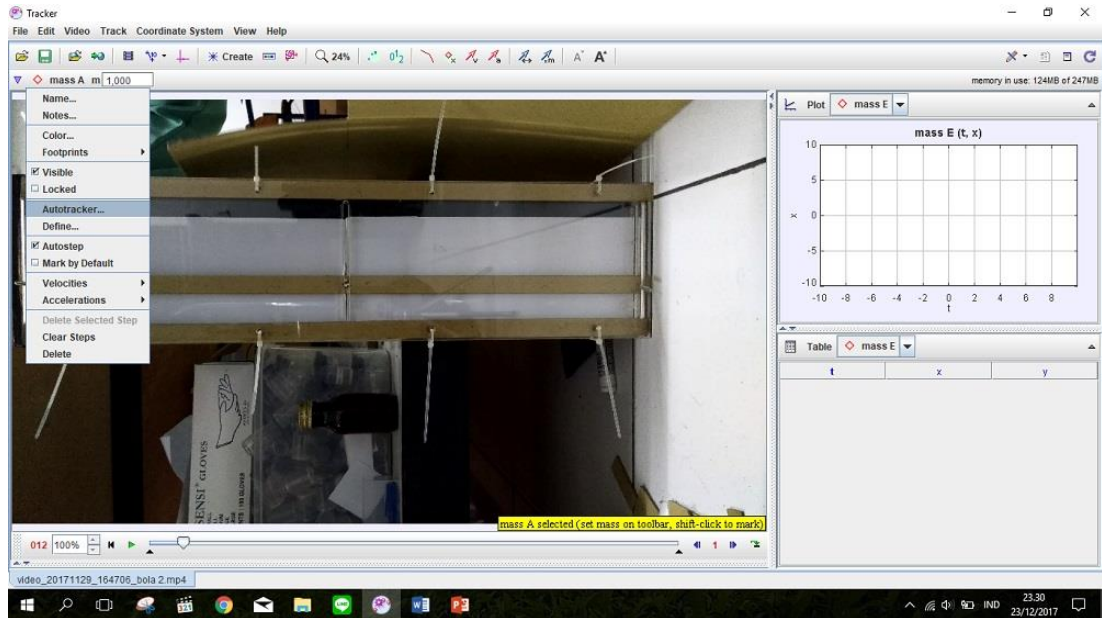
Proses analisis dilakukan dengan aplikasi tracker mengikuti langkah-langkah berikut :

1. Import video percobaan dengan file → import → video → pilih video yang akan dianalisis



Gambar 3. Tampilan Aplikasi Tracker Video

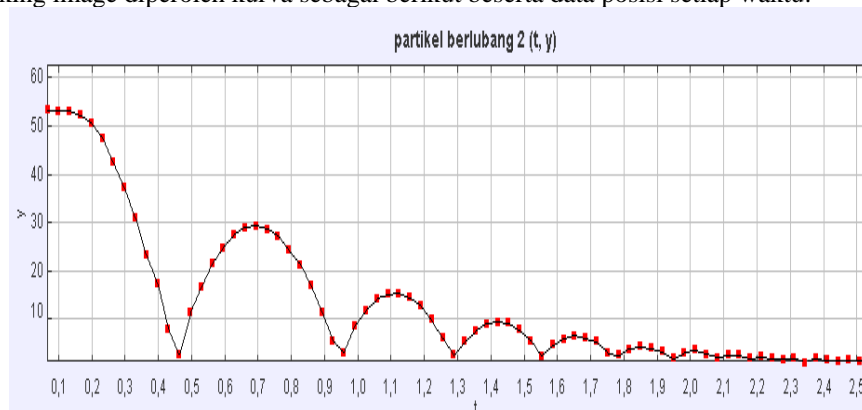
2. Pilih track → new point mass
Lalu akan muncul tampilan seperti berikut



Gambar 4. Tampilan Proses Import Video

Kemudian klik mass A → tekan shift-ctrl sambil memilih bagian yang akan ditandai (dalam hal ini partikel granular) → pilih auto tracker untuk mentracker secara otomatis → play

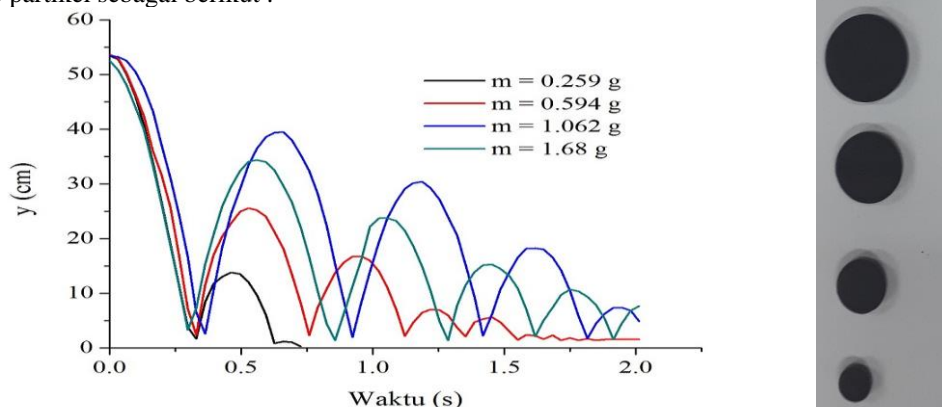
3. Hasil tracking image diperoleh kurva sebagai berikut beserta data posisi setiap waktu:



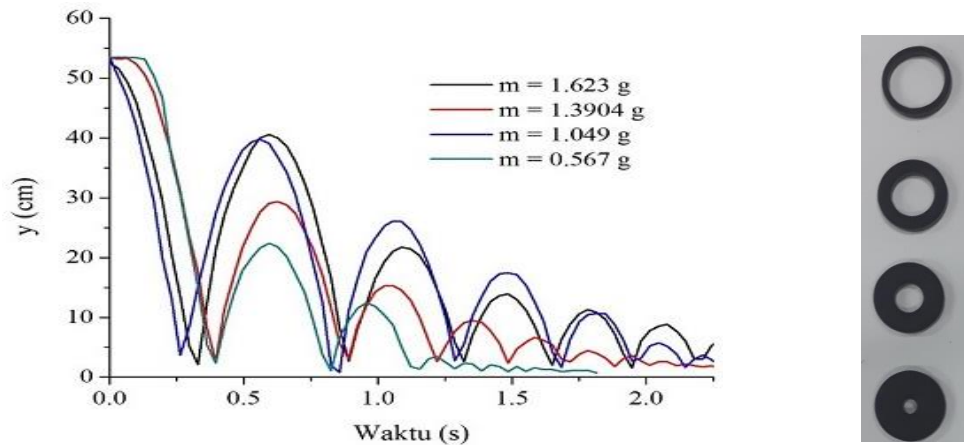
Gambar 5. Hasil tracking image

HASIL DAN PEMBAHASAN

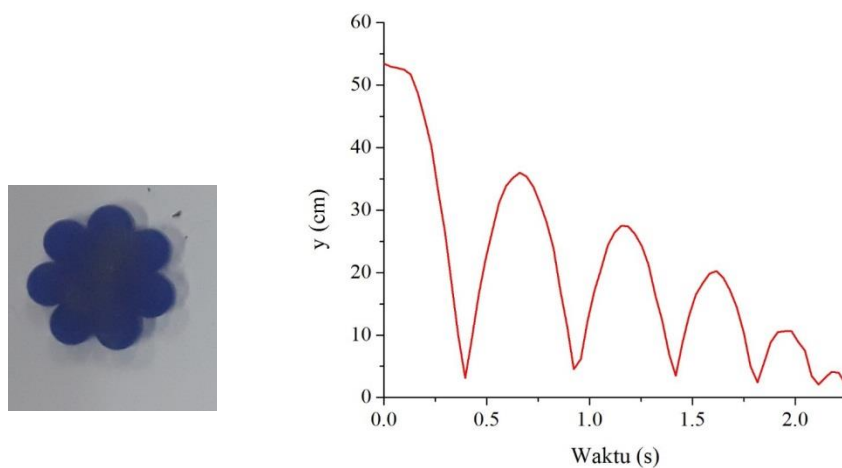
Dari hasil pengolahan data menggunakan tracker, diperoleh kurva karakteristik posisi terhadap waktu dari tiap partikel sebagai berikut :



Gambar 6. Kurva karakteristik partikel lingkaran



Gambar 7. Kurva karakteristik partikel lingkaran berlubang



Gambar 8. Kurva karakteristik partikel variasi bentuk

KESIMPULAN

Telah dilakukan percobaan penentuan karakteristik partikel granular dengan geometri dan massa yang berbeda. Hasil yang diperoleh adalah berupa kurva posisi terhadap waktu dari tiap-tiap partikel yang berbeda.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam penulisan makalah ini. Makalah ini didanai oleh Riset Inovasi Institut Teknologi Bandung 2017.

REFERENSI

1. C.R.K. Windows-Yule, dkk, *Energy Decay in a Tapped Granular Column*, Multiscale-Mechanics, University of Twente, Physical Review 2017 E 96, 042902.
2. Moh. Hasan, *Simulasi Granular Dynamics Dimensi Dua Partikel dengan Ukuran Bervariasi*, Jurusan Matematika, FMIPA Universitas Jember, 2011.