

Hampiran Pantulan Water Droplet menggunakan Linear Least Square Method dari Data Eksperimen

Tugas Akhir
diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar sarjana
dari Program Studi Ilmu Komputasi
Fakultas Informatika Universitas
Telkom

1302140108
Bagus Suhardi



Program Studi Sarjana Ilmu Komputasi
Fakultas Informatika Universitas
Telkom
Bandung

2019

LEMBAR PENGESAHAN

Hampiran Pantulan Water Droplet menggunakan Linear Least Square Method dari
Data Eksperimen

Reflection Approach of Water Droplet using Linear Least Square Method from
Experimental Data

NIM: 1302140108

Bagus Suhardi

Tugas akhir ini telah diterima dan disahkan untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh
gelar pada Program Studi Sarjana Ilmu Komputasi

Fakultas Informatika

Universitas Telkom

Bandung, 24 Juni 2019

Menyetujui

Pembimbing I

Dr. Putu Harry Gunawan, S.Si, M.Si, M.Sc

NIP: 16860043

Ketua Program Studi

Sarjana Ilmu Komputasi,

Dr. Deni Saepudin, S.Si, M.Si

NIP: 99750013

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya, Bagus Suhardi, menyatakan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir saya dengan judul ” Hampiran Pantulan Water Droplet menggunakan Linear Least Square Method dari Data Eksperimen ” beserta dengan seluruh isinya adalah merupakan hasil karya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Saya siap menanggung resiko/sanksi yang diberikan jika dikemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam buku TA atau jika ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya.

Bandung, 24 Juni 2019

Yang Menyatakan,

Bagus Suhardi

Hampiran Pantulan Water Droplet menggunakan Linear Least Square Method dari Data Eksperimen

Bagus Suhardi¹,Putu Harry Gunawan²

^{1,2}Fakultas Informatika, Universitas Telkom, Bandung

¹bagussuhardi23@gmail.com, ²harry.gunawan.putu@gmail.com,

Abstrak

Dampak tetesan air terhadap waktu droplet adalah fenomena di alam yang diimplementasikan pada dunia industri, dimana waktu kontak antara droplet dan permukaan mempengaruhi transfer massa, momentum dan energi. Untuk memanipulasi dan mengurangi waktu kontak tetesan yang mempengaruhi, publikasi sebelumnya melaporkan penyesuaian mikro permukaan yang mempengaruhi antarmuka permukaan droplet. Pada simulasi tugas akhir ini, akan dibahas mengenai water droplet dengan menggunakan model energi mekanik dan linear least square method, pada bagian pertama penulis akan menunjukkan elastisitas permukaan juga mempengaruhi dampak tetesan, dimana tetesan pada permukaan daun talas dapat menyebabkan pemantulan kembali. Pada bagian kedua penulis akan menjelaskan mengenai pemodelan energi mekanik untuk membuat simulasi dari model yang mempengaruhi pada water droplet. Pada bagian ketiga penulis mendapatkan hasil pemodelan linear least square method. Pembahasan model linear least square method ini akan dihubungkan dengan permasalahan pada dunia industri.

Kata kunci : Water Droplet, Energi Mekanik, Linear Least Square Method, Daun Talas.

Abstract

The impact of water droplets on droplet time is a phenomenon in nature that is implemented in the industrial world, where the contact time between droplets and surfaces affects the transfer of mass, momentum and energy. To manipulate and reduce the contact time of droplets that influence, previous publications report adjustments to surface microstructure that affect the interface of the droplet surface. In this final project simulation, we will discuss water droplets using the mechanical energy model and linear least square method, in the first part the writer will show the surface elasticity also affects the impact of droplets, where droplets on the surface of taro leaves can cause reflections In the second part the writer will explain about mechanical energy modeling to make a simulation of a model that affects water droplets. In the third part, the writer obtained the results of linear least square method. The discussion of this least square method linear model will be related to problems in the industrial world.

Keywords: Water Droplet, Mechanical Energy, Linear Least Square Method, Taro Leaves.

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Water droplet adalah tetesan air yang bertumbukan pada suatu permukaan dengan memiliki arah tujuan tertentu. Sayangnya kejadian ini berlangsung dengan sangat cepat sehingga sulit untuk diamati dengan kasat mata sehingga diperlukan metode khusus untuk mengamatinya. Proses fisik antarmuka dari dua fluida terjadi pada skala waktu dan jarak yang kecil dimana peralatan eksperimen tidak mampu sepenuhnya mengamati fenomena ini. Selain itu, kurangnya akses terhadap bidang kecepatan dan tekanan, hasil percobaan terbatas terutama pada hasil kualitatif, seperti mode pecah atau breakup [2].

Salah satu metode untuk mengamati pergerakan droplet adalah dengan linear least square method. Metode linear least square method adalah prosedur yang paling sesuai untuk menentukan perkiraan linear terbaik, tetapi ada juga pertimbangan teoritis penting yang mendukungnya [4].

Hasil yang didapatkan bahwa metode linear least square method mampu meminimumkan error, tetapi fleksibilitas metode linear least square method penting untuk aplikasi kasus dimana menentukan perkiraan linear terbaik [2].

Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan fenomena water droplet menggunakan energi mekanik. Sedangkan untuk hasil yang telah didapatkan dari energi mekanik akan dihitung menggunakan metode linear least square method untuk mendapatkan linear terbaik.

Topik dan Batasannya

Berikut rumusan masalah yang ingin saya angkat adalah

1. Bagaimana rancangan percobaan/simulasi water droplet untuk mengetahui perbedaan hasil dari berbagai ukuran pipet ?
2. Bagaimana penerapan model regresi linier terhadap hasil simulasi droplet melalui media permukaan daun talas ?
3. Bagaimana cara menghitung data eksperimen yang didapatkan menggunakan linear least square method ?

Tujuan

Berikut adalah tujuan yang ingin dicapai pada penulisan proposal/TA.

1. Untuk membuat rancangan percobaan yang dapat digunakan untuk mengetahui berbagai waktu dan kecepatan dari tetesan ukuran setiap pipet ke permukaan.
2. Untuk membuat model regresi linear dari hasil energi mekanik.
3. Untuk data eksperimen yang telah diperoleh akan dihitung menggunakan model linear least square method.

2. Studi Terkait

2.1 Water Droplet

Water droplet adalah tetesan air yang bertumbukan pada suatu permukaan dengan memiliki tujuan tertentu. Sayangnya kejadian ini berlangsung dengan sangat cepat sehingga sulit untuk diamati dengan kasat mata sehingga diperlukan metode khusus untuk mengamatinya. Proses fisik antarmuka dari dua fluida terjadi pada skala waktu dan jarak yang kecil dimana peralatan eksperimen tidak mampu sepenuhnya mengamati fenomena ini. Selain itu, kurangnya akses terhadap bidang kecepatan dan tekanan, hasil percobaan terbatas terutama pada hasil kualitatif, seperti mode pecah atau breakup [2].

Dinamika dampak tetesan penting dalam banyak proses alami dan aplikasi industri, termasuk anti-icing, semprotan pendingin, dan pencetakan ink-jet. Dampak tetesan diatur oleh aliran fisika kompleks yang timbul dalam tetesan deformasi, memanifestasikan dirinya dalam bentuk droplet lateral menyebar dan memantul. ketika droplet mempengaruhi permukaan, energi kinetiknya diarahkan kembali ke arah lateral, meratakan tetesan dan mengubah energi kinetik menjadi energi potensial[7]. Pada permukaan rendah gesekan, proses konversi energi kinetik ke energi potensial ini sangat efisien, menghasilkan disipasi energi yang minimal karena efek viskositas. Setelah semua energi kinetik diubah menjadi energi potensial yang diratakan, proses konversi energi potensial ke energi kinetik terbalik dimulai, menghasilkan retraksi droplet dan terangkat ke arah vertikal. Total waktu kontak dari dampak awal hingga lepas landas, mempengaruhi massa, momentum dan pertukaran energi antara tetesan dan kepadatan. Oleh karena itu, mencapai kontrol waktu kontak melalui manipulasi aliran fisika menentukan proses transportasi yang terjadi pada antarmuka cair-padat.

Pendekatan sebelumnya ini membutuhkan pembuatan fitur miniatur pada permukaan yang terkena dampak dan bahwa tetesan yang berdampak tepat disejajarkan dengan fitur-fitur ini. Pendekatan penataan permukaan ini bergantung pada droplet sebagai mekanisme penyimpanan energi (energi potensial) selama benturan dan pemantulan. Mengambil inspirasi dari alam (daun), kami mempelajari dinamika dampak tetesan sebagai mekanisme pasif untuk mengontrol dan mengurangi waktu kontak. Pengamatan eksperimental lebih lanjut dan analisis teoritis menjelaskan mekanisme penyimpanan energi dimediasi permukaan yang timbul dari pasangan respon elastis substrat terhadap benturan dan dinamika arus droplet.

Berbeda dengan penelitian sebelumnya, kami menunjukkan bahwa dinamika tetesan dapat diubah dan waktu kontak berkurang dengan memperkenalkan mekanisme penyimpanan energi kedua selama benturan - energi

elastis substrat - selain energi potensial droplet. Kami menyajikan pengetahuan fundamental baru tentang dampak droplet fisika dan memberikan titik awal untuk pendekatan yang lebih canggih untuk meningkatkan kinerja aplikasi berbasis tetesan dengan menggunakan elastisitas substrat untuk mencapai transportasi termal, massa, atau momentum yang ditingkatkan[3].

2.2 Energi Mekanik

Energi mekanik adalah jenis energi transisionalnya disebut kerja atau usaha, sedangkan menurut jenis energi tersimpannya adalah jenis energi potensial atau energi kinetik. Jadi, energi mekanik (E_m) adalah gabungan antara energi kinetik (E_k) dan energi potensial (E_p) yang dimiliki oleh suatu benda. Keduanya dapat diukur dan diperlihatkan dalam bentuk posisi (ketinggian) dan kecepatan. Energi mekanik yang dimiliki oleh suatu benda mempunyai nilai yang tetap jika tidak ada gaya luar yang berkerja pada benda tersebut [6].

$$E_{m1} = E_{m2} \quad (1)$$

$$E_{p1} + E_{k1} = E_{p2} + E_{k2} \quad (2)$$

$$m_1 \cdot g \cdot h_1 + \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot v_1^2 = m_2 \cdot g \cdot h_2 + \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot v_2^2 \quad (3)$$

Dari Pers. (3) di deskripsikan sebagai berikut:

- E_m = energi mekanik (joule)
- m_1 = massa 1(g/ml)
- m_2 = massa 2(g/ml)
- g = gravitasi (cm/s^2)
- v_1 = kecepatan benda (cm/s)
- v_2 = kecepatan benda (cm/s)
- h_1 = ketinggian benda 1(cm)
- h_2 = ketinggian benda 2(cm)

2.3 Daun Talas

Colocasia esculenta (L.) Schott merupakan daun dengan tipe bifasial dengan jaringan palisade terdapat pada permukaan atas daun saja. epidermis daun talas pada umumnya membentuk papil. suatu tonjolan pendek yang menyebabkan daun memiliki penampilan permukaan halus yang khas. Lapisan palisade pada daun talas jumlahnya bervariasi. Variasi juga dijumpai pada ketebalan jaringan palisade dan jaringan bunga karang [1].

2.4 Kecepatan

Kecepatan adalah cepat lambatnya perubahan kedudukan suatu benda terhadap waktu dan merupakan besaran vektor, sehingga memiliki arah tertentu. Kecepatan ini dihubungkan pada water droplet untuk mencari kecepatan dari setiap ukuran diameter tetesan pipet. Hasil yang akan didapatkan akan dihitung menggunakan energi mekanik. Rumus persamaan kecepatan dapat ditulis sebagai berikut. [5]

$$v = \frac{h_1}{t} \quad (4)$$

Dari Pers. (4) di deskripsikan sebagai berikut:

- v = kecepatan (cm/s)

- h_1 = jarak total (cm)
- t = waktu (s)

2.5 Linear Least Square Method

Linear least square method adalah prosedur yang paling sesuai untuk menentukan perkiraan linear terbaik, tetapi ada juga pertimbangan teoritis penting yang mendukungnya. Pendekatan minimum umumnya memberikan terlalu banyak bobot pada sedikit data yang salah dalam kesalahan, sedangkan metode deviasi absolut tidak memberikan bobot yang cukup ke titik yang jauh diluar garis dengan perkiraan. Pendekatan kuadrat terkecil memberikan bobot yang paling besar pada suatu titik yang tidak sejalan dengan data lainnya tetapi tidak akan mengizinkan titik itu untuk sepenuhnya mendominasi perkiraan. Masalah umum pemasangan garis kuadrat terbaik ke kumpulan data (x_i, y_i) melibatkan meminimalkan kesalahan total, untuk menentukan x_i merupakan hasil diameter dari setiap ukuran pipet dan y_i merupakan hasil perhitungan dari model energi mekanik dari setiap diameter pipet, hasil y_i digunakan untuk mencari a_0 dan a_1 . model linear least square method dapat ditulis sebagai berikut. [4]

$$E \equiv E(a_0, a_1) = a_1 x_i + a_0 \quad (5)$$

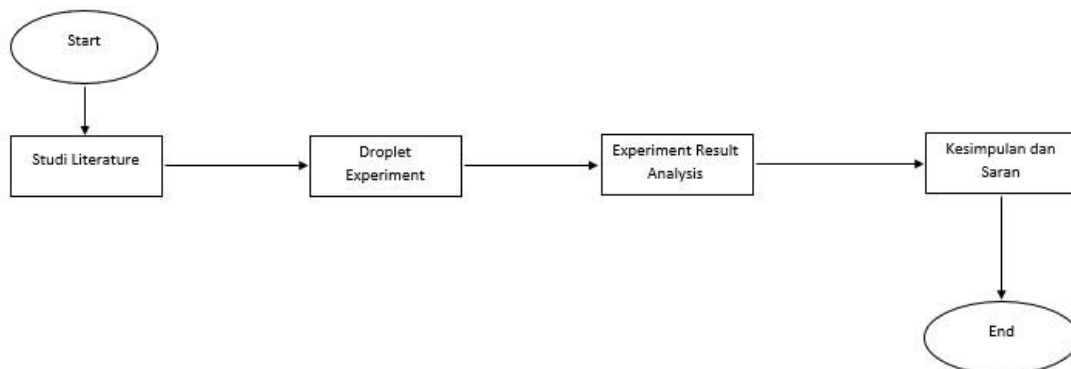
Sehubungan dengan parameter a_0 dan a_1 . Agar mendapatkan hasil linear terbaik, kita membutuhkan keduanya, untuk solusi persamaan ini adalah

$$a_0 = \frac{\sum x_i^2 \sum y_i - \sum x_i y_i \sum x_i}{n(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2} \quad (6)$$

$$a_1 = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2} \quad (7)$$

3. Sistem yang Dibangun

Berikut adalah sistem yang akan di buat.



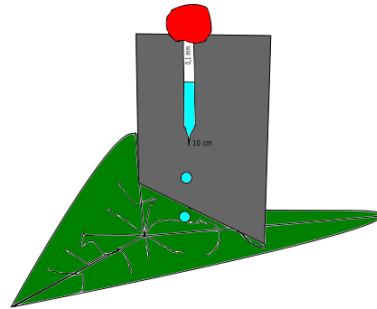
Gambar 1. Sistem Tugas Akhir

Gambar 1 adalah alur sistem tugas akhir yang akan di lakukan oleh penulis. Dimulai dari studi literatur yaitu penulis akan mencari teori-teori dasar terkait dengan eksperimen yang akan dilakukan, kemudian penulis akan menyiapkan alat-alat yang dibutuhkan dan melakukan eksperimen droplet tersebut. Dari hasil eksperimen droplet yang dilakukan, penulis akan melakukan analisa dan memodelkan hasil eksperimen tersebut kedalam model regresi linear.

berikut adalah penjelasan dari sistem yang akan dibuat :

- Studi literatur mempelajari berbagai asumsi dari paper atau buku yang akan di gunakan demi mendapatkan hasil eksperimen yang maksimal.

- Perancangan bentuk gambar, perancangan dalam bentuk gambar disini sangat sesuai karena cukup untuk menggambarkan apa yang akan dibuat dalam eksperimen tersebut, berikut adalah contoh rancangan yang akan dibuat.

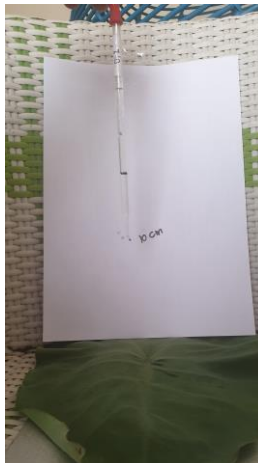


Gambar 2. Bentuk alat orbservasi yang telah digambarkan untuk melakukan eksperimen dalam bentuk nyata.

- Pipet
 - * Diameter= 0.1cm - 0.5cm
 - * Panjang=20cm
- Daun Talas
 - * Diameter= 20cm

Langkah-langkah percobaan, setelah mendesain alat percobaan dapat dilihat dari gambar kemudian di buat alat percobaan tersebut, dan melakukan langkah-langkah percobaan untuk mendapatkan data-data yang dianalisa. Langkah-langkah experiment yang akan dilakukan oleh penulis adalah :

- Siapkan alat percobaan, pada langkah ini persiapkan alat yang akan digunakan yaitu alat orbservasi dapat dilihat dari gambar 2, alat yang digunakan terdiri dari pipet, daun talas, dan air.



Gambar 3. Bentuk alat orbservasi yang akan dilakukan untuk melakukan eksperimen dan untuk mendapatkan data-data yang akan dihitung.

Pada gambar 3 penulis akan melakukan eksperimen yaitu meneteskan air yang ada dipipet sampai ketitik permukaan *Colocasia esculenta* (L.) lalu direkam dengan menggunakan kamera. Sebelum eksperimen dilakukan yaitu hitung jarak dari titik pipet ke titik permukaan dengan jarak 10cm.

Selanjutnya melakukan tetesan dari setiap ukuran pipet 0.1cm - 0.5cm dengan menggunakan air lalu direkam menggunakan kamera untuk mendapatkan waktu dari tetesan dan ketinggian dari droplet bouncing.

- Masukkan media pendorong (air) kedalam pipet ukuran 0.1mm - 0.5mm didalam gayung.



Gambar 4. Media sudah terisi kedalam pipet dengan pengisian setiap pipet minimal 5cm.

Pada gambar 4 pipet yang sudah terisi dengan air akan dilakukan eksperimen dengan meneteskan air pada permukaan *Colocasia esculenta* (L.) dengan jarak 10cm.

- Siapkan media permukaan (*Colocasia esculenta* (L.)), pada bagian ini media ditempatkan dipermukaan rata.



Gambar 5. Media sudah diletakan dipermukaan rata untuk melakukan eksperimen dengan diteteskan air pada setiap pipet di *Colocasia esculenta* (L.).

Pada gambar 5 *Colocasia esculenta* (L.) diletakan dipermukaan seng untuk mendapatkan permukaan yang rata agar mendapatkan droplet bouncing yang bagus.

- Ukur jarak antara pipet dengan media permukaan dengan jarak 10cm.



Gambar 6. Pipet diteteskan dengan jarak 10cm.

Pada gambar 6 pipet yang sudah terisi air akan diteteskan pada permukaan *Colocasia esculenta* (L.) dengan jarak 10cm lalu direkam dengan menggunakan kamera.

- Teteskan air yang ada pada pipet ke media permukaan dengan jarak yang telah ditetapkan.



Gambar 7. Merupakan hasil pipet 0.1cm dengan jarak 10cm.

Hasil dari pipet 0.1cm yang diteteskan dengan jarak 10cm dari permukaan *Colocasia esculenta* (L.) lalu direkam dengan kamera untuk mendapatkan waktu tetesan dan droplet bouncing. Hasil yang didapatkan dengan waktu 18.08 detik dan ketinggian droplet bouncing 0.9cm.

- Lakukan langkah 1-5 dengan menggunakan pipet yang berbeda.



Gambar 8. Merupakan hasil dari pipet 0.5cm dengan jarak 10cm dapat menghasilkan waktu 07.54 detik.

Hasil dari pipet 0.5cm yang diteteskan dengan jarak 10cm dari permukaan *Colocasia esculenta* (L.) lalu direkam dengan kamera untuk mendapatkan waktu tetesan dan droplet bouncing. Hasil yang didapatkan dengan waktu 07.54 detik dan ketinggian droplet bouncing 0.4cm. Lalu penulis melakukan percobaan dari setiap ukuran pipet 0.1cm - 0.5cm.

Proses selanjutnya dari data waktu dan droplet bouncing yang didapat akan dicari nilai kecepatan. Lalu akan dihitung dengan menggunakan rumus 3 untuk mendapatkan hasil perbandingan dari setiap pipet. Setelah mendapatkan hasil dari energi mekanik akan dihitung kembali menggunakan rumus 5 untuk mendapatkan hasil linear dari water droplet.

4. Hasil dan Diskusi

Pada tahap ini dilakukan beberapa percobaan pada ukuran pipet 0.1cm - 0.5cm. Percobaan ini dilakukan untuk mencari nilai regresi linear dari energi mekanik pada percobaan eksperimen.

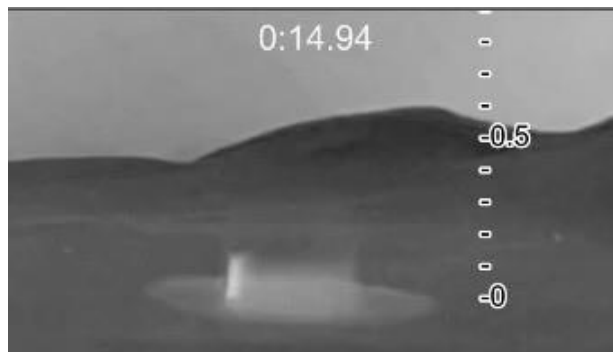
4.1 Percobaan

- Hasil Eksperimen



Gambar 9. Merupakan hasil dari pipet 0.1cm dengan jarak 10cm dapat menghasilkan waktu 18.08 detik, dan mendapatkan jarak pantul droplet 0.9cm

Hasil dari pipet 0.1cm yang ditetaskan dengan jarak 10cm dari permukaan *Colocasia esculenta* (L.) lalu direkam dengan kamera untuk mendapatkan waktu tetesan dan droplet bouncing. Hasil yang didapatkan dengan waktu 18.08 detik dan ketinggian droplet bouncing 0.9cm. Data waktu dan droplet bouncing yang telah didapatkan akan dihitung menggunakan rumus 3 lalu setelah didapatkan hasil tersebut akan dicari hasil linearnya menggunakan rumus 5 untuk mendapatkan perbandingan dari energi mekanik dengan linear least square method.



Gambar 10. Merupakan hasil dari pipet 0.2cm dengan jarak 10cm dapat menghasilkan waktu 14.94 detik, dan mendapatkan jarak pantul droplet 0.7cm

Pipet 0.2cm mendapatkan hasil waktu yang cepat karena memiliki ukuran pipet lebih besar dari 0.1cm dan dalam ketinggian droplet bouncing mendapatkan hasil lebih rendah dari pipet 0.1cm. Dalam percobaan ini pipet 0.2cm ditetaskan dengan jarak 10cm dari permukaan *Colocasia esculenta* (L.) lalu direkam dengan kamera untuk mendapatkan waktu tetesan dan droplet bouncing. Hasil yang didapatkan dengan waktu 14.94 detik dan ketinggian droplet bouncing 0.7cm.

Data waktu dan droplet bouncing yang telah didapatkan akan dihitung menggunakan rumus 3 lalu setelah didapatkan hasil tersebut akan dicari hasil linearnya menggunakan rumus 5 untuk mendapatkan perbandingan dari energi mekanik dengan linear least square method.



Gambar 11. Merupakan hasil dari pipet 0.3cm dengan jarak 10cm dapat menghasilkan waktu 12.64 detik, dan mendapatkan jarak pantul droplet 0.6cm

Pipet 0.3cm memiliki waktu yang singkat dimana dalam ukuran pipet 0.3cm memiliki ukuran lubang pipet yang lebih besar dari 0.2cm dan 0.1cm. Pipet 0.3cm ditetaskan dengan jarak 10cm dari permukaan *Colocasia esculenta* (L.) lalu direkam dengan kamera untuk mendapatkan waktu tetesan dan droplet bouncing. Hasil yang didapatkan dengan waktu 12.64 detik dan ketinggian droplet bouncing 0.6cm.

Data waktu dan droplet bouncing yang telah didapatkan akan dihitung menggunakan rumus 3 lalu setelah didapatkan hasil tersebut akan dicari hasil linearnya menggunakan rumus 5 untuk mendapatkan perbandingan dari energi mekanik dengan linear least square method.



Gambar 12. Merupakan hasil dari pipet 0.4cm dengan jarak 10cm dapat menghasilkan waktu 10.00 detik, dan mendapatkan jarak pantul droplet 0.5cm

Pipet 0.4cm yang ditetaskan dengan jarak 10cm dari permukaan *Colocasia esculenta* (L.) lalu direkam dengan kamera untuk mendapatkan waktu tetesan dan droplet bouncing. Hasil eksperimen yang didapatkan dengan waktu 10.00 detik dan ketinggian droplet bouncing 0.5cm.

Data waktu dan droplet bouncing yang telah didapatkan akan dihitung menggunakan rumus 3 lalu setelah didapatkan hasil tersebut akan dicari hasil linearnya menggunakan rumus 5 untuk mendapatkan perbandingan dari energi mekanik dengan linear least square method.



Gambar 13. Merupakan hasil dari pipet 0.5cm dengan jarak 10cm dapat menghasilkan waktu 07.54 detik, dan mendapatkan jarak pantul droplet 0.5cm

Pipet 0.5mm merupakan bagian akhir dari eksperimen hasil yang didapatkan jelas waktu lebih singkat dan bouncing dropletnya lebih rendah. Cara eksperimennya pipet 0.5cm diteteskan dengan jarak 10cm dari permukaan *Colocasia esculenta* (L.) lalu direkam dengan kamera untuk mendapatkan waktu tetesan dan droplet bouncing. Hasil yang didapatkan dengan waktu 07.54 detik dan ketinggian droplet bouncing 0.4cm.

Data waktu dan droplet bouncing yang telah didapatkan akan dihitung menggunakan rumus 3 lalu setelah didapatkan hasil tersebut akan dicari hasil linearnya menggunakan rumus 5 untuk mendapatkan perbandingan dari energi mekanik dengan linear least square method.

4.2 Data Eksperimen

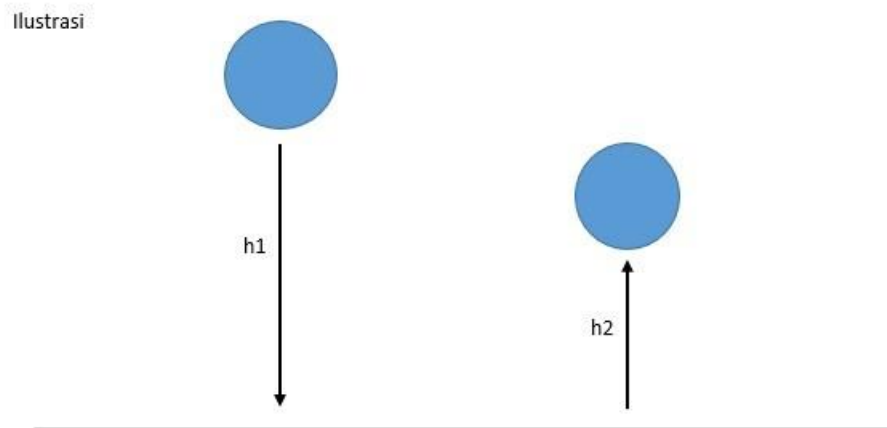
No.	Pipet	Gravitasi(g/cm)	Jarak(h ₁ /cm)	Waktu(t ₁ (cm/s))	Kecepatan(v ₁ (cm/s))	Jarak(h ₂ /cm)
1	0.1	980.6	10	18.08	0.55	0.9
2	0.2	980.6	10	14.94	0.67	0.7
3	0.3	980.6	10	12.64	0.79	0.6
4	0.4	980.6	10	10.00	1.00	0.5
5	0.5	980.6	10	7.54	1.33	0.4

Massa 1(g/ml)	Massa 2(g/ml)	Kecepatan(v ₂ (cm/s))	Waktu (t ₂ (cm/s))
0.056	0.037	0.42	23.65
0.068	0.060	0.64	15.71
0.080	0.074	0.75	13.41
0.095	0.086	0.93	10.81
0.105	0.097	1.23	8.14

Tabel 1. Hasil dari perhitungan kecepatan dan pemantulan dari setiap ukuran pipet.

Pada tabel 1 merupakan data eksperimen dari setiap pipet. Untuk mendapatkan hasil data tabel tersebut penulis mengukur waktu jatuhnya benda dari titik awal sampai titik akhir dan menghitung kecepatan rata-rata. Massa 1 merupakan beban pipet sebelum diteteskan, massa 2 beban pipet setelah diteteskan dengan hanya sekali tetes dan untuk v₂ adalah kecepatan dari water droplet setelah bouncing up. t₁ merupakan waktu water droplet diteteskan dari ujung pipet ke permukaan dan t₂ merupakan waktu water droplet setelah bouncing up. Untuk mencari massa pipet diisi dengan air 3.5cm/ml dihitung dari ujung pipet dan mempunyai volume pipet sebesar 10ml untuk lebih jelas bisa dilihat pada lampiran. Cara untuk mendapatkan data tersebut penulis meneteskan satu tetesan dari setiap ukuran pipet 0.1cm - 0.5cm dari jarak 10cm ke permukaan. Kemudian penulis mendokumentasikan experiment tersebut melalui kamera dan menghitung waktu yang dibutuhkan oleh benda tersebut untuk mencapai ke media permukaan dan untuk menghitung kecepatan rata-rata dengan menggunakan rumus 4.

4.3 Droplet Bouncing



Gambar 14. Ilustrasi Droplet Bouncing dengan jarak h_1 10cm dan h_2 hasil jarak pantul droplet

Pada gambar 14 merupakan hasil ilustrasi dari setiap ukuran pipet 0.1cm - 0.5cm. Untuk mendapatkan hasil ilustrasi tersebut penulis mengamati melalui video. Melalui video tersebut penulis mengetahui perbedaan timbal balik benda (air) dari pipet 0.1cm - 0.5cm.

4.4 Linear Least Square Method

No.	x_i	y_i	x_i^2	$x_i * y_i$
1	0.1	751.1694	0.01	75.1169
2	0.2	841.4295	0.04	168.2859
3	0.3	982.9849	0.09	294.8955
4	0.4	1187.5352	0.16	475.0141
5	0.5	1405.2317	0.25	702.6159
jumlah	1.5	5168.351	0.55	1715.9282

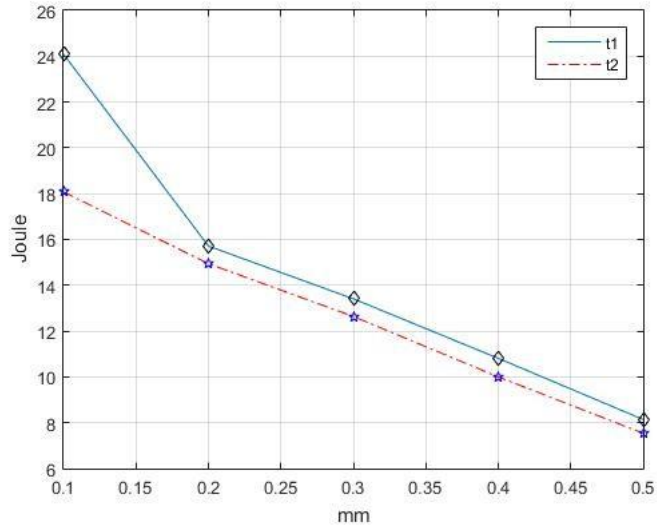
Tabel 2. Hasil dari perhitungan Linear Least Square Method

Pada tabel 2 merupakan hasil yang telah didapatkan dari least square method untuk menghitung a_1 dan a_0 . x_i adalah ukuran dari setiap pipet, y_i adalah hasil perhitungan dari rumus 3. x_i^2 merupakan hasil perkalian, $x_i * y_i$ merupakan hasil perkalian dari pipet dikalikan dengan energi mekanik dari setiap ukuran pipet.

4.5 Simulasi

Setelah melakukan percobaan, dibuat simulasi menggunakan persamaan 5 dan menghasilkan hasil simulasi berupa grafik, berikut adalah grafik-grafik yang di hasilkan matlab.

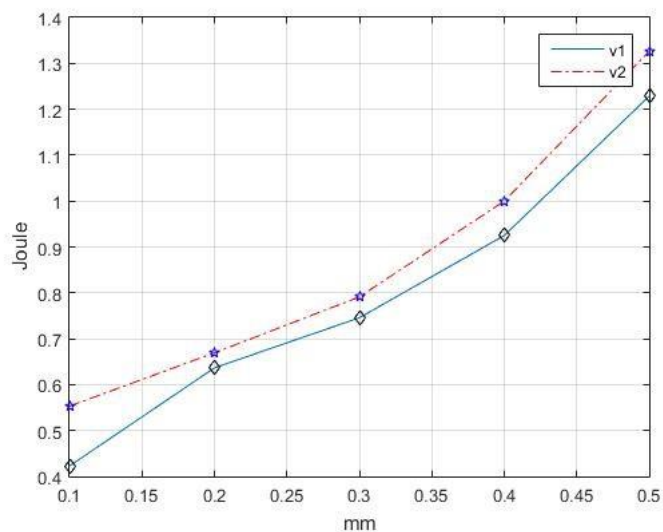
– Waktu



Gambar 15. Grafik waktu pada setiap tetesan ukuran pipet.

Gambar 15 merupakan grafik perbandingan waktu dari setiap ukuran pipet 0.1cm - 0.5cm. t1 merupakan waktu dari tetesan awal sebelum bertumbuk ke permukaan dan t2 merupakan setelah setelah droplet bouncing up. Untuk mendapatkan hasil grafik tersebut penulis menggunakan matlab. Kemudian penulis membandingkan waktu sebelum bouncing up dan setelah bouncing up yang ditempuh dari setiap ukuran pipet 0.1cm - 0.5cm.

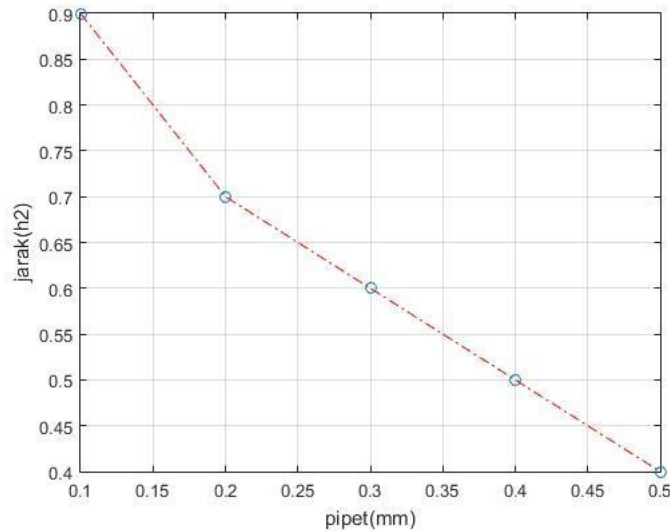
– Kecepatan



Gambar 16. Grafik kecepatan pada setiap ukuran pipet.

Gambar 16 merupakan grafik perbandingan kecepatan dari setiap ukuran pipet 0.1cm - 0.5cm. v_1 merupakan hasil kecepatan awal dari tetesan pipet dan v_2 merupakan kecepatan setelah droplet bouncing up. Untuk mendapatkan hasil grafik tersebut penulis menghitung menggunakan matlab. Kemudian penulis membandingkan kecepatan sebelum bouncing up dan setelah bouncing up yang ditempuh dari setiap ukuran pipet 0.1cm - 0.5cm dengan jarak 10cm.

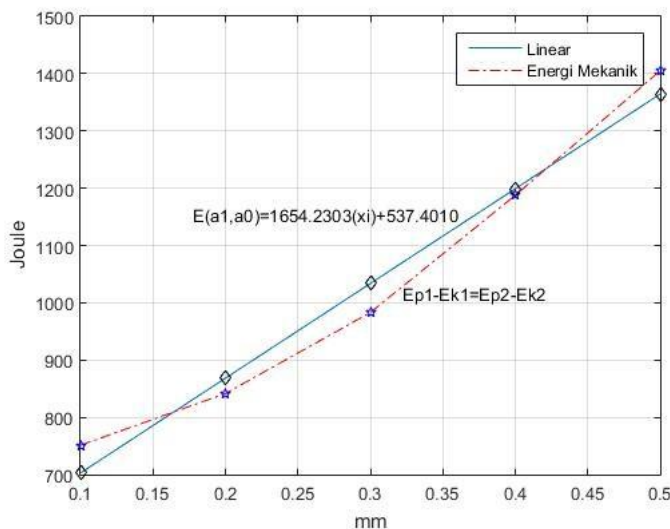
- Droplet Bouncing



Gambar 17. Grafik droplet bouncing pada setiap ukuran pipet.

Gambar 17 merupakan grafik perbandingan droplet bouncing dari setiap ukuran pipet 0.1cm - 0.5cm. Untuk mendapatkan hasil grafik tersebut penulis menggunakan matlab. Kemudian penulis membandingkan pemantulan yang ditempuh dari setiap ukuran pipet 0.1cm - 0.5cm dengan jarak 10cm.

- Linear Least Square Method



Gambar 18. Hasil grafik dari perhitungan energi mekanik dan linear least square method

Gambar 18 merupakan grafik hasil dari data eksperimen yang dihitung menggunakan rumus 5. Untuk mendapatkan hasil grafik tersebut penulis menggunakan aplikasi matlab.

No.	x_i	$E(x_i)=1654.2303*x_i+537.4010$
1	0.6	1.5299
2	0.7	1.6954
3	0.8	1.8608
4	0.9	2.0262
5	1.0	2.1916

Tabel 3. Hasil dari perhitungan linear least square method dari setiap ukuran pipet selanjutnya. x_i adalah setiap ukuran pipet dan $E(x_i)=1654.2303*x_i+537.4010$ adalah untuk menghitung linear dari setiap ukuran pipet.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil percobaan dan simulasi yang telah dilakukan mendapat kesimpulan bahwa :

No.	x_i	y_i	x_i^2	x_i*y_i	$E(x_i)=a_1*(x_i)+a_0$
1	0.1	751.1694	0.01	75.1169	0.7028
2	0.2	841.4295	0.04	168.2859	0.7028
3	0.3	982.9849	0.09	294.8955	1.0337
4	0.4	1187.5352	0.16	475.0141	1.1991
5	0.5	1405.2317	0.25	702.6159	1.3645

Eksperimen water droplet telah dilakukan dengan model linear least square method. Eksperimen ini terbagi menjadi 2 kasus. kasus pertama, dari setiap pipet ditetaskan ke permukaan dengan model energi mekanik . Kasus kedua, data hasil eksperimen akan dihitung dengan model linear least square method. Dari hasil yang telah didapatkan, model linear least square method dilakukan dengan membandingkan grafik dengan energi mekanik dan menunjukan hasil yang baik. Untuk percobaan selanjutnya fenomena water droplet, disarankan untuk permukaan diganti dengan bahan seng,ember atau permukaan yang bisa memantulkan air dan jarak pipet ke permukaan bisa lebih tinggi lagi.

Daftar Pustaka

- [1] D. Dorly and Y. C. Sulistyaningsih. Anatomi daun beberapa talas liar (*colocasia esculenta* (l.) schott dari kabupaten bogor. Caraka Tani: Journal of Sustainable Agriculture, 22(1):6–11, 2018.
- [2] D. Kurniawan, E. Budiana, D. Deendarlianto, and I. Indarto. Simulasi numerik fenomena single droplet menggunakan metode volume hingga dan front-tracking. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, 15(2):84–91, 2018.
- [3] D. Richard and D. Quéré. Bouncing water drops. EPL (Europhysics Letters), 50(6):769, 2000.
- [4] A. M. Richard L.Burden, J.Douglas Faires. Numerical analysis. pages 506–509, 2014.
- [5] H. H. Setya Nurachmandani, Budi Wahyono. Fisika 1 : Untuk sma/ma kelas x. pages 40–41, 2009.
- [6] E. Umar. Buku Pintar Fisika. Niaga Swadaya, 2008.
- [7] P. B. Weisensee, J. Tian, N. Miljkovic, and W. P. King. Water droplet impact on elastic superhydrophobic surfaces. Scientific reports, 6:30328, 2016.

Lampiran

Massa water droplet pada data eksperimen

Pipet	Massa (m_1)	Volume(ml)	Massa jenis (p_1)	Massa (m_2)	Massa jenis (p_2)
0.1	0.56	10	0.056	0.37	0.037
0.2	0.68	10	0.068	0.60	0.060
0.3	0.80	10	0.080	0.74	0.074
0.4	0.95	10	0.095	0.86	0.086
0.5	1.05	10	0.105	0.97	0.097

Tabel 4. Hasil massa dari sebelum ditetaskan dan sesudah ditetaskan.

Pada tabel 4 merupakan massa jenis air yang akan dihitung menggunakan energi mekanik. p_1 merupakan massa jenis air yang sebelum ditetaskan dan p_2 merupakan massa jenis air yang telah ditetaskan. Untuk volume 10ml karena menggunakan 1 jenis pipet tetapi diameter ujung pipetnya berbeda-beda. Rumus persamaan massa jenis air dapat ditulis sebagai berikut. [5]

$$p = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} \quad (8)$$

Dari Pers. (8) di deskripsikan sebagai berikut:

- p = massa jenis air (g/ml)
- massa = massa (g)
- volume= volume (ml)



Gambar 19. timbangan massa pipet diameter 0.4cm yang sudah terisi air

Gambar 19 merupakan berat pipet 0.4cm yang telah diisi air dan ditimbang, lalu akan dihitung massa jenis air yang ada pada pipet tersebut.