

## **PENERAPAN MAXWELL-BOLTZMAN PADA VISKOSITAS BERBASIS SENSOR INFRARED**

*Application of Maxwell-Boltzman to Viscosity Based on Infrared Sensors*

**Armando Bachtiar**

Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka  
[armandobachtiar0@gmail.com](mailto:armandobachtiar0@gmail.com)

**Riyadnita Putri Aratri**

Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka  
[riyadnitaputri@gmail.com](mailto:riyadnitaputri@gmail.com)

**Imas Ratna Ermawati**

Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka  
[imasratna\\_re@uhamka.ac.id](mailto:imasratna_re@uhamka.ac.id)

### **ABSTRACT**

*This study aims to determine a particle distribution using the Maxwell-Boltzmann distribution. The research was conducted at the Physics Education Laboratory of FKIP UHAMKA. The method used is a quantitative method, because this research is in accordance with the characteristics of the method, namely systematic, planned, structured, and concrete data used. This is evidenced by data collection using infrared sensors that produce numerical data of time. In this study, the Maxwell-Boltzmann distribution function that has been adjusted to its needs is used to calculate the fluid flow rate as a data analysis technique from the tested samples. From the results of the study, it can be known how thick or how large the viscosity of a fluid is in cooking oil, sunlight, and soapy water samples. This study provides a new understanding of the application of Maxwell-Boltzmann theory in viscosity measurement using infrared sensors, which can be useful for the development of more accurate and efficient viscosity measurement methods.*

**Keywords:** *Infrared Sensors, Maxwell-Boltzmann, Viscosity*

### **ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan sebuah distribusi partikel dengan menggunakan distribusi Maxwell-Boltzmann. Penelitian dilakukan di Laboratorium Pendidikan Fisika FKIP UHAMKA. Metode yang digunakan adalah metode kuantitatif, karena penelitian ini sesuai dengan karakteristik dari metode tersebut yakni sistematis, terencana, terstruktur, dan konkret data yang digunakannya. Hal ini dibuktikan dengan pengumpulan data menggunakan sensor infrared yang menghasilkan data numerik waktu. Pada penelitian ini, digunakan fungsi distribusi Maxwell-Boltzmann yang sudah disesuaikan kebutuhannya untuk menghitung laju aliran fluida sebagai teknik analisis data dari sampel yang telah diuji. Dari hasil penelitian tersebut dapat diketahui seberapa kental atau seberapa besar viskositas dari sebuah fluida pada sampel minyak goreng, sunlight, dan air sabun. Penelitian ini memberikan pemahaman baru tentang penerapan teori Maxwell-Boltzmann dalam pengukuran viskositas menggunakan sensor infrared, yang dapat bermanfaat untuk pengembangan metode pengukuran viskositas yang lebih akurat dan efisien.



**Kata Kunci:** *Maxwell-Boltzmann, Sensor Infrared, Viskositas*

## A. PENDAHULUAN

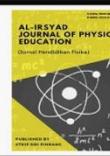
Fisika merupakan salah satu bidang ilmu pengetahuan alam yang mempelajari mengenai fenomena fisik dikeseharian manusia dalam memecahkan permasalahan yang semakin kompleks seiring dengan perkembangan zaman (Nurnaifah et al., 2022). Salah satu bidang yang selalu berkembang adalah pemahaman tentang pergerakan partikel dalam suatu sistem, yang dapat diterapkan pada berbagai aspek kehidupan (Deda B., et al, 2022). Dalam kaitannya dengan fisika, salah satu fenomena penting adalah viskositas, yang berkaitan dengan sifat aliran fluida (Habiburrohman, 2020). Oleh karena itu, pendidikan yang kuat dalam ilmu fisika menjadi landasan esensial untuk menghadapi tantangan dan peluang pada saat ini.

Viskositas adalah ilmu yang mengukur sejauh mana suatu zat cair mengalir dengan perlawanan terhadap gaya. Dengan kata lain, viskositas ini sebagai besaran kekentalan suatu fluida atau zat cair. Dalam penelitian ini yang menjadi zat cairnya yakni (minyak, sunlight, dan air sabun) (Pratama, 2020). Alat yang digunakan

untuk mengetahui nilai viskositas ini disebut dengan viskometer. Dengan alat tersebut, kita dapat mengetahui kualitas dari suatu zat cair yang diuji cobakan. Dalam penelitian biasa dilakukan pengambilan data berupa perhitungan waktu bola jatuh melalui zat cairnya, hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan prinsip Hukum Stokes.

Pada penelitian ini, peneliti akan menggunakan alat viskometer yang telah dikembangkan menggunakan sensor *infrared* sebagai penangkap waktu bolah jatuh didalam zat cair. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Habiburrohman, 2020), menurutnya metode bola jatuh yang dilakukan secara manual memiliki kesulitan dikarenakan pergerakan bola yang terlalu cepat membuat data waktu yang dihasilkan kurang akurat. Dengan begitu, digunakanlah sensor yang dapat menangkap data waktu dengan akurat yakni salah satunya sensor *infrared*.

Selanjutnya menurut (Rahmani et al., 2022), penggunaan alat praktikum viskositas yang diintegrasikan dengan Arduino dapat memudahkan penggunaanya dalam melakukan



percobaan maupun penelitian. Hal ini ditunjukkan dengan nilai kelayakan alat rata-rata sebesar 87%. Menurut (Pratama, 2020) pada penelitiannya yang berjudul “Rancang Bangun Viskometer Digital Dengan Metode *Hoppler* Menggunakan Sensor Magnet Berbasis Arduino Mega” ini menyatakan bahwa pengujian pada 3 jenis zat cair yang digunakan (aquades, minyak goreng, dan oli) memiliki penyimpangan data hal ini disebabkan karena adanya faktor tabung alat yang terbatas sehingga sensor yang digunakan mengoreksi kecepatan bola magnet jatuh didalam zat cair yang diuji.

Memahami viskositas sangat penting dalam berbagai aplikasi, termasuk industri, ilmu kedokteran, dan teknologi penerbangan. Salah satu pendekatan yang digunakan untuk menggambarkan distribusi kecepatan partikel dalam suatu sistem adalah dengan menggunakan distribusi Maxwell-Boltzmann

Maxwell-Boltzmann adalah teori statistik fisika yang digunakan untuk menggambarkan distribusi kecepatan partikel dalam suatu sistem. Teori ini telah terbukti sangat berguna dalam berbagai aplikasi fisika, terutama dalam menjelaskan sifat-sifat gas dan

distribusi energi kinetik partikel-partikel dalam gas. Dalam konteks viskositas, penggunaan teori Maxwell-Boltzmann dapat memberikan pemahaman yang lebih dalam tentang bagaimana partikel-partikel dalam suatu fluida bergerak dan berinteraksi. Namun, untuk menerapkan teori ini dalam pengukuran viskositas, diperlukan metode yang canggih dan akurat.

Penggunaan teknologi sensor *infrared* menjadi relevan dalam konteks ini. Sensor *infrared* memiliki kemampuan untuk mendeteksi berbagai parameter termal dalam suatu sistem, dan penggunaannya dalam pemantauan viskositas dapat memberikan keuntungan signifikan dalam pemahaman dan pengukuran sifat-sifat fluida (Yuda, 2023). Dengan demikian, penelitian ini akan mengkaji penerapan teori Maxwell-Boltzmann dalam pengukuran viskositas berbasis sensor *infrared*. Penelitian ini akan mencoba menggambarkan distribusi kecepatan partikel-partikel dalam fluida dengan menggunakan data dari sensor *infrared*, dengan demikian memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang sifat viskositas dalam berbagai kondisi.

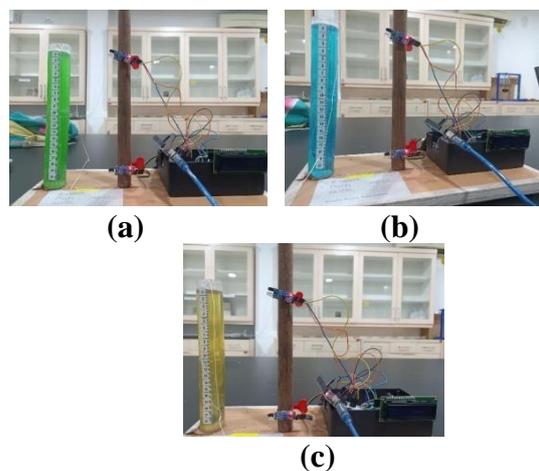
Pada tahap lebih khusus, penelitian ini akan mencakup eksperimen dengan menggunakan sensor *infrared* untuk mengukur viskositas dalam berbagai situasi. Selain itu, peneliti menggunakan percobaan bola jatuh yang diselaraskan dengan sensor *infrared* untuk menentukan nilai waktu bola jatuh. Hal ini bertujuan agar perhitungan yang dilakukan lebih akurat serta saat dilakukannya perhitungan menggunakan distribusi Maxwell-Boltzmann dapat lebih jelas dan mudah dipahami. Dengan berkembangnya teknologi dan pemahaman yang lebih dalam tentang sifat-sifat fluida, diharapkan penelitian ini akan memberikan kontribusi penting dalam pemecahan permasalahan terkait viskositas, serta mendorong pengembangan sensor *infrared* untuk aplikasi lebih lanjut dalam ilmu pengetahuan.

## B. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kuantitatif. Pada metode ini banyak menggunakan angka, mulai dari proses pengumpulan data hingga penjabaran atau penafsirannya. Alasan menggunakan metode kuantitatif ini karena judul dari penelitian ini sesuai dengan karakteristik dari metode

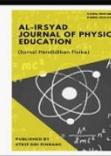
tersebut yakni sistematis, terencana, terstruktur, dan konkret data yang digunakan. Hal ini dibuktikan dengan pengumpulan data menggunakan sensor *infrared* yang menghasilkan data numerik waktu yang kemudian dianalisis menggunakan persamaan Maxwell-Boltzmann. Dengan demikian metode kuantitatif dipilih karena sesuai dengan sifat data penelitian yang bersifat numerik.

Dari penelitian ini terdapat beberapa data sebagai sampel percobaan yang digunakan. Hal ini ditunjukkan pada gambar berikut.



**Gambar 1. (a) sampel Sunlight; (b) sampel air sabun; (c) sampel minyak goreng**

Objek penelitian yang digunakan adalah sampel minyak goreng, sunlight, dan air sabun. Pemilihan bahan-bahan ini didasarkan pada perbedaan viskositas yang signifikan diantara ketiganya, yang



memungkinkan untuk mengamati variasi dalam distribusi Maxwell-Boltzmann. Selain itu, bahan-bahan ini mudah diperoleh dan aman untuk digunakan dalam eksperimen laboratorium

Rumus Maxwell-Boltzmann sendiri tidak secara langsung digunakan untuk menghitung viskositas dalam konteks sensor *infrared*. Model Maxwell-Boltzmann menggambarkan distribusi kecepatan laju alir molekul dalam suatu gas dan digunakan dalam fisika statistika (Imas Ratna E, 2023). Namun, dapat diintegrasikan prinsip-prinsip fisika dengan data spektrum *infrared* untuk mengembangkan metode dalam mengukur viskositas dengan berbasis sensor *infrared*.

Pada penelitian ini, peneliti menggunakan fungsi distribusi Maxwell-Boltzmann yang sudah disesuaikan kebutuhannya untuk menghitung laju aliran fluida. Persamaan ini dituliskan dengan (Viridi et al., 2010):

$$dN_v = Nf(v)dV$$

$$f(v) = 4\pi \left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{\frac{3}{2}} v^2 \exp\left(-\frac{mv^2}{2kT}\right)$$

Dimana,  $f(v)$  ini sebagai fungsi distribusi Maxwell-Boltzmann pada laju alir fluida. Dengan begitu, kita

dapat menentukan hasil fungsi dari distribusi Maxwell-Boltzmann.

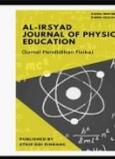
### C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian dari beberapa sampel yang digunakan, peneliti mendapatkan data tunggal berupa massa benda yang digunakan sebesar 10g, panjang lintasan 20cm, dan suhu ruang sebesar 27°C. Selain itu, terdapat data berulang yakni berupa waktu tempuh aliran fluida yakni:

**Tabel 1. Waktu alir fluida**

Nama Sampel	Waktu (ms)
<b>Sunlight</b>	t1 = 1009 ms
	t2 = 1088 ms
	t3 = 1821 ms
<b>Minyak Goreng</b>	t1 = 612 ms
	t2 = 614 ms
	t3 = 1750 ms
<b>Air Sabun</b>	t1 = 457 ms
	t2 = 539 ms
	t3 = 1564 ms

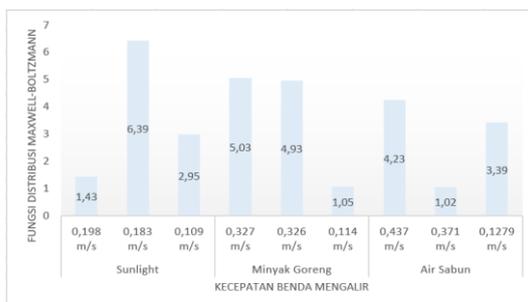
Dari tabel 1 diatas, menunjukkan bahwa sunlight memiliki waktu tempuh aliran fluida yang lebih lama dibandingkan dengan dua sampel lainnya. Dengan data tersebut juga dapat dicari hasil fungsi distribusi dari Maxwell-Boltzmann. Hal ini ditunjukkan dengan tabel hasil perhitungan sebagai berikut.



**Grafik 1. Waktu alir fluida**

Dari grafik 1 diatas dapat dilihat bahwa pada sumbu waktu alir ( $t$ ), urutan waktu alir dari yang tercepat hingga terlama adalah air sabun, minyak goreng, lalu sunlight. Semakin besar nilai  $t$  mengindikasikan laju aliran yang semakin lambat pada zat cair tersebut.

Sedangkan pada sumbu  $f(v)$ , nilainya menggambarkan probabilitas atau peluang untuk menemukan molekul pada kecepatan tertentu  $v$ . Semakin tinggi nilai  $f(v)$  suatu zat cair pada  $v$  tertentu, maka semakin banyak molekul dalam zat cair itu yang memiliki kecepatan  $v$ .



**Grafik 2. Laju alir fluida**

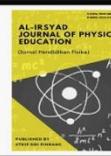
Dari grafik 2 diatas dapat dilihat bahwa pada sumbu laju alir ( $v$ ), terlihat bahwa urutan laju dari yang tercepat hingga terlambat adalah air

sabun, minyak goreng, lalu sunlight. Nilai  $v$  lebih tinggi menunjukkan zat cair tersebut mengalir lebih cepat di dalam pipa kapiler.

Sedangkan pada sumbu  $f(v)$ , menggambarkan probabilitas atau peluang menemukan molekul pada kecepatan  $v$  tertentu. Semakin tinggi nilai  $f(v)$  pada  $v$  tertentu, berarti molekul lebih banyak dijumpai pada kecepatan itu.

Penelitian ini perlu dilakukan karena memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang hubungan antara viskositas fluida dan distribusi kecepatan molekulnya. Dengan menggunakan sensor infrared dan analisis Maxwell-Boltzmann, kita dapat mengukur dan memahami karakteristik fluida dengan lebih akurat. Manfaat dari penelitian ini termasuk:

1. Pengembangan metode pengukuran viskositas yang lebih presisi dan efisien.
2. Peningkatan pemahaman tentang perilaku molekuler fluida dalam berbagai kondisi.
3. Potensi aplikasi dalam industri, seperti pengembangan pelumas atau optimalisasi proses yang melibatkan aliran fluida.



- Kontribusi pada pengembangan teori fisika statistik dan mekanika fluida

#### D. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini telah berhasil menerapkan teori Maxwell-Boltzmann dalam pengukuran viskositas berbasis sensor infrared. Melalui analisis laju alir dan distribusi kecepatan molekul pada tiga jenis cairan yang berbeda, diperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang karakteristik viskositas fluida dan perilaku molekulernya.

Hasil penelitian menunjukkan adanya korelasi yang signifikan antara viskositas fluida dan distribusi kecepatan molekulnya. Penggunaan sensor infrared terbukti meningkatkan akurasi pengukuran, memberikan data yang lebih reliable untuk analisis lanjutan. Berdasarkan temuan-temuan tersebut, dapat ditarik beberapa kesimpulan utama:

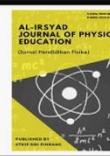
- Laju alir fluida berbanding terbalik dengan viskositasnya. Urutan viskositas dari tertinggi ke terendah adalah sunlight, minyak goreng, dan air sabun.
- Distribusi kecepatan molekul ketiga zat cair, yang dihitung menggunakan persamaan Maxwell-

Boltzmann, menunjukkan perbedaan karakteristik sesuai dengan viskositas masing-masing.

- Penggunaan sensor infrared dalam pengukuran waktu alir fluida meningkatkan akurasi data yang diperoleh.
- Penerapan teori Maxwell-Boltzmann pada pengukuran viskositas berbasis sensor infrared memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang perilaku molekuler fluida.

Saran bagi peneliti selanjutnya adalah untuk lebih memanfaatkan sensor infrared dalam pengukuran otomatis pada sistem aliran pipa kapiler. Hal ini akan memungkinkan pengumpulan data yang lebih akurat dan dalam jumlah yang lebih besar. Eksplorasi berbagai parameter seperti panjang dan diameter pipa, jenis cairan, dan suhu operasi juga penting dilakukan untuk memperluas pemahaman tentang perilaku fluida.

Berdasarkan data yang diperoleh dari sensor infrared dan analisis Maxwell-Boltzmann, pengembangan model prediktif viskositas dapat menjadi fokus penelitian berikutnya. Selain itu, validasi rumusan matematis yang lebih akurat terkait hukum viskositas dan mekanika fluida



berdasarkan hasil penelitian ini perlu dilakukan. Penerapan metode ini pada berbagai jenis fluida akan memperluas cakupan penelitian dan meningkatkan relevansinya dalam konteks industri.

Dengan melanjutkan penelitian dalam arah-arrah tersebut, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih komprehensif tentang perilaku fluida dan pengembangan aplikasi praktis yang lebih luas dalam berbagai bidang industri dan teknologi.

#### E. DAFTAR PUSTAKA

- Bungmeiram Deda, M., & Dali Purwanto, T. (2022). *Sistem Pengukuran Viskositas Fluida Secara Digital Menggunakan Sensor Efek Hall Ugn 3503 Berbasis Nodemcu Esp8266*. [Http://Conference.Binadarma.Ac.Id/Index.Php/Bdces](http://conference.binadarma.ac.id/index.php/bdces)
- Cahya Pratama, R. (2020). *Design Of Digital Viscometer With The Hoppler Method Using Magnetic Sensor Based On Arduino Mega*. [Http://Etd.Repository.Ugm.Ac.I/](http://etd.repository.ugm.ac.id/)
- Imas Ratna .E, M. P. (2023). *Statistik Maxwell-Boltzman*.
- Nurnaifah, I. I., Akhfar, M., & Nursyam, N. (2022). Pengaruh Gaya Belajar terhadap Hasil Belajar Fisika Siswa. *Al-Irsyad Journal of Physics Education*, 1(2), 84-92.
- Rahmani, Y., Hamdani, D., & Risdianto, E. (2022). *Amplitudo : Jurnal Ilmu Pembelajaran Fisika Pengembangan Alat Peraga Eksperimen Fisika Dasar 1 Pada Materi Viskositas Fluida*.
- Said, S., Nurnaifah, I. I., & Saleh, S. M. (2023). UPAYA PENINGKATAN MOTIVASI BELAJAR FISIKA MELALUI PEMBERIAN REWARD PESERTA DIDIK SMKN 3 PINRANG PASCA COVID. *Al-Irsyad Journal of Physics Education*, 2(2), 94-104.
- Viridi, S., Khotimah, S. N., & Novitrian, D. (2010). *Catatan Kuliah Fisika Statistik*.
- Wahid Habiburrohman, A. (2020). Rancang Bangun Alat Viskositas Zat Cair Menggunakan Sensor Inframerah Sebagai Detektor Waktu Pada Praktikum Viskositas Zat Cair Matakuliah Fisika Dasar. In *Jurnal Penelitian Dan Pembelajaran Fisika Indonesia* (Vol. 2, Issue 2).
- Yuda. (2023, December 27). *Mengenal Sensor Inframerah, Fungsi Dan Cara Kerjanya*.