

Research Article

## Mikrokontroler untuk Mengukur Kecepatan Kereta Api sebagai Sumber Belajar Mahasiswa Fisika

*Microcontroller for Measuring Train Speed as a Learning Resource for Physics Students*

Imas Ratna Ermawati\*, Martin, Tri Isti Hartini, Sugianto Arjo, Supriyatna, Reza Annisa Salsabilla

Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. HAMKA, Jakarta 13830 Indonesia

\*E-mail Korespondensi: [imas\\_re@uhamka.ac.id](mailto:imas_re@uhamka.ac.id)

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Submitted : 7 January 2023

Revised : 9 January 2023

Accepted : 21 February 2023

Published : 26 February 2023

#### Keywords:

Arduino Uno

Complex Number

Uniform Straight Motion

### ABSTRACT

The simulation of uniform straight motion using a miniature train based on the Arduino Uno has been carried out to determine velocity through a complex number approach. The experiment was conducted repeatedly at the same distance to obtain a constant velocity. The equation used to determine the velocity of the train is the application of complex number  $a + ib$  with the function  $t, z = x + iy = \frac{i+2t}{t-1}$  in variation of power. The results show that the velocity of the trains obtained has the same value, thus proving that the uniform straight motion is valid with the same acceleration which is zero ( $a=0$ ) in this experiment.

### ABSTRAK

#### Kata kunci:

Arduino Uno

Bilangan Kompleks

Gerak Lurus Beraturan

Simulasi Gerak Lurus Beraturan menggunakan miniatur kereta api berbasis mikrokontroler arduino uno telah dilakukan untuk menentukan kecepatan melalui pendekatan bilangan kompleks. Percobaan dilakukan secara berulang pada jarak tempuh yang sama untuk memperoleh kecepatan konstan. Persamaan yang digunakan untuk menentukan kecepatan kereta adalah penerapan dari bilangan kompleks  $a + ib$  dengan fungsi  $t, z = x + iy = \frac{i+2t}{t-1}$  dengan variasi daya. Hasil menunjukkan bahwa kecepatan kereta yang diperoleh memiliki nilai yang sama, sehingga membuktikan GLB pada percobaan ini berlaku dengan hasil percepatan ( $a$ ) yang sama yaitu bernilai nol ( $a = 0$ ).

## Pendahuluan

Mikrokontroler merupakan sebuah chip atau IC yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronika. Di dalam mikrokontroler terdapat sebuah prosesor dan *flash* memori yang dapat dibaca/tulis sampai 1000 kali, sehingga biaya pengembangannya menjadi murah karena program dapat dihapus kemudian diisi kembali dengan program lainnya sesuai kebutuhan. Mikrokontroler umumnya terdiri dari CPU (*Central Processing Unit*), memori *input* atau *output* tertentu dan unit pendukung seperti pengubah analog ke digital (*Analog To Digital Converter* atau ADC) yang sudah terintegrasi di dalamnya.<sup>1</sup> Sistem mikroprosesor lengkap yang terkandung di dalam sebuah chip. Mikrokontroler berbeda dari mikroprosesor serba guna yang digunakan dalam sebuah PC, karena di dalam sebuah mikrokontroler umumnya telah terdapat komponen pendukung sistem minimal mikroprosesor, yakni memori dan antarmuka I/O,

bahkan ada beberapa jenis mikrokontroler yang memiliki fasilitas ADC, PLL, EEPROM dalam satu kemasan, sedangkan di dalam mikroprosesor umumnya hanya berisi CPU saja.<sup>2</sup>

Alat yang dimodifikasi tersebut masih menggunakan komputer sebagai pengendali alat dan penampil data. Selanjutnya alat tersebut dikembangkan terus dengan menggunakan mikrokontroler yang menggantikan posisi komputer.<sup>1</sup> Penggunaan mikrokontroler selain praktis, komponen ini ringan dan tidak menggunakan tempat yang luas. Dengan demikian alat menjadi mudah dipindahkan dan dioperasikan di mana saja.<sup>1</sup> Hal ini sangat menguntungkan jika menggunakan mikrokontroler untuk menghitung suatu penelitian dalam fisika matematika, salah satunya dalam perhitungan bilangan kompleks. Bilangan kompleks adalah salah satu metode pada analisis numerik dalam penyelesaian persamaan diferensial. Pemanfaatan mikrokontroler sangat perlu untuk alat-alat percobaan yang membutuhkan ketelitian dan keakuratan pengukuran yang tinggi. Salah satunya percobaan simulasi kecepatan kereta api untuk menetapkan waktu dan jarak.<sup>3</sup>

Metode bilangan kompleks merupakan salah satu cara analitis untuk menyatakan vektor posisi, kecepatan dan percepatan dalam bentuk bilangan kompleks.<sup>4,5</sup> Langkah pertama yang perlu dilakukan adalah menentukan vektor posisi dari titik-titik yang akan dianalisis, kemudian menentukan vektor kecepatan dan percepatan dengan cara diferensiasi terhadap waktu. Setelah itu dilakukan, maka dapat dibuat algoritma dan kemudian persamaan matematika yang dihasilkan dimasukkan dalam program komputer.<sup>6</sup> Pada perancangan dan pembuatan tugas akhir ini digunakan jenis papan arduino Uno R3. Arduino Uno adalah sebuah board mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega 328 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Papan Arduino Uno R3.

Bilangan kompleks dalam matematika adalah bilangan yang disebut juga bagian riil dari bilangan kompleks. Bilangan kompleks dapat ditambah, dikurang, dikali, dan dibagi seperti bilangan riil. Namun bilangan kompleks juga mempunyai sifat-sifat tambahan yang menarik. Misalnya, setiap persamaan aljabar polinomial mempunyai solusi bilangan kompleks, tidak seperti bilangan riil yang hanya memiliki sebagian.<sup>7</sup> Bilangan kompleks mempunyai hubungan korespondensi satu-satu dengan titik-titik pada satu bidang yang dinamakan bidang kompleks.

Kecepatan adalah besaran vektor yang menunjukkan seberapa cepat benda berpindah. Besar dari vektor ini disebut dengan kelajuan dan dinyatakan dalam satuan meter per sekon atau m/s.<sup>8</sup>

## **Metodologi**

Metodologi penelitian yang dilakukan yaitu dengan melakukan membuktikan berlakunya aturan gerak lurus beraturan (GLB) dari percobaan yang berulang dengan jarak tempuh yang sama sehingga diperoleh kecepatan yang konstan dari setiap percobaan, adapun penentuan percepatan pada percobaan ini yaitu percepatan sama dengan nol ( $a=0$ ). Penelitian pembuktian

penerapan fungsi bilangan kompleks  $a + bi$  yang dapat menentukan kecepatan hal ini dapat dilihat dengan adanya persamaan pengaruh waktu terhadap kecepatan yang mempengaruhi nilai kecepatan baik dengan analisis fisika maupun analisis matematis dengan fungsi bilangan kompleks.

Pada penelitian ini dilakukan untuk menentukan kecepatan pada jarak tempuh (1 meter) menggunakan analisis fisika dan dengan analisis matematis menggunakan penerapan perhitungan bilangan kompleks  $a + ib$  dengan fungsi  $t, z = x + iy = \frac{i+2t}{t-i}$ . Pada pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan menggunakan jarak yang sama dan dengan variasi daya yang berbeda. Kecepatan biasa digunakan untuk merujuk pada kecepatan sesaat yang didefinisikan secara matematis sebagai:

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{r(t + \Delta t) - r(t)}{\Delta t} = \frac{dr}{dt} \tag{1}$$

Percobaan dilakukan secara berulang dengan jarak yang sama namun dilakukan dengan variasi daya yang berbeda. Adapun data waktu yang diperoleh juga dapat ditentukan pembuktian kecepatan berdasarkan analisis matematis menggunakan fungsi bilangan kompleks.

### Hasil dan Pembahasan

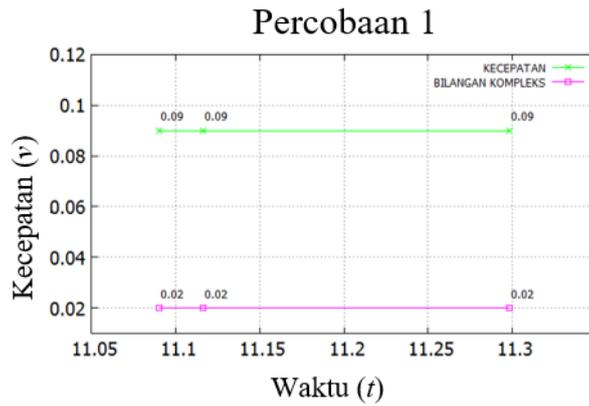
Pada pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan menggunakan jarak yang sama dan dengan variasi daya yang berbeda. sehingga diperoleh data sebagai berikut. Percobaan dilakukan secara berulang dengan jarak yang sama namun dilakukan dengan variasi daya yang berbeda. Adapun data waktu yang diperoleh juga dapat ditentukan pembuktian kecepatan berdasarkan analisis matematis menggunakan fungsi bilangan kompleks. Berdasarkan penelitian dengan jarak (1 meter) diperoleh data sebagai berikut:

**Tabel 1.**

Bilangan kompleks jarak 1 m.

Daya	Percobaan	Waktu awal (s)	Waktu akhir (s)	Total waktu (s)	Kecepatan (m/s)	Bil. Kompleks (m/s)
1	1	26,331	37,629	11,298	0,09	0,02
	2	47,698	58,814	11,116	0,09	0,02
	3	118,889	129,979	11,090	0,09	0,02
		Rata-rata			0,09	0,02

Berdasarkan Tabel 1 dari percobaan kecepatan ( $v1$ ) terhadap waktu berpengaruh terhadap perhitungan bilangan kompleks. Di mana dalam kecepatan yang sama dan waktu yang berbeda akan mempengaruhi bilangan kompleks. Dalam penelitian ini kecepatan terhadap bilangan kompleks berbanding terbalik. Di mana pada kecepatan 0,09 m/s dan waktu 11,298 akan menghasilkan bilangan kompleks 0,02 m/s. Sedangkan kecepatan 0,09 m/s dengan waktu 11,116 akan menghasilkan bilangan kompleks 0,02 m/s. Kemudian untuk waktu 11,090 dengan kecepatan 0,09 akan menghasilkan bilangan kompleks 0,02 m/s. Berikut ini adalah grafik hubungan antara kecepatan ( $v$ ) terhadap waktu ( $t$ ) pada masing-masing waktu 11,298, 11,116 dan 11,090 hasil perhitungan kecepatan dan bilangan kompleks dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bilangan kompleks jarak 1 m.

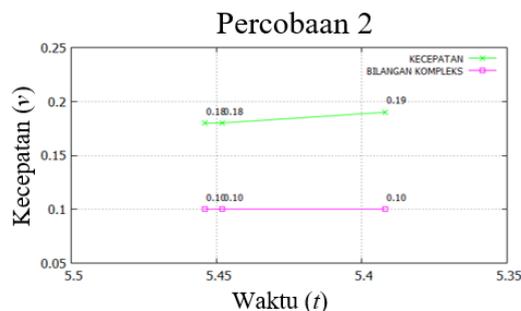
Kecepatan terhadap waktu dengan menggunakan analisis fisika dan analisis matematis fungsi bilangan kompleks pada percobaan dengan menggunakan daya pertama. Kecepatan didefinisikan kemampuan bergerak secara berturut-turut untuk menempuh suatu jarak dalam satu selang waktu. Pada jarak tempuh yang sama, semakin singkat waktu tempuh, kecepatan yang dihasilkan akan semakin baik.

Tabel 2.

Bilangan kompleks jarak 2 m.

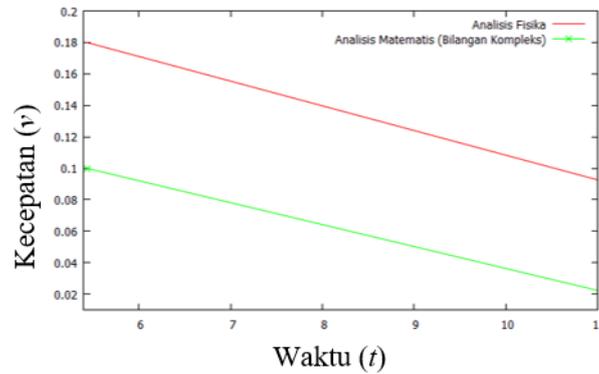
Daya	Percobaan	Waktu awal (s)	Waktu akhir (s)	Total waktu (s)	Kecepatan (m/s)	Bil. Kompleks (m/s)
2	1	6,561	12,015	5,454	0,18	0,10
	2	19,556	25,004	5,448	0,18	0,10
	3	40,102	45,494	5,392	0,19	0,10
Rata-rata					0,18	0,10

Berdasarkan Tabel 2 perolehan data dari percobaan kecepatan ( $v_2$ ) terhadap waktu berpengaruh terhadap perhitungan bilangan kompleks. Di mana dalam kecepatan yang sama dan waktu yang berbeda akan mempengaruhi bilangan kompleks. Dalam penelitian ini kecepatan terhadap bilangan kompleks berbanding terbalik. Di mana pada kecepatan 0,18 m/s dan waktu 5,454 sekon akan menghasilkan bilangan kompleks 0,10 m/s. Sedangkan kecepatan 0,18 m/s dengan waktu 5,448 sekon akan menghasilkan bilangan kompleks 0,10 m/s. Kemudian untuk waktu 5,392 sekon dengan kecepatan 0,19 akan menghasilkan bilangan kompleks 0,10 m/s. Berikut ini adalah grafik hubungan antara kecepatan ( $v$ ) terhadap waktu ( $t$ ) pada masing-masing waktu 5,454, 5,448 dan 5,392 hasil perhitungan kecepatan dan bilangan kompleks.



Gambar 3. Bilangan kompleks pada jarak 2 m

Berdasarkan Gambar 1 dan Gambar 2 dapat dilihat bahwa pada percobaan ini dapat dibuktikan dengan berlakunya aturan gerak lurus beraturan (GLB) dari percobaan yang berulang dengan jarak tempuh yang sama sehingga diperoleh kecepatan yang konstan dari setiap percobaan, adapun penentuan percepatan pada percobaan ini yaitu percepatan sama dengan nol ( $a=0$ ). Adapun berdasarkan perbandingan data dari kedua percobaan dapat dilihat hubungan kecepatan ( $v$ ) terhadap waktu ( $t$ ) disetiap percobaan. Berikut ini grafik hubungan kecepatan ( $v$ ) terhadap waktu ( $t$ ) dari kedua percobaan dengan jarak yang berbeda Gambar 4.



**Gambar 4.** Grafik hubungan waktu terhadap kecepatan dengan menggunakan daya.

Berdasarkan Gambar 4, dapat disimpulkan hubungan besarnya kecepatan pada masing-masing waktu berpengaruh terhadap bilangan kompleks. Semakin besar waktu maka kecepatan semakin kecil begitupun semakin kecil waktu maka kecepatan semakin besar. Hal ini berlaku sebagaimana hubungan secara analisis fisika yaitu  $v = \frac{s}{t}$ , dimana  $v$  berbanding terbalik pada  $t$ . Hal ini yang juga dapat dirasakan gejalanya ketika pelaksanaan penelitian dengan arus  $v_2$  waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan nilai bilangan kompleks lebih cepat dibanding dengan  $v_1$ .

### Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat dibuktikan penerapan fungsi bilangan kompleks yang dapat menentukan kecepatan, Hal ini dapat dilihat dengan adanya persamaan pengaruh waktu terhadap kecepatan yang mempengaruhi nilai kecepatan baik dengan analisis fisika maupun analisis matematis dengan fungsi bilangan kompleks, semakin besar waktu maka semakin kecil pula bilangan kompleks. Untuk jarak yang sama dengan daya yang sama diperoleh pembuktian gerak lurus beraturan (GLB) di mana kecepatannya konstan. Adapun perubahan variasi daya mempengaruhi besarnya waktu yang mempengaruhi kecepatan, di mana waktu berbanding berbanding terbalik terhadap kecepatan. Semakin besar waktu maka kecepatan semakin kecil begitupun semakin kecil waktu maka kecepatan semakin besar. Hal ini berlaku sebagaimana hubungan secara analisis fisika yaitu, di mana  $v$  berbanding terbalik pada  $t$ . Gejala ini dapat dirasakan ketika pelaksanaan penelitian kecepatan  $v_2$  lebih cepat mengalami kenaikan bilangan kompleks dibandingkan dengan kecepatan  $v_1$ .

### Pendanaan

Penelitian ini tidak menerima pendanaan dari sumber manapun.

## Ucapan Terima Kasih

Kami ucapkan terima kasih kepada program studi Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. HAMKA yang telah memfasilitasi kegiatan penelitian ini.

## Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan apapun selama penelitian ini berlangsung.

## Daftar Pustaka

1. Elisa S, Ulum MS, Farhamsa D, Samsul. Penentu kecepatan dan percepatan benda berbasis mikrokontroler arduino pada percobaan benda menggelinding pada bidang miring. *Nat Sci J Sci Technol*. 2018;7(2):166-175.
2. Sokop SJ, Mamahit, DJ, Sompie SRUA. Trainer peripheral antarmuka berbasis mikrokontroler arduino uno. *J Tek Elektro dan Komput*. 2016;5(3):13-23.
3. Sumah A. *Penuntun praktikum fisika dasar I*. Universitas Hasanuddin; 1994.
4. Kimbrell JT. *Kinematics analysis and synthesis*, McGraw-Hill Book Co. Singapore; 1991.
5. Purbosari R & Ermawaty IR. Menganalisis fungsi implisit pada kecepatan dan percepatan mobil-mobilan pada massa yang berbeda. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)*, 4, SNF2015-VIII. 2015. <https://journal.unj.ac.id/unj/index.php/prosidingsnf/article/view/5226>
6. Tanti N, Su'udi A, Nugroho HG. Analisis kecepatan dan percepatan gerak robot joules menggunakan metode bilangan kompleks. *J Mech*. 2014;5(2):17-22.
7. Ermawaty IR. *Fisika matematika*. Jakarta. UHAMKA PRESS; 2016.
8. Alatas H. *Buku pelengkap fisika matematika*. Bogor. Departement Fisika; 2014.
9. Boas ML. *Mathematical methods in the physical sciences*, John Wiley dan Sons. USA; 1983
10. Holowenko. *Dynamics of machinery*. John Wiley & Sons Inc. USA; 1955.