

Studi Numerik Gerakan Mainan Mekanik *Monobike*

Eva Hertnacahyani Herraprastanti^{a,*}, Suluh Jatmiko^b, Hendri Suryanto^c

^{a,c} Jurusan Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu

^b Jurusan Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu

* Email : ev.hertna@gmail.com

Abstract

In today's development where there are several applications to design a product, where in the design of a product, not only can physically design the components, but also can design the desired movements. In order to produce product movements as desired, when designing it must first choose the right mechanism and perform synthesis and analysis of kinematics. To make a toy move, the components which make up the toy are needed by following a certain mechanism. In this study the mechanical toy that will be analyzed for its movements is Monobike. In the monobike there is a Slider Crank mechanism that results from the paddling of the foot which rotates the pedal and moves up and down. The up and down pedal will turn the second wheel and cause the body of the doll holding the fan to move up and down. The research objective is to numerically analyze component movements in Monobike mechanical toys which include linear displacement, velocity and acceleration analysis. In this research, a monobike mechanical toy that mimics human activities in pedaling a bicycle is determined. The methodology in this research is as follows: a) make a kinematic diagram, b) determine the position vector of each link, c) derive the equation, d) make the GNU Octave code. Based on the results of the study concluded that a numerical study with the GNU Octave can be done to analyze the kinematic motion of a machine. Linear displacement on link 3 has the furthest displacement of 18.38 mm, and one cycle of movement requires 120 seconds. The maximum linear speed of the Monobike mechanical toy is 36.2 mm / sec. While the maximum linear acceleration of a monobike mechanical toy is 172.3 mm / sec. GNU Octave is a freeware application that is no less reliable than the Matlab application in analyzing the kinematics of a machine.

Keywords : Kinematika; Kecepatan Linier; Percepatan Linier; Linier Displacement; GNU Octave.

1. Pendahuluan

Dalam perkembangan jaman dewasa ini dimana terdapat beberapa aplikasi merancang suatu produk, dimana dalam perancangan suatu produk, tidak hanya bisa merancang fisik komponen-komponennya saja, namun juga bisa merancang gerakan-gerakan yang diinginkan. Agar menghasilkan gerakan produk sesuai keinginan, saat merancangnya terlebih dahulu harus memilih mekanisme yang tepat serta melakukan sintesa dan analisa kinematika (Wibowo, Sulardjaka, & Haryadi, 2015).

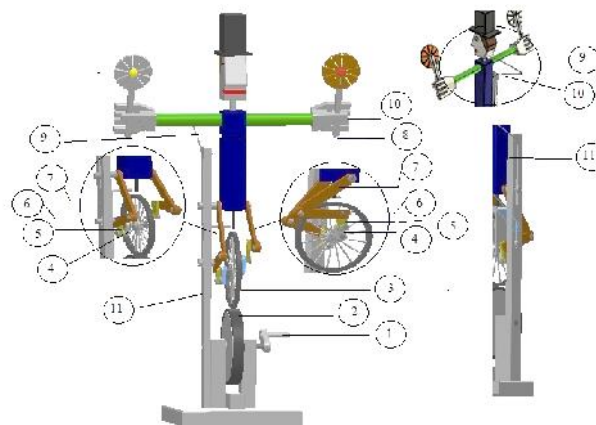
Analisa kinematika dilakukan pada komponen-komponen yang bergerak pada suatu mesin atau mekanisme. Dalam suatu mesin, terdapat beberapa mekanisme penggerak, diantaranya adalah mekanisme *Slider Crank*. Mekanisme slider crank terdiri dari engkol, batang penghubung dan peluncur.

Untuk membuat mainan bergerak maka diperlukan komponen-komponen yang menyusun mainan tersebut dengan mengikuti suatu mekanisme tertentu. Dalam beberapa mainan mekanik, terdapat mekanisme yang bisa membuat mainan bergerak berputar, mengayun, mengayuh, dan atau meluncur (Zhu et al., 2012).

Dalam penelitian ini mainan mekanik yang akan dianalisa gerakannya adalah *Monobike*. Dalam monobike terdapat mekanisme Slider Crank yang dihasilkan dari kayuhan kaki yang memutar pedal dan bergerak naik turun. Gerakan naik turun pedal tersebut akan memutar roda kedua dan

menyebabkan body boneka yang memegang kipas juga bergerak naik turun. Mekanisme gerakan Monobike ditampilkan pada gambar 1 berikut.

Adapun tujuan penelitian adalah menganalisis gerakan komponen pada mainan mekanik *Monobike* secara numerik yang meliputi analisa *displacement*, kecepatan, dan percepatan secara linier. Dalam penelitian ini analisis gerakan komponen dibatasi hanya pada Link 3 (nomor 6) pada Gambar 1.



Gambar 1. Mainan Mekanik Monobike dan Komponen-Komponennya

Keterangan :

- | | |
|---------------------|---------------|
| 1. tuas pemutar | 7. link 4 |
| 2. piringan pemutar | 8. bodi |
| 3. roda | 9. link 6 |
| 4. link1 | 10. link 7 |
| 5. link 2 | 11. penyangga |
| 6. link 3 | |

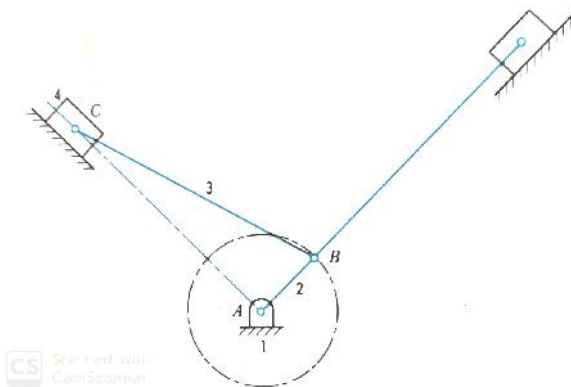
Sedangkan analisa kinematika yang akan dibahas pada penelitian ini dibatasi pada link 3 (nomer 6). Pembuatan Monobike dirancang menggunakan aplikasi Solidworks 2016, kemudian disimulasikan untuk mengetahui apakah Monobike bisa bergerak sesuai dengan gerakan kinematika yang dirancang atau tidak. Selanjutnya menganalisa gerakan setiap bagian Monobike berdasar dimensi yang telah dirancang. Analisa Kinematika Monobike meliputi analisis posisi dan kecepatan menggunakan GNU Octave.

GNU Octave merupakan perangkat lunak gratis (*freeware*) untuk komputasi numerik dan visualisasi data. Octave dirancang sebagai tiruan dari Matlab yang memiliki kelebihan selain gratis, Octave tersedia untuk berbagai sistem operasi seperti Windows 98/2000/XP, Mac OS/X, Debian, Suse, Fedora, dan RedHat Linux (Arief, 2008).

2. Kerangka Teori

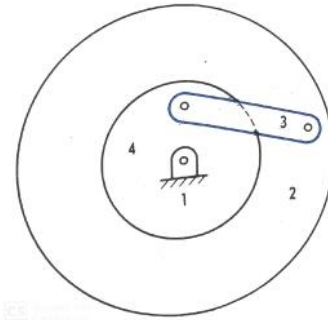
2.1. Mekanisme

Sebuah mesin adalah sebuah mekanisme yang dapat memindahkan gaya-gaya (H, Martin, 1985). Pada gambar 1, mekanisme dalam sebuah mesin jika suatu gaya dipasang pada salah satu dari torak-torak dan dipindahkan melalui batang-batang dan engkol untuk menghasilkan putaran dari kruk as (poros engkol).



Gambar 2. Mekanisme dalam Sebuah Mesin (H, Martin, 1985)

Motor listrik adalah sebuah mekanisme empat 4 batang penghubung yang ekuivalen, seperti ditunjukkan pada gambar 2 berikut :



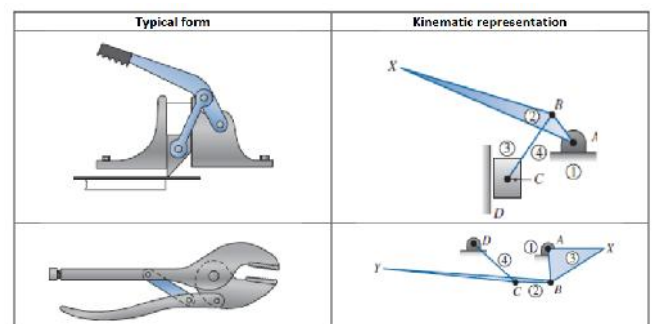
Gambar 3. Mekanisme pada Motor Listrik (H, Martin, 1985)

Pada gambar 2 diilustrasikan bahwa lempeng 2 dan 4 berputar terhadap sumbu sekutunya dan dihubungkan oleh sebuah batang penghubung 3 yaitu berupa medan magnet, sedangkan angkernya ekuivalen dengan lempeng yang digerakkan oleh penghubung 4.

2.2 Diagram Kinematika

Analisis kinematik melibatkan penentuan posisi, perpindahan, rotasi, kecepatan, percepatan, dan percepatan suatu mekanisme. Dalam menganalisis gerakan suatu mekanisme, perlu direpresentasikan bagian-bagian dalam bentuk kerangka (juga disebut sebagai diagram kinematik) sehingga hanya dimensi yang mempengaruhi gerakan yang ditampilkan.

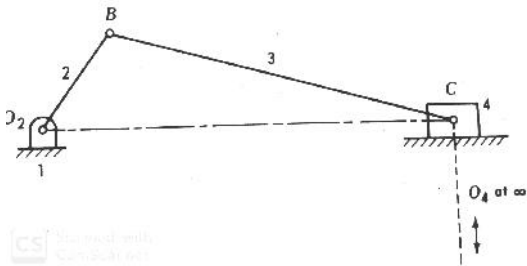
Diagram kinematik digambar dalam skala yang proporsional dengan mekanisme aktual. Untuk referensi yang mudah, *links* diberi nomor, dimulai dengan *blok*, yang berfungsi sebagai kerangka acuan untuk pergerakan semua bagian lainnya. Untuk menghindari kerancuan, *joint* diberi notasi huruf. Representasi mekanisme komponen seperti yang tercantum dalam gambar 3.



Gambar 4. Diagram Kinematik Mekanisme Komponen (Waldron, Kinzel, & Agrawal, n.d.)

2.3 Mekanisme Engkol Peluncur

Mekanisme engkol peluncur, ditunjukkan pada Gambar 4, ditemukan dalam mesin bensin dan mesin diesel dimana gaya dorong gas bekerja pada torak batang 4. Gerakan dipindahkan melalui batang hubung ke engkol 2. Ada dua posisi titik mati selama siklus masing-masing, satu untuk tiap posisi ujung dari pluncur. Sebuah roda terbang dipasang pada kruk as yang diperlukan untuk membawa engkol di luar posisi ini.



Gambar 5. Mekanisme Engkol Peluncur (H, Martin, 1985)

Suatu modifikasi engkol peluncur dikenal sebagai mekanisme eksentrik (*eccentric mechanism*) ditunjukkan pada gambar 5. Engkolnya terdiri dari sebuah lempeng lingkaran, dengan titik pusat B, yang diputar terhadap poros yang terletak di titik pusat O_2 , yang terletak pada kerangka yang diam. Lempeng tersebut berputar menyerupai gelang pada ujung dari batang 3. gerakan dari mekanisme ini ekuivalen dengan sistem rangkaian batang penghubung, engkol peluncur dengan panjang engkol = O_2B dan panjang bantang hubung = BC .

2.4 GNU Octave

GNU Octave adalah suatu perangkat lunak gratis (freeware) dan bahasa tingkat tinggi untuk komputasi numerik dan visualisasi data. Octave dirancang sebagai tiruan dari Matlab. Pada awalnya *Octave* dikembangkan oleh John W. Eaton (Universitas Texas) dan sekarang pengembangan dan pemeliharaan *Octave* dilakukan oleh beberapa orang *volunteer* dari berbagai penjuru dunia.

Pada kebanyakan sistem operasi program GNU *Octave* dapat dijalankan dengan memberikan perintah octave pada *shell command*. Setelah *shell command* diberikan maka akan muncul suatu jendela GNU *Octave*. Pada jendela tersebut akan ditampilkan beberapa pesan singkat mengenai *Octave* dan kemudian di bawah pesan singkat tersebut ditampilkan sebuah *prompt*, yang menandakan bahwa *Octave* siap untuk menerima perintah yang akan kita berikan.

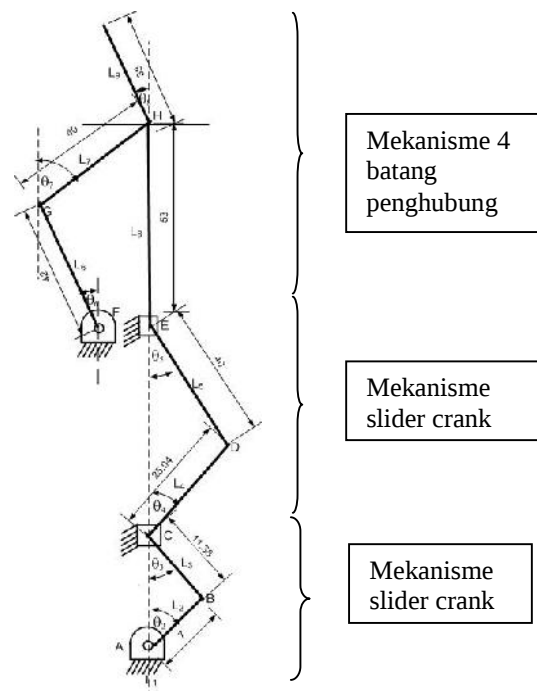
Salah satu kelebihan *Octave* yaitu kemampuannya dalam menangani berbagai macam operasi manipulasi terhadap data yang berupa suatu matrik. Pembuatan data matrik dan vektor secara manual dilakukan dengan menggunakan operator kurung siku (`[ ... ]`). Dimana elemen-elemen matrik atau vektor dimasukkan diantara kedua kurung siku tersebut. Untuk memisahkan elemen yang satu dengan elemen yang lainnya yang terletak pada satu baris dapat digunakan tanda koma (,) atau tanda spasi. Kemudian untuk memisahkan antara baris yang satu dengan yang lainnya, gunakan tanda titik koma (;) atau tanda ENTER [3].

3. Metodologi

Dalam penelitian ini ditentukan mainan mekanik Monobike yang meniru aktivitas manusia mengayuh sepeda. Metodologi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: a) membuat diagram kinematis, b) menentukan vektor posisi masing-masing *link*, c) menurunkan persamaan, d) membuat GNU *Octave code*.

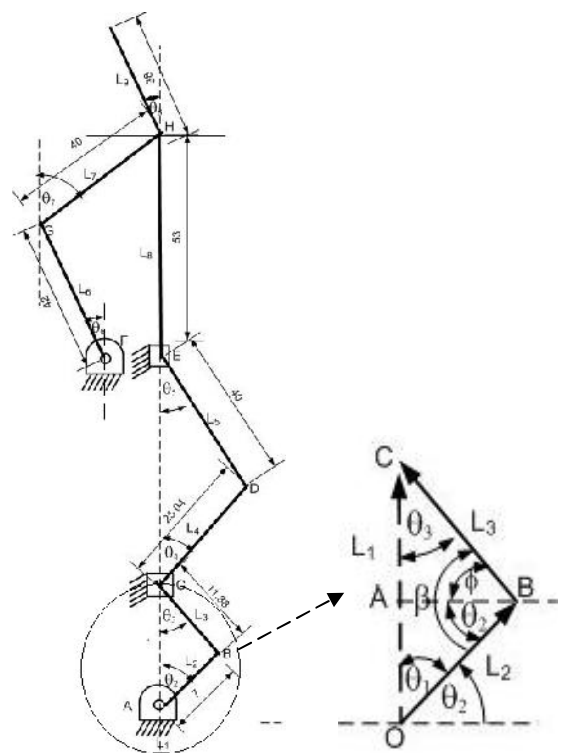
4. Hasil dan Pembahasan

Adapun mekanisme yang ada pada mainan mekanik Monobike seperti pada gambar 5 berikut :



Gambar 6. Mekanisme dalam Mainan Mekanik Monobike

Mekanisme monobike direpresentasikan dalam diagram kinematis seperti ditampilkan dalam gambar 6 berikut :



Adapun panjang $L_2 = 7$ mm, $L_3 = 11.38$ mm, $L_4 = 25.04$ mm, $L_5 = 40$ mm, $L_6 = 42$ mm, $L_7 = 40$ mm, $L_8 = 53$ mm, $L_9 = 38$ mm, $\Omega_2 = 50$ rpm

4.1 Vector posisi masing-masing link

Untuk menentukan sudut θ_3 , diilustrasikan dalam diagram kinematik pada Gambar 6. Perhitungan berikut untuk menentukan vector posisi sudut.

$$\begin{aligned} AB &= L_2 \cos q_2 \\ \cos f &= \frac{AB}{L_3} \\ f &= \cos^{-1} \left(\frac{L_2 \cos q_2}{L_3} \right) \\ q_3 &= 180 - f \\ b &= q_2 + f \end{aligned} \quad (1) \quad (2) \quad (3)$$

Adapun input data pada M-File GNU Octave adalah sebagai berikut :

```
L2=7;
L3=11.38;
tetha2=[0:30:360]*pi/180;
for i=1:length(tetha2);
    fi(i)=acos(L2*cos(tetha2(i))/L3);
    tetha3(i)=pi-fi(i);
    beta(i)=tetha2(i)+fi(i);
    L1(i)=sqrt(L2^2+L3^2-
    (2*L2*L3*cos(beta(i))));
```

4.2 Displacement Titik C

Displacement Titik C ditentukan dengan menggunakan rumus Cosinus

$$L_1 = \sqrt{L_2^2 + L_3^2 - 2L_2L_3 \cos b} \quad (4)$$

Adapun input data pada M-File GNU Octave adalah sebagai berikut :

```
%ANALISIS KECEPATAN
omeg2=2*pi*50/60;
omeg3(i)=(-
omeg2*L2*sin(tetha2(i)))/(L3*sin(tetha3(
i)));
A=[1-L3*cos(tetha3(i));0
L3*sin(tetha3(i))];
B=[omeg2*L2*cos(tetha2(i));-
omeg2*L2*sin(tetha2(i))];
D=inv(A)*B;
VC(i)=D(1);
omeg3(i)=D(2);
```

4.3 Analisa Kecepatan

Analisa kecepatan ditentukan dengan menentukan persamaan posisi titik C terhadap waktu. Persamaan posisi titik C adalah :

$$\overline{L_1} = \overline{L_2} + \overline{L_3} \quad (5)$$

Dengan metode bilangan kompleks persamaan posisi titik C adalah sebagai berikut :

$$L_1 e^{iq_1} = L_2 e^{iq_2} + L_3 e^{iq_3} \quad (6)$$

$$\frac{d}{dt} (L_1 e^{iq_1}) = \frac{d}{dt} (L_2 e^{iq_2} + L_3 e^{iq_3})$$

$$L_1 \dot{e}^{iq_1} = i q_2 L_2 e^{iq_2} + i q_3 L_3 e^{iq_3}$$

Dimana $\dot{q} = \dot{W}$ sehingga

$$L_1 \dot{e}^{i\theta_1} = i \dot{W}_2 L_2 e^{i\theta_2} + i \dot{W}_3 L_3 e^{i\theta_3} \quad (7)$$

Adapun input data pada M-File GNU Octave adalah sebagai berikut :

```
%ANALISIS KECEPATAN
omeg2=2*pi*50/60;
omeg3(i)=(-
omeg2*L2*sin(tetha2(i)))/(L3*sin(tetha3(
i)));
A=[1-L3*cos(tetha3(i));0
L3*sin(tetha3(i))];
B=[omeg2*L2*cos(tetha2(i));-
omeg2*L2*sin(tetha2(i))];
D=inv(A)*B;
VC(i)=D(1);
omeg3(i)=D(2);
```

4.4 Analisa Percepatan

Percepatan titik C ditentukan dengan menurunkan persamaan (7) terhadap waktu

$$\frac{d}{dt} (L_1 \dot{e}^{iq_1}) = \frac{d}{dt} (L_2 \dot{e}^{iq_2} + L_3 \dot{e}^{iq_3})$$

$$\frac{d}{dt} \left(\dot{L}_1 e^{iq_1} \right) = \frac{d}{dt} \left(i \dot{W}_2 L_2 e^{iq_2} \right) + \frac{d}{dt} \left(i \dot{W}_3 L_3 e^{iq_3} \right)$$

$$\text{dimana } q_1 = \frac{n}{2}$$

$$\ddot{L}_1 e^{iq_1} = i \dot{W}_2 L_2 \dot{e}^{iq_2} - \dot{W}_2^2 L_2 e^{iq_2} + i \dot{W}_3 L_3 \dot{e}^{iq_3} - \dot{W}_3^2 L_3 e^{iq_3}$$

Adapun input data pada M-File GNU Octave adalah sebagai berikut :

```
%ANALISIS PERCEPATAN
alpha2=0;
A1=[1L3*cos(tetha3(i));0-
L3*sin(tetha3(i))];
B1=[alpha2*L2*cos(tetha2(i))-
omeg2^2*L2*sin(tetha2(i))-
omeg3(i)^2*L3*sin(tetha3(i))-
alpha2*L2*sin(tetha2(i))-
omeg2^2*L2*cos(tetha2(i))-
omeg3(i)^2*L3*cos(tetha3(i))];
D1=inv(A1)*B1;
AC(i)=D1(1)
alpha3(i)=D1(2);
```

4.5 Hasil Ouput Grafik

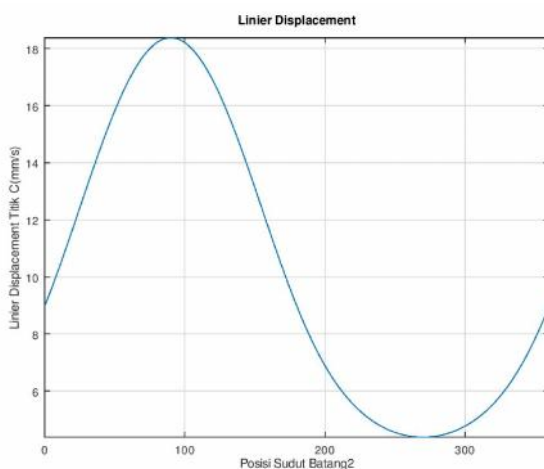
Adapun input data pada M-File GNU Octave adalah sebagai berikut :

```
figure(1)
plot(tetha2.*180/pi,L1)
title('Linier Displacement')
grid
xlabel('Posisi Sudut Batang2')
ylabel('Linier Displacement Titik C(mm/s)')

figure(2)
plot(tetha2.*180/pi,VC)
title('Grafik Kecepatan')
grid
xlabel('Posisi Sudut Batang2')
ylabel('Kecepatan Linier Titik C(mm/s)')

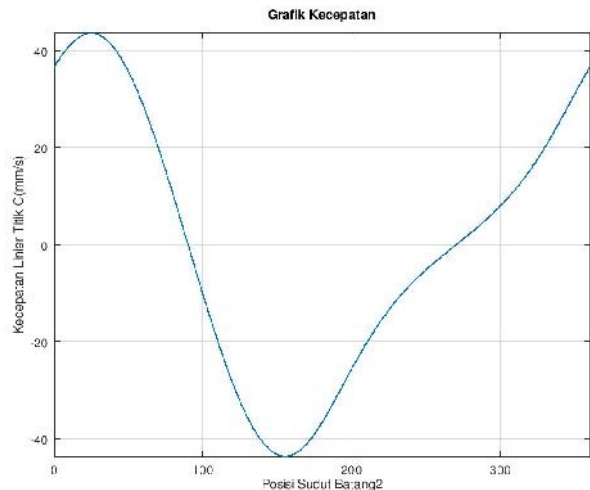
figure(3)
plot(tetha2.*180/pi,AC)
title('Grafik Percepatan')
grid
xlabel('Posisi Sudut Batang2')
ylabel('Percepatan Linier Titik C (mm/s)')
```

Sedangkan output grafik disajikan pada Gambar 8 e/d 10.



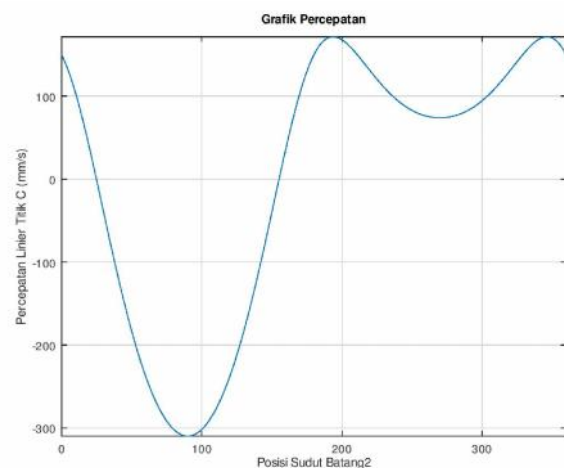
Gambar 8. Linier Displacement Monobike

Dari Gambar 8 dapat dijelaskan bahwa linier *displacement* pada link 3 memiliki perpindahan terjauh sebesar 18,38 mm, dan satu siklus gerakan membutuhkan 120 detik.



Gambar 9. Grafik Kecepatan Monobike

Dari Gambar 9 dapat dijelaskan bahwa kecepatan linear maksimum mainan mekanik *Monobike* adalah 36,2 mm / detik.



Gambar 10. Grafik Percepatan Monobike

Percepatan linear maksimum dari mainan mekanik monobike adalah 172,3 mm / detik².

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa studi numerik dengan GNU Octave dapat dilakukan untuk menganalisa gerakan kinematis suatu mesin. Demikian halnya dengan mainan mekanik *Monobike*. Linier *displacement* pada link 3 memiliki perpindahan terjauh sebesar 18,38 mm, dan satu siklus gerakan membutuhkan 120 detik. Adapun kecepatan linear maksimum mainan mekanik *Monobike* adalah 36,2 mm / detik. Sedangkan Percepatan linear maksimum dari mainan mekanik monobike adalah 172,3 mm / detik².

GNU Octave merupakan aplikasi *freeware* yang tak kalah handal dengan aplikasi Matlab dalam menganalisa gerakan kinematika suatu mesin.

Ucapan Terima Kasih

Dalam kegiatan penelitian ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. DIKTI melalui hibah Penelitian Dosen Pemula sehingga penulis memiliki kesempatan untuk menyumbangkan pemikirannya.
2. Perguruan Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu, Laboratorium Komputer, staf, asisten laboratorium, petugas, yang telah memberikan waktu, sehingga pemrograman dan pengolahan data dapat dilakukan

Daftar Pustaka

- Arief, S. (2008). Pengenalan GNU Octave. Retrieved from Ilmu Komputer.Com website: <https://ilmukomputer.org/wp-content/uploads/2008/04/sarief-octave.pdf>
- H, Martin, G. (1985). *Kinematika dan Dinamika Teknik* (Erlangga). Jakarta.
- Waldron, K. J., Kinzel, G. L., & Agrawal, S. K. (n.d.). *Kinematics, dynamics, and design of machinery*.
- Wibowo, D. B., Sulardjaka, & Haryadi, G. D. (2015). Perancangan dan Evaluasi Kinematika Pada Mainan Mekanikal Edukatif. *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV*, (Snttm Xiv), 7–8.
- Zhu, L., Xu, W., Snyder, J., Liu, Y., Wang, G., & Guo, B. (2012). Motion-guided mechanical toy modeling. *ACM Transactions on Graphics*, 31(6). <https://doi.org/10.1145/2366145.2366146>