

RANCANG BANGUN MAINAN MEKANIKAL LUNCURAN KELERENG MENGUNAKAN SISTEM PENGANGKAT TANGGA BERJALAN DAN KINCIR SILANG

*Andrian Rizky Agung Maulana¹, Dwi Basuki Wibowo², Ojo Kurdi²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

E-mail: andrian10ma@gmail.com

Abstrak

Mainan adalah salah satu sarana pembelajaran yang sangat efektif, salah satunya adalah mainan mekanikal yang memiliki nilai edukatif dan terdapat unsur *science* dan teknologi. Tujuan dari mainan mekanikal ini adalah untuk memperkenalkan fisika mekanika kepada masyarakat melalui media mainan. Produk mainan ini mensimulasikan gerak kelereng berupa siklus yang secara umum terdiri dari 2 komponen yaitu: (1) pengangkat kelereng berbentuk kombinasi kincir dan tangga berjalan, dan (2) panel lintasan turun berupa *down rail* dan *screw drop*. Setiap komponen dirancang dari beberapa modul dan setiap modul disimulasikan dan di lakukan analisa posisi dan kecepatan agar pergerakan kelereng bisa terus meluncur ke modul berikutnya tanpa hambatan. Dari hasil simulasi dan analisa pada mainan mekanikal kelereng luncur, kelereng membutuhkan waktu tempuh 25,33 detik serta kecepatan kelereng tertinggi pada mainan mekanikal luncuran kelereng berada di panel lintasan *screw drop*, dengan kecepatan kelereng 0,526 m/s dengan waktu tempuh 1,77 s, saat posisi kelereng terdapat pada sumbu $x = 0,088$ $y = 0,199$ $z = 0,238$ pada saat kelereng bergerak menuruni panel *screw drop*.

Kata kunci: analisa kecepatan; kelereng; mainan mekanikal; mekanisme; posisi

Abstract

Toys are a very effective learning tool, one of which is a mechanical toy which has educational value and contains elements of science and technology. The purpose of this mechanical toy is to introduce the physics of mechanics to the public through the medium of toys. This toy product simulates the motion of a marble in the form of a cycle which generally consists of 2 components, namely: (1) a marble lift in the form of a combination of a pinwheel and escalator, and (2) a descending track panel in the form of a down rail and screw drop. Each component is designed from several modules and each module is simulated and analyzed for position and speed so that the movement of the marbles can continue to slide to the next module without obstacles. From the results of the simulation and analysis on the mechanical marble slide toy, the marbles need a travel time of 25.33 seconds and the highest marble speed in the mechanical marble slide toy is on the screw drop track panel, with a marble speed of 0.526 m/s with a travel time of 1.77 s, when the marbles are on the x axis = 0.088 y = 0.199 z = 0.238 when the marbles move down the screw drop panel.

Keywords: marbles; mechanical toys; mechanisms; position analysis; velocity

1. Pendahuluan

Anak-anak usia 5 – 9 tahun berada pada fase bermain. Hampir seluruh aktifitas mereka, termasuk di sekolah, adalah bermain. Namun apa yang mereka mainkan di rumah seringkali lebih kompleks dan rumit karena mengandung unsur-unsur ilmu pengetahuan dan teknologi. Kesenjangan ini perlu diupayakan adanya peraga edukasi lain yang mampu memberikan pengetahuan tambahan dan menggugah kreatifitas anak. Mainan mekanikal edukatif adalah salah satu diantaranya. Mainan ini dapat digerakkan secara manual maupun dengan motor listrik menirukan gerakan aktifitas manusia, binatang, atau mesin dan seluruh mekanismenya tidak tertutup casing, berbahan dasar kayu/kertas/plastik dan sedikit logam [1].

Meski memang produk mainan mekanikal sudah banyak dibuat orang tetapi hingga saat ini mainan mekanikal sebagai peraga/hiasan (*display*) di dalam rumah; kantor; mobil; dan tempat usaha, belum banyak orang yang memproduksinya. Produk mainan yang bisa bergerak-gerak sendiri dan seluruh mekanismenya kelihatan selalu mengundang rasa ketertarikan orang untuk melihatnya. Rasa jenuh tamu saat menunggudilayani seakan hilang dan terobati. Museum-museum yang di dalamnya terdapat wahana science dan teknologi (termasuk produk *mechanical toys*

dan *mechanical toys for education*) selalu dipadati pengunjung, contohnya di Taman Pintar Jogyakarta dan Jatim Park Batu Malang [2].

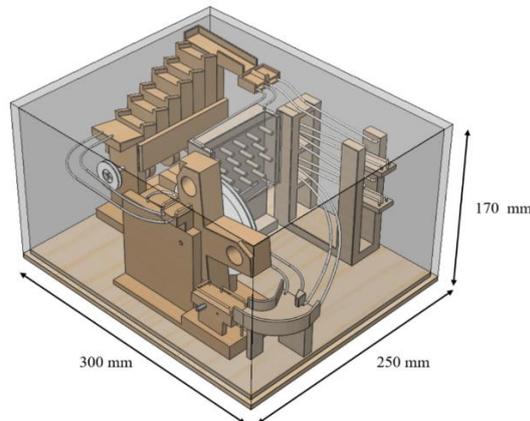
Mekanisme adalah gabungan beberapa komponen kaku (*rigid*), masing-masing komponen mempunyai fungsi gerak sendiri dan secara bersamaan menghasilkan gerakan mekanisme. Sumber penggerak mainan mekanikal yang hanya satu dan berbentuk rotasi menunjukkan bahwa mekanisme kinematika yang digunakan bisa sederhana hingga sangat kompleks bergantung pada banyaknya bagian mainan yang harus digerakkan [3]. Salah satu komponen utama dalam mainan mekanikal kelereng meluncur adalah mekanisme pengangkat yang berfungsi untuk mengangkat kelereng ke ketinggian tertentu sebagai awal mula pergerakan kelereng. Masing-masing mekanisme pengangkat memiliki bentuk, ukuran, penggerak yang berbeda-beda. Pemilihan mekanisme pengangkat juga disesuaikan dengan jumlah kelereng dan ukuran mainan mekanikal kelereng meluncur.

Analisis posisi mereferensikan lokasi dari suatu objek, vektor posisi (R), dapat didefinisikan dengan posisi awal menuju poin lokasi yang dituju. Alternatif lain untuk mendefinisikan suatu posisi dari mekanisme persegi panjang dengan vektor posisi dapat dilakukan dengan mendefinisikan X dan Y dari komponen yang kemudian bisa didapatkan nilai R_x dan R_y . Tujuan dari analisa posisi dalam kinematika ialah untuk mengetahui perpindahan atau *displacement* yang terjadi. Perpindahan terjadi saat posisi dari suatu linkage dan titik referensi/titik awal berubah ataupun berpindah, saat perubahan posisi dari linkage tersebut terjadi, mekanisme pun dipaksa untuk turut berubah sesuai dengan konfigurasi yang mengakibatkan terjadinya gerakan. Analisis kecepatan melibatkan suatu perhitungan untuk menentukan seberapa cepat titik atau poin tertentu pada suatu mekanisme dapat bekerja [4], [5], [6].

2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1 Menentukan Dimensi Global

Mainan mekanika kelereng meluncur adalah mainan yang menggerakkan kelereng dari satu posisi kembali ke posisi semula dengan terlebih dahulu mengangkat kelereng ke ketinggian tertentu menggunakan mekanisme pengangkat, kemudian kelereng akan bergerak melalui lintasan dan kembali ke tempat semula. Dengan demikian kelereng bergerak dalam siklus tertentu yang telah dirancang dimensi global 300 mm x 250 mm x 170 mm. Mekanisme pengangkat yang digunakan adalah mekanisme pengangkat tangga berjalan dan kincir silang serta panel lintasan turun.

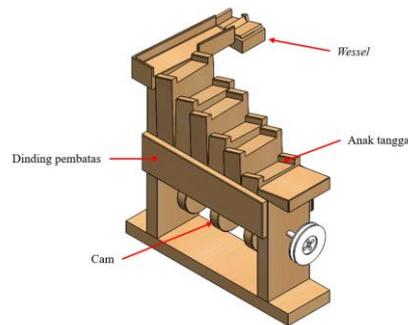


Gambar 1. Dimensi Global Mainan Kelereng Meluncur

2.2 Merancang Desain Produk

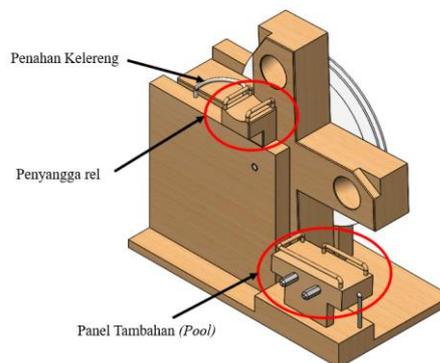
2.2.1 Merancang mekanisme Pengangkat

Mekanisme pengangkat tangga berjalan ini terdiri dari enam buah anak tangga atau lebih dengan pembatas pada tepi kanan dan kiri, yang tersusun dalam sebuah rangka berbentuk persegi panjang. Mekanisme ini dapat menampung kelereng yang akan diangkat sesuai dengan lebar anak tangga dan jumlah anak tangga. Pada bagian paling atas dari mekanisme pengangkat tangga berjalan ini terdapat jalur yang akan dilewati kelereng untuk menuju panel lintasan yang lain.



Gambar 2. Desain Mekanisme Pengangkat Tangga Berjalan.

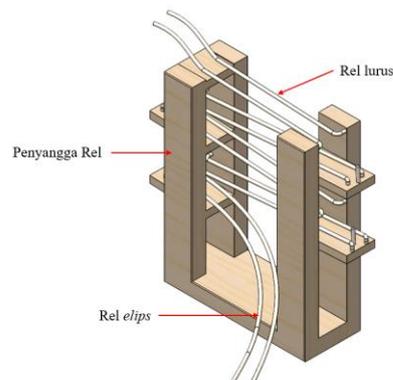
Mekanisme pengangkat kincir ini mempunyai empat lengan yang pada tiap-tiap ujungnya memiliki lubang dengan kemiringan sebagai tempat kelereng pada saat kelereng diangkat. Ke empat lengan ini ditopang oleh penyangga pada sisi kanan dan kirinya. Penyangga bagian kiri lebih panjang karena berfungsi sebagai tempat menempelnya rangkaian penggerak kincir.



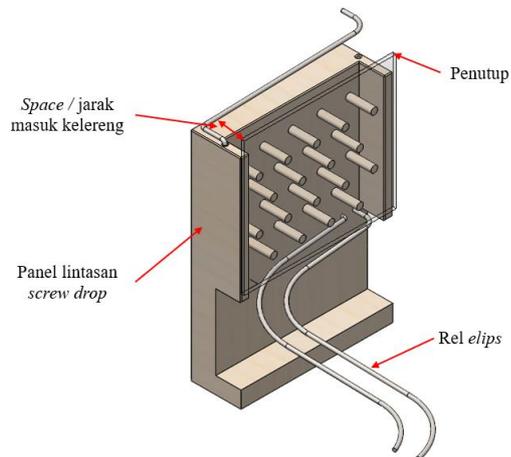
Gambar 3. Desain Mekanisme Pengangkat Kincir Silang.

2.22 Merancang Panel Lintasan Turun

Panel *Downrail* terdapat empat pasang rel lurus dengan kemiringan 15°, dan satu pasang rel elips menghubungkan panel ini dengan mekanisme pengangkat kincir. Panel *Screwdrop* berbentuk kotak tanpa lintasan, pada bagian atas terdapat *space* atau jarak antara dinding panel dengan penutup sebagai tempat masuknya kelereng. Pada dinding panel terdapat sekrup yang disusun sedemikian rupa untuk memperlambat jatuhnya kelereng dan terdapat penutup berupa akrilik pada bagian depan agar kelereng tidak keluar dari panel dan jatuh tepat pada rel yang terdapat pada bagian bawah yang menghubungkan ke mekanisme pengangkat kincir.



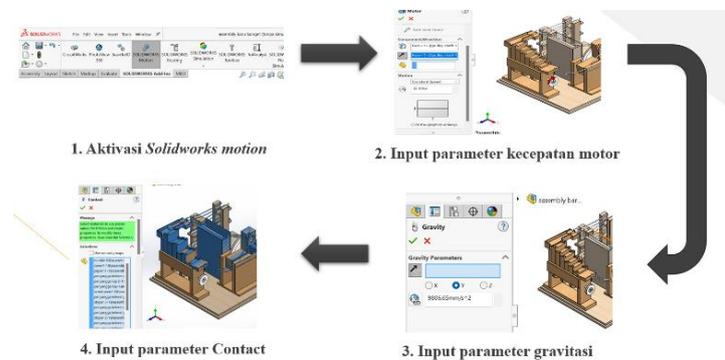
Gambar 4. Desain Panel Lintasan *Down Rail*.



Gambar 5. Desain Panel Lintasan *Screw Drop*.

2.3 Simulasi Motion

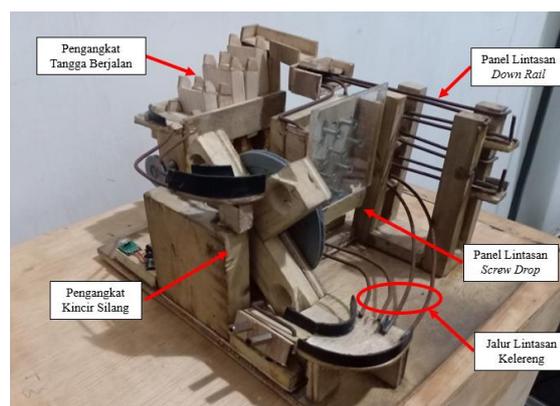
Proses simulasi kinematika dan dinamika pada keseluruhan penelitian dilakukan dengan menggunakan proses *motion analysis* pada Solidworks Motion. Adapun langkah-langkah dalam melakukan simulasi adalah sebagai berikut:



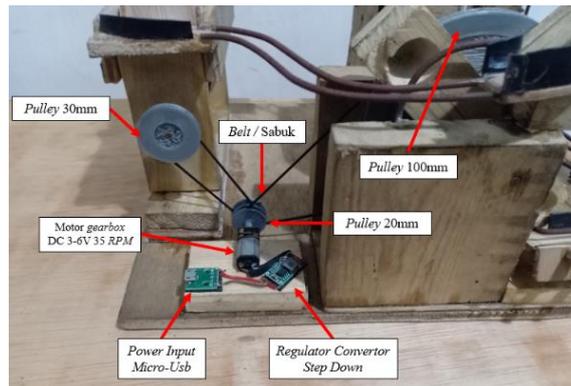
Gambar 6. Prosedur simulasi *motion*.

2.4 Pembuatan *Prototype*

Mainan mekanikal kelereng meluncur ini 80% terbuat dari bahan kayu serta penggunaan material kawat besi hanya digunakan untuk membuat jalur lintasan, kelereng yang digunakan berukuran diameter 12,5 mm. Mainan mekanikal kelereng meluncur ini juga mempunyai sistem penggerak motor *gearbox* DC 3-6V dengan putaran 35 rpm, yang menggerakkan 2 mekanisme pengangkat yang terdapat puli yang akan di hubungkan dengan belt kerangkaian penggerak.



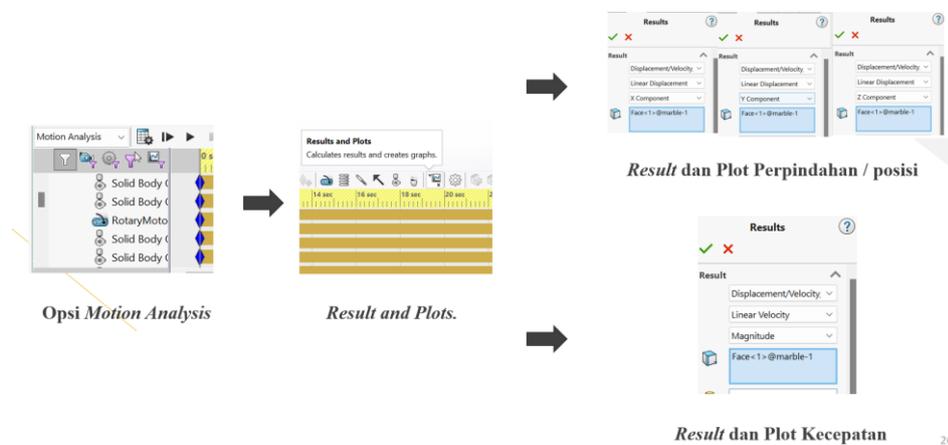
Gambar 7. *Prototype* Mainan Mekanikal Kelereng Meluncur.



Gambar 8. Sistem Penggerak Mainan Mekanikal Kelereng Meluncur.

2.5. Analisis dan Hasil Plots

Setelah parameter berhasil ditentukan, proses analisis dan perbandingan hasil plot bisa dilakukan. Pada *Solidworks Motion* dapat dipilih *Motion Analysis*, Setelah itu bisa dipilih *Results and Plots*, untuk dapat menampilkan opsi dari analisa yang diinginkan.

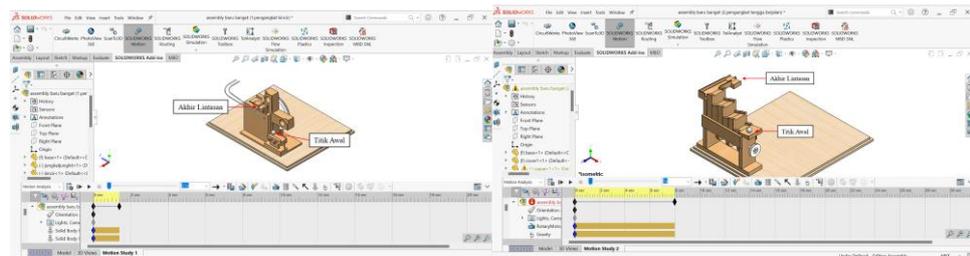


Gambar 9. Prosedur analisis dan hasil plots

3. Hasil dan Pembahasan

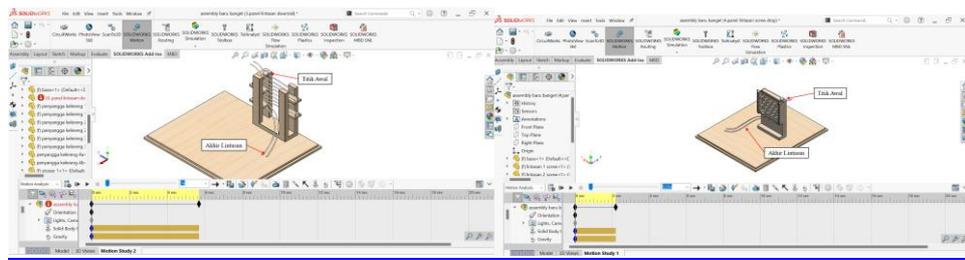
3.1. Hasil Simulasi Masing-Masing Lintasan

Pada mainan mekanikal lintasan kelereng pada mekanisme tangga berjalan, kincir silang, lintasan *downrail*, lintasan *screwdrop* ini akan dilakukan analisis kecepatan dan analisis posisi pergerakan kelereng dengan menggunakan *software SolidWorks Motion*.



(a)

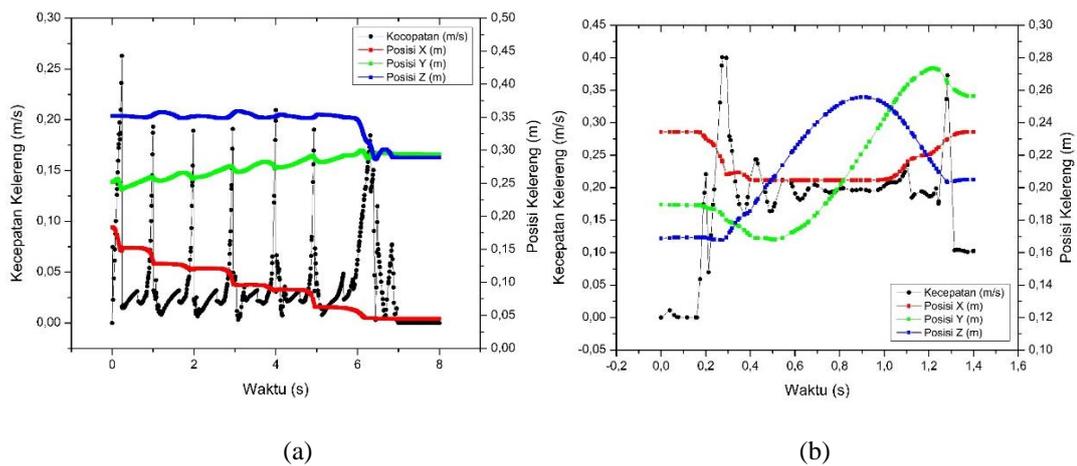
(b)



(c)

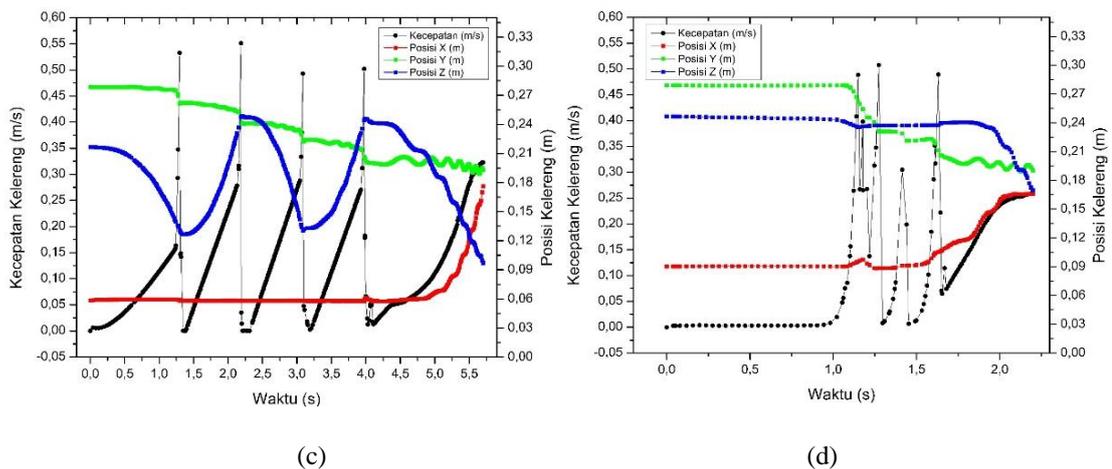
(d)

Gambar 10. Simulasi pergerakan kelereng pada (a).tangga berjalan (b).kincir silang (c).Downrail (d).screwdrop



(a)

(b)



(c)

(d)

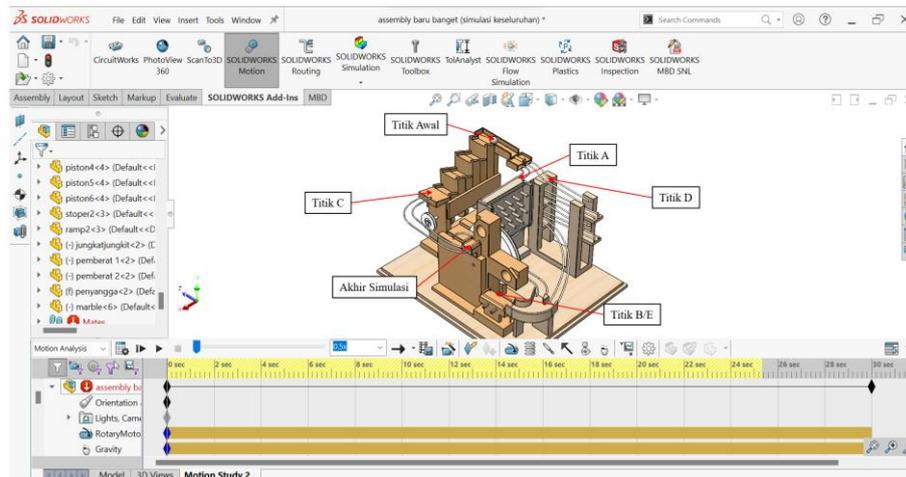
Gambar 11. Grafik posisi dan kecepatan terhadap waktu pergerakan kelereng pada (a).tangga berjalan (b).kincir silang (c).Downrail (d).screwdrop

Dari hasil simulasi gerak kelereng pada mainan mekanikal kelereng luncur menunjukkan bahwa kelereng membutuhkan waktu tempuh 25,33 detik, dengan masing-masing waktu tempuh pada sistem pengangkat tangga berjalan 8 detik, mekanisme pengangkat kincir silang 1,4 detik, panel lintasan *downk rail* 5,7 detik, dan panel lintasan *screw drop* 2,2 detik

3.2 Hasil Simulasi Seluruh Mainan Luncuran Kelereng

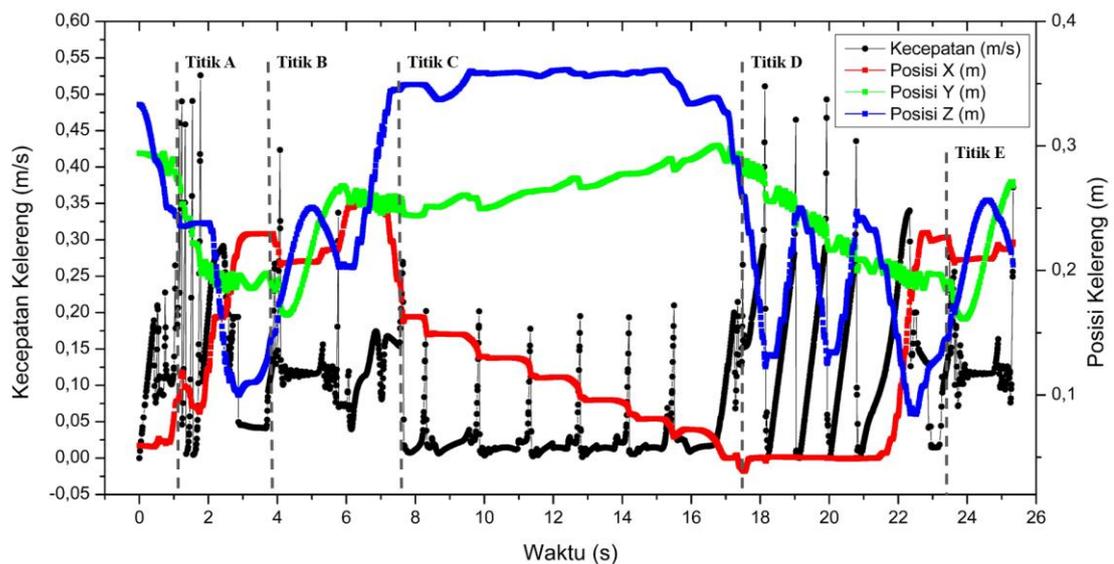
Pada mainan mekanikal luncuran kelereng pada keseluruhan mainan mekanikal luncuran kelereng ini akan

dilakukan analisis kecepatan dan analisis posisi pergerakan kelereng dengan menggunakan *software SolidWorks Motion*.



Gambar 12. Simulasi pergerakan kelereng pada mainan mekanikal luncuran kelereng

dapat diketahui kelereng akan bergerak melewati beberapa titik dimana titik tersebut adalah titik awal untuk melintasi dari masing masing modul yang terdapat pada mainan mekanikal kelereng meluncur. Kelereng pertama akan melewati panel lintasan *screw drop* yang di tandai dengan titik A kemudian kelereng akan menuju pengangkat kincir silang yang di tandai dengan titik B , lalu kelereng bergerak menuju pengangkat tangga berjalan melewatik titik C, kelereng kemudian naik menuju panel lintasan *down rail* yang di tandai titik D dan kelereng kembali lagi bergerak melalui kincir silang melewati titik E dan gerak simulasi kelereng berakhir di titik akhir simulasi pada mekanisme pengangkat kincir silang.



Gambar 13. Grafik keseluruhan posisi dan kecepatan kelereng terhadap waktu mainan mekanikal luncuran kelereng

Dari gambar tersebut menunjukkan grafik posisi dan kecepatan kelereng terhadap waktu pada keseluruhan mainan mekanikal luncuran kelereng. Dari grafik tersebut dapat di lihat posisi gerak kelereng melewati titik A, B, C, D, dan E berturut-turut pada posisi (0,095, 0,273, 0,243), (0,229, 0,192, 0,143), (0,177, 0,257, 0,347), (0,483, 0,275, 0,230), (0,226, 0,186, 0,144) dengan kecepatan 0,183 m/s, 0,111 m/s, 0,223 m/s, 0,173 m/s, 0,112 m/s, dan 0,371 m/s, yangmana kelereng melewati masing-masing titik dengan waktu tempuh pada titik A=1,1 s , titik B = 3,8 s , titik C= 7,6 s, titik D=17,7 s, dan titik E=23,35 s. Kemudian gerak kelereng akan berhenti bergerak dalam waktu tempuh kelereng 25,33 s di titik akhir simulasi dengan posisi kelereng pada $x=0,222$, $y=0,268$, $z=0,204$ dengan kecepatan terakhir 0,371 m/s.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Mainan mekanikal luncuran kelereng dirancang dengan dimensi global 300 mm x 250 mm x 170 mm menggunakan mekanisme pengangkat tangga berjalan dan kincir silang, serta panel lintasan turun *down rail* dan *screw drop*. Tinggi terendah kelereng adalah 12,21 mm sedangkan tinggi maksimum kelereng pada mainan mekanikal luncuran kelereng ini adalah 145,75 mm diukur dari permukaan base.
2. *Prototype* mainan mekanika kelereng luncur dibuat dari kayu mahoni, kayu pinus, kawat besi untuk jalur lintasan, dan kelereng berdiameter 12,5 mm. Sedangkan, motor gearbox DC 3-6V dengan putaran 35 rpm untuk digunakan menggerakkan 2 mekanisme pengangkat dimana terdapat puli yang dihubungkan dengan belt kerangkaian penggerak.
3. Hasil simulasi gerak kelereng pada mainan mekanikal kelereng luncur menunjukkan bahwa kelereng membutuhkan waktu tempuh 25,33 detik, dengan masing-masing waktu tempuh pada sistem pengangkat tangga berjalan 8 detik, mekanisme pengangkat kincir silang 1,4 detik, panel lintasan *down rail* 5,7 detik, dan panel lintasan *screw drop* 2,2 detik.
4. Hasil analisa posisi dan kecepatan kelereng terhadap waktu pada keseluruhan mainan mekanikal luncuran kelereng menunjukkan bahwa kecepatan kelereng tertinggi pada mainan mekanikal luncuran kelereng berada di panel lintasan *screw drop*, dengan kecepatan kelereng 0,526 m/s dengan waktu tempuh 1,77 s, saat posisi kelereng terdapat pada sumbu $x = 0,088$ $y = 0,199$ $z = 0,238$ pada saat kelereng bergerak menuruni panel *screw drop*.

5. Daftar Pustaka

- [1] Abdul Herlan, Rizal dan Wibowo, Dwi Basuki, 2012, Penelitian Respon Anak-Anak Usia 5-9 tahun Terhadap Berbagai Gerakan-Gerakan Dasar Manusia yang Dapat Ditiru Melalui Mainan Mekanikal Edukatif, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin, UNDIP
- [2] Wibowo, D. B., & Sulardjaka, G. D. H. Merancang Mata Kuliah Desain Mainan Mekanikal Edukatif di Perguruan Tinggi.
- [3] <http://tah-hyuuga.blogspot.com/2012/03/kinematika-dinamika-teknik.html> (diakses Desember 13, 2022)
- [4] Shah, J., Rattan, S. S., & Nakra, B. C. (2011). Kinematic Analysis of 2-DOF planer robot using artificial neural network. *International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering*, 5(9), 1720-1723.
- [5] Myszka, D. H. (2004). *Machines and mechanisms*. Prentice Hall.
- [6] Meriam, J. L., & Kraige, L. G. (2012). *Engineering Mechanics: Dynamics: Dynamics*. Wiley Global Education.
- [7] Wibowo, D. B., & Hardjono, B. S. (2014). Pengembangan Desain dan Manufaktur Mainan Mekanikal Edukatif untuk Mendukung Kemajuan Industri Kreatif. *Prosiding SNATIF*, 27-34.
- [8] Syafa'at, I., Annanto, G. P., & Putri, L. I. (2022). Mainan Mekanikal Edukatif sebagai Upaya Peningkatan Kecerdasan Visual-Spasial Siswa TK Pelangi Nusantara Semarang. *Palawa: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1), 1-6.
- [9] Zhu, L., Xu, W., Snyder, J., Liu, Y., Wang, G., & Guo, B. (2012). Motion-guided mechanical toy modeling. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 31(6), 1-10.
- [10] Sharma, C. S., & Purohit, K. (2006). *Theory of mechanisms and machines*. PHI Learning Pvt. Ltd.