

Kinematic Analysis of the Draglink Mechanism Using the Newton Raphson Iteration Method

Nazaruddin^{1,*}, Feblil Huda, and Ryan Syuhada

¹⁾ Teknik Mesin, Universitas Riau, Pekanbaru, Indonesia

Riwayat Artikel:
Diterima: 2 Januari
2024
Direvisi: 26 Februari
2024
Disetujui: 29 Februari
2024

ABSTRACT – Position, speed, and acceleration analysis are all included in kinematic analysis. Vectors of location, velocity, and acceleration can be expressed analytically in the form of complex numbers using the Newton Raphson Iteration Method. The location vector of the point to be investigated must be found first, and then the acceleration and velocity vectors must be found by differentiating against time. This study analyzes the relationship between the θ_1 value and the θ_2 , θ_3 , θ_4 , θ_5 , and x_2 values in a drag-link mechanism. The Newton-Raphson iteration method is employed for kinematic analysis to solve nonlinear equations. In this research, the analysis results indicate a correlation between the θ_1 value and the θ_2 , θ_3 , θ_4 , θ_5 , and x_2 values. As θ_1 increases, the θ_2 , θ_3 , θ_4 , and θ_5 values also proportionally increase. The x_2 value is also influenced by changes in θ_1 . This study combines the Newton-Raphson iteration method with graphical analysis using CAD software. The conclusion of this research highlights a significant relationship between the θ_1 value and the θ_2 , θ_3 , θ_4 , θ_5 , and x_2 values in the drag-link mechanism. The analysis provides valuable insights for modeling, designing, or controlling systems involving these variables.

KEYWORDS: : Kinematic Analysis, Draglink Mechanism, Newton Raphson, Iteration Method, CAD software

1. PENDAHULUAN

Dalam perancangan dan analisis mekanisme yang kompleks, seperti mekanisme drag-link, penting untuk mempertimbangkan aspek kinematika guna memahami pergerakan dan hubungan antarbagian dalam sistem. Analisis kinematika bertujuan untuk menentukan ruang gerak, kecepatan, dan percepatan antar batang pada mekanisme tersebut, yang sangat penting dalam memastikan keberhasilan operasional mekanisme secara keseluruhan.

Metode iterasi Newton-Raphson adalah metode numerik yang umum digunakan dalam memecahkan persamaan non-linear, termasuk dalam analisis kinematika mekanisme. Metode ini berdasarkan pada pendekatan iteratif yang menggunakan turunan persamaan untuk mendekati akar-akar persamaan. Dalam konteks analisis kinematika, metode iterasi Newton-Raphson dapat diterapkan untuk menghitung posisi, kecepatan, dan percepatan batang-batang pada mekanisme drag-link.

Beberapa penelitian terdahulu telah dilakukan dalam analisis kinematika mekanisme untuk meningkatkan pemahaman dan efisiensi desain. Misalnya, telah menganalisis ruang gerak, kecepatan, dan percepatan pada mekanisme engkol peluncur menggunakan metode grafik[1]. Penelitian ini memberikan wawasan tentang kinematika mekanisme engkol peluncur yang sederhana.

Dengan metode bilangan kompleks juga telah dilakukan desain dan simulasi mekanisme balik cepat (quick return

mechanism)[2]. Penelitian ini memberikan pemahaman lebih lanjut tentang pergerakan dan hubungan antar bagian dalam mekanisme balik cepat.

Analisis mekanisme telah dilakukan pada lengan mesin penanam padi menggunakan metode diskret elemen[3]. Penelitian ini memberikan informasi tentang kinematika mekanisme lengan mesin penanam padi dan dampak gaya pada struktur mekanisme.

Selain itu, penggunaan software CAD, seperti Solidworks, juga telah digunakan dalam analisis kinematika mekanisme. Misalnya, dengan menggunakan Solidworks untuk mensimulasikan gerakan mekanisme lengan backhoe excavator[4]. Yulianto dan Wijianto (2014) juga menggunakan Solidworks dalam simulasi mekanisme lengan excavator pada proses penggalian[5].

Penelitian lainnya, seperti yang dilakukan yakni telah memodelkan kinematika model lutut manusia dengan menggunakan mekanisme four bar linkage[6]. Penelitian ini membantu dalam memahami dimensi yang tepat untuk model above knee prosthesis (AKP) pada lutut manusia.

Namun, dalam analisis kinematika mekanisme drag-link, terdapat tantangan dalam menyelesaikan persamaan non-linear yang muncul akibat hubungan kompleks antarbagian mekanisme. Metode iterasi Newton-Raphson dapat menjadi pendekatan yang efektif untuk memecahkan persamaan-persamaan ini dan mendapatkan solusi yang akurat.

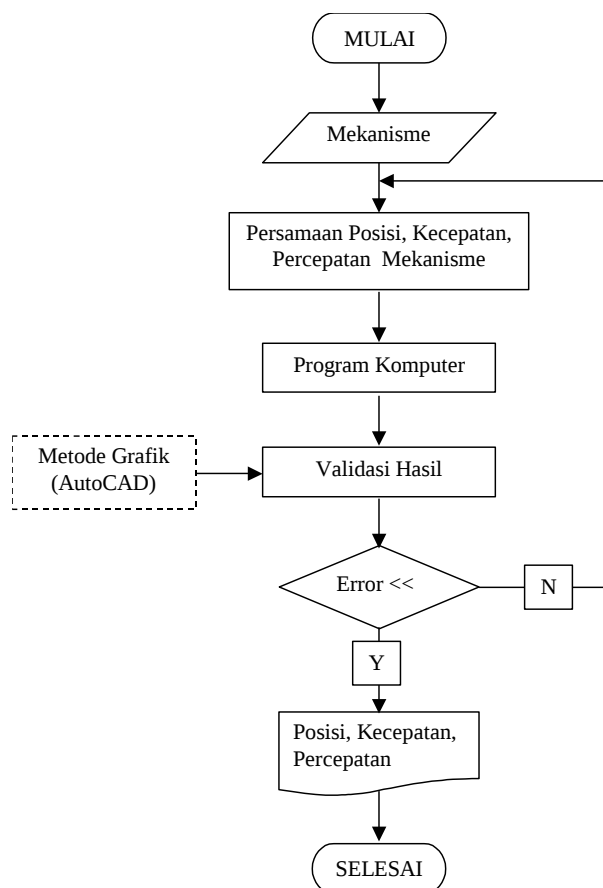
Dalam penelitian ini, metode iterasi Newton-Raphson akan digunakan untuk melakukan analisis kinematika pada mekanisme drag-link. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan posisi, kecepatan, dan percepatan batang-batang dalam mekanisme drag-link. Hasil dari analisis ini akan memberikan pemahaman yang lebih baik tentang pergerakan dan hubungan antarbagian dalam mekanisme tersebut.

Sebagai pembanding, metode grafik berbantuan software CAD juga akan digunakan dalam analisis kinematika mekanisme drag-link. Penggunaan software CAD memungkinkan visualisasi yang lebih jelas dan intuitif dari pergerakan mekanisme, yang dapat membantu dalam memahami kinematika mekanisme secara keseluruhan.

Dengan menggabungkan metode iterasi Newton-Raphson dan metode grafik berbantuan software CAD, penelitian ini bertujuan untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang kinematika mekanisme drag-link. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar yang kuat untuk perancangan dan pengembangan mekanisme drag-link yang efisien dan andal

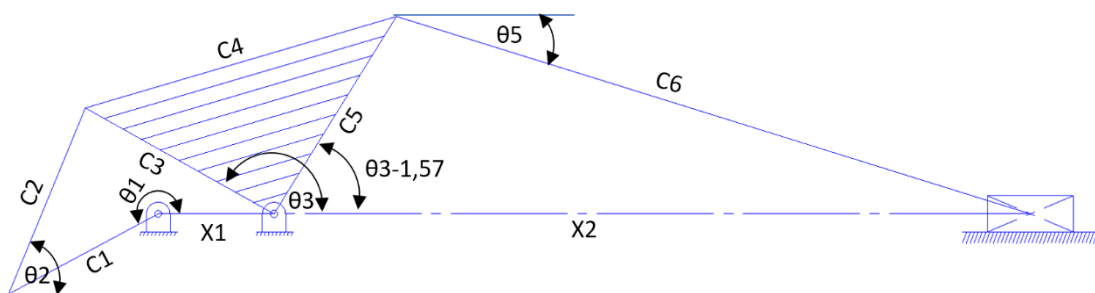
2. Metodologi

Secara garis besar metodologi penelitian yang dilakukan untuk menganalisis kinematik dengan metode bilangan kompleks dapat dilihat pada diagram alir (*flow chart*) seperti pada gambar 2.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Mekanisme yang akan dianalisis adalah mekanisme *drag-link*. Parameter-parameter yang akan digunakan untuk analisis ini dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2: Parameter-parameter mekanisme *drag-link*

Membentuk Persamaan Sudut, Kecepatan Dan Percepatan Mekanisme

1. Analisis Sudut

Analisis posisi mekanisme drag-link dengan metode iterasi dimulai dengan membuat persamaan gerak dari sistem tersebut.

$$f1 = C1. \cos. \theta1 + C2. \cos. \theta2 + C3. \cos. \theta3 - X1 = 0$$

$$f2 = C1. \sin. \theta1 + C2. \sin. \theta2 + C3. \sin. \theta3 = 0$$

$$f3 = C5. \cos. \theta3 + 1,57 + C6. \cos. \theta5 - X2 = 0$$

$$f4 = C5. \sin. \theta3 - 1,57 + C6. \sin. \theta5 = 0$$

selanjutnya persamaan tersebut diturunkan secara parsial terhadap variable yang belum diketahui nilainya, pada kasus ini variable tersebut adalah $\theta2, \theta3, \theta5, X2$. Hasil dari turunan tersebut dimuat kedalam matriks sebagai berikut.

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial f1}{\partial \theta2} & \frac{\partial f1}{\partial \theta3} & \frac{\partial f1}{\partial \theta5} & \frac{\partial f1}{\partial X2} \\ \frac{\partial f2}{\partial \theta2} & \frac{\partial f2}{\partial \theta3} & \frac{\partial f2}{\partial \theta5} & \frac{\partial f2}{\partial X2} \\ \frac{\partial f3}{\partial \theta2} & \frac{\partial f3}{\partial \theta3} & \frac{\partial f3}{\partial \theta5} & \frac{\partial f3}{\partial X2} \\ \frac{\partial f4}{\partial \theta2} & \frac{\partial f4}{\partial \theta3} & \frac{\partial f4}{\partial \theta5} & \frac{\partial f4}{\partial X2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -C2\sin(\theta2) & C3\sin(\theta3) & 0 & 0 \\ C2\cos(\theta2) & -C3\cos(\theta3) & 0 & 0 \\ 0 & -C5\sin(\theta3) & -C6\sin(\theta5) & -1 \\ 0 & C5\cos(\theta3) & C6\cos(\theta5) & 0 \end{bmatrix}$$

Matriks di atas diselesaikan dengan metoda iterasi newton

rhapson untuk mendapatkan nilai asli dari variable yang tidak diketahui. Untuk menyelesaikan matriks tersebut dengan mudah penulis menggunakan program komputer dengan memanfaatkan aplikasi matlab.

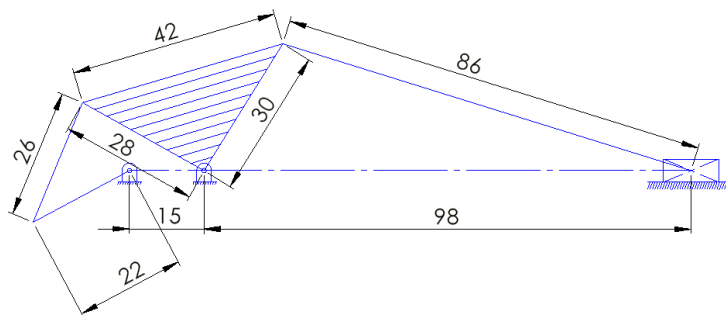
2. Analisis Kecepatan

Nilai kecepatan pada mekanisme drag-link dapat dicari dengan menurunkan persamaan gerak mekanisme terhadap waktu. Berikut persamaan kecepatan dalam matriks jacobian.

$$\begin{bmatrix} \dot{\theta2} \\ \dot{\theta3} \\ \dot{\theta5} \\ \dot{X2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -C2\sin(\theta2) & C3\sin(\theta3) & 0 & 0 \\ C2\cos(\theta2) & -C3\cos(\theta3) & 0 & 0 \\ 0 & -C5\sin(\theta3) & -C6\sin(\theta5) & -1 \\ 0 & C5\cos(\theta3) & C6\cos(\theta5) & 0 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} C1\sin(\theta1) \\ C1\cos(\theta1) \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dimensi dari mekanisme drag-link yang akan diselesaikan dapat dilihat pada gambar 3, sebagai berikut.



Gambar 3: Dimensi mekanisme drag-link

Hasil Sudut, Kecepatan Dan Percepatan Mekanisme

1. Hasil analisis Sudut

Dari hasil program computer yang telah dilakukan, didapatkan hasil berupa data dan grafik. Data dimuat ke dalam tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis sudut

$\theta1$	$\theta2$	$\theta3$	$\theta4$	$\theta5$	$x2$
3,1	1,1214	3,1467	1,5767	-0,35702	80
3,15	1,1513	3,1761	1,6061	-0,35679	80
3,2	1,1807	3,2063	1,6363	-0,35625	79
3,25	1,2098	3,2373	1,6673	-0,35538	78
3,3	1,2385	3,2690	1,6990	-0,35415	77
3,35	1,2668	3,3013	1,7313	-0,35255	76
3,4	1,2947	3,3343	1,7643	-0,35057	75
3,45	1,3222	3,3678	1,7978	-0,34819	74
3,5	1,3493	3,4018	1,8318	-0,34541	73
3,55	1,3761	3,4365	1,8665	-0,34221	72
3,6	1,4026	3,4717	1,9017	-0,33859	71

Hasil tersebut didapat dengan menginput $\theta1$ (radian) dari 3,1 – 3,6 dengan rentang 0,05. Dari data yang diberikan, terdapat hubungan antara variasi nilai $\theta1$ dengan nilai-nilai $\theta2, \theta3, \theta4, \theta5$, dan $x2$ dalam sistem yang diamati. Terlihat bahwa ketika nilai $\theta1$ meningkat secara bertahap, nilai-nilai $\theta2, \theta3, \theta4$, dan $\theta5$ juga mengalami peningkatan secara proporsional. Selain itu, nilai $x2$ juga menunjukkan perubahan yang terkait dengan perubahan nilai $\theta1$. Data menunjukkan adanya korelasi antara variabel-variabel tersebut, dengan perubahan dalam $\theta1$ berdampak pada nilai-nilai lainnya.

2. Hasil analisis Kecepatan

Dari program yang dijalankan dapat didapat hasil kecepatan setiap variable posisi dapat dilihat pada tabel 2, berikut ini

Tabel 2. Hasil kecepatan dari program komputer

$\theta 1$	V1	V2	V3	V4
3,1	0,01349	0,79114	-0,01646	-24,191
3,15	0,032448	0,79849	-0,00774	-24,179
3,2	0,051916	0,80573	0,000985	-24,142
3,25	0,07193	0,81292	0,009702	-24,084
3,3	0,092555	0,092555	0,01838	-24,007
3,35	0,11385	0,82732	0,026994	-23,915
3,4	0,13586	0,83462	0,035532	-23,812
3,45	0,15857	0,84204	0,043995	-23,699
3,5	0,18197	0,8496	0,052391	-23,578
3,55	0,20602	0,85732	0,060733	-23,45
3,6	0,2307	0,86522	0,069035	-23,315

Hasil yang ditampilkan oleh program komputer menunjukkan bahwa terdapat perubahan nilai kecepatan (V1, V2, V3, V4) seiring dengan variasi nilai $\theta 1$. Kecepatan V1 dan V2 meningkat secara linier dengan $\theta 1$, sementara V3 dan V4 memiliki pola perubahan yang lebih kompleks. Hal ini mengindikasikan adanya hubungan antara $\theta 1$ dan kecepatan dalam sistem yang sedang diamati

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa terdapat korelasi antara nilai $\theta 1$ dengan nilai-nilai $\theta 2$, $\theta 3$, $\theta 4$, $\theta 5$, dan $x 2$ dalam sistem yang diamati. Ketika nilai $\theta 1$ meningkat, secara proporsional nilai-nilai $\theta 2$, $\theta 3$, $\theta 4$, dan $\theta 5$ juga mengalami peningkatan. Selain itu, nilai $x 2$ juga menunjukkan perubahan yang terkait dengan perubahan nilai $\theta 1$. Hal ini menunjukkan adanya ketergantungan dan interaksi antara elemen-elemen dalam sistem tersebut.

Analisis lebih lanjut perlu dilakukan untuk memahami implikasi dari hubungan ini dalam konteks sistem yang lebih luas. Informasi ini dapat berguna dalam pemodelan, perancangan, atau pengendalian sistem yang melibatkan variabel-variabel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Saputra and R. Muharni, "Perancangan dan Analisis Kinematik Dengan Metode Grafis dan Bilangan Kompleks Dari Alat Peraga Engkol Peluncur," *TEKNOSAINS J. Sains, Teknol. dan Inform.*, vol. 9, no. 1, pp. 9–19, 2022.
- [2] N. Nazaruddin and W. Fatra, "Analisis Kinematika pada Quick Return Mechanism dengan Menggunakan Metode Bilangan Kompleks," *Proksima*, vol. 1, no. 1, pp. 18–24.
- [3] D. Wardianto, I. Anwar, and M. Muchlisinalahuddin, "Aplikasi Kinematika Pada Mekanisme Lengan Penanam Alat Tanam Padi Semi Mekanis," *Menara Ilmu*, vol. 15, no. 2, 2021.
- [4] G. Mustofa, S. Tangkuman, and H. Luntungan, "Simulasi Kinematika Mekanisme Lengan Backhoe

Excavator," *J. POROS Tek. MESIN UNSRAT*, vol. 7, no. 1, 2018.

- [5] D. Yulianto and S. T. Wijianto, "Analisis Kinematis Lengan Excavator Keihatsu 921 C." Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2014.
- [6] A. Sugihartoa, A. I. Mahyuddina, I. Hermana, and M. N. H. Kusumab, "Pengukuran dan Pemodelan Sistem Kinematika 8 Batang sebagai Parameter Kinematika pada Atlet Rowing."