
Model Matematika *Free Throw* pada Permainan Bola Basket

Yogi Trio Saputra¹, Media Rosha²

^{1,2} Program Studi Matematika, Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan dan Alam, Universitas Negeri Padang (UNP)

Article Info

Article history:

Received July 03, 2023

Revised July 17, 2023

Accepted September 20, 2023

Keywords:

Mathematical Model

Free Throw

Magnus Effect

Runge-Kutta Method

Basketball

Kata Kunci:

Model Matematika

Free Throw

Efek Magnus

Metode Runge-Kutta

Permainan Bola Basket

ABSTRACT

In basketball, basic skills such as Passing, Dribbling, Rebound, and Shooting are crucial. Shooting includes various techniques like one hand set shoot, jump shot, lay up, hook shot, runner, three-point shot, and free throw. A free throw is an unguarded shot that awards one point if successful. One of the factors that affects the success of executing a free throw is understanding the physics principles involved, such as parabolic motion, Magnus effect, gravitational force, and friction when the ball is in the air. During a free throw, the ball moves in three dimensions (3D). This applied research utilized secondary data and the numerical method of Runge-Kutta to determine the optimal trajectory of the ball during a free throw. The results indicate that an initial velocity of 10 m/s with a spin frequency of 3 rot/s and a shooting angle of 30°, as well as a shooting angle of 48° with a spin frequency of 3 rot/s and an initial velocity of 8 m/s, provide the best trajectory for scoring points.

ABSTRAK

Dalam permainan bola basket, keterampilan dasar seperti *Passing*, *Dribbling*, *Rebound*, dan *Shooting* menjadi penting. *Shooting* mencakup berbagai teknik seperti *one hand set shoot*, *jump shoot*, *lay up*, *hook shoot*, *runner*, *three point shoot*, dan *free throw*. *Free throw* adalah lemparan bebas tanpa penjagaan yang akan memberikan satu poin jika berhasil. Salah satu faktor yang mempengaruhi keberhasilan dalam melakukan *free throw* adalah pemahaman tentang prinsip-prinsip fisika yang terlibat, termasuk gerak parabola, efek magnus, gaya berat, dan gaya gesek saat bola berada di udara. Saat melakukan *free throw*, bola bergerak dalam tiga dimensi (3D). Penelitian terapan ini menggunakan data sekunder dan metode numerik *Runge-Kutta* untuk menemukan lintasan terbaik bola saat melakukan *free throw*. Hasilnya menunjukkan bahwa kecepatan awal 10 m/s dengan frekuensi *spin* 3 putaran/s dan sudut tembakan 30° serta sudut tembakan 48° dengan frekuensi *spin* 3 putaran/s dan kecepatan awal 8 m/s adalah lintasan terbaik untuk mencetak poin.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Penulis pertama

(Yogi Trio Saputra)

Program Studi Matematika, Departemen Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,

Universitas Negeri Padang, Jl. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar barat, Padang Utara, Padang, Indonesia. Kode Pos: 25131

Email: yogitriosaputra32@gmail.com



1. PENDAHULUAN

Bola basket adalah olahraga yang dimainkan dengan tangan untuk mencetak poin sebanyak mungkin ke ring lawan dan mencegah masuknya bola ke ring sendiri [1]. Dr. James Naismith memperkenalkan olahraga ini pada awalnya dan sejak itu olahraga ini terus berkembang [2]. Pemain harus menguasai teknik dasar seperti *Passing*, *Dribbling*, *Rebound*, dan *Shooting*. *Shooting* dilakukan dengan memasukkan bola ke dalam ring lawan, bisa dengan dua tangan atau satu tangan. Teknik *shooting* dalam bola basket termasuk *one hand set shoot*, *jump shoot*, *lay up*, *hook shoot*, *runner*, *three point shoot*, dan *free throw* [3].

Free throw adalah lemparan bebas pada bola basket tanpa penjagaan [4]. Meskipun memiliki tingkat keberhasilan tinggi, namun masih banyak pemain yang gagal karena latihan yang kurang dan teknik yang tidak tepat. Sekitar 20-25% poin dalam permainan dihasilkan dari *free throw* [5].

Bola yang dilemparkan pada *free throw* bergerak pada tiga dimensi dan terpengaruh oleh prinsip fisika seperti gerak parabola, efek magnus, gaya berat, dan gaya gesek. Dalam konteks *free throw*, efek magnus dapat mempengaruhi jalur bola, terutama ketika bola berputar dengan kecepatan yang signifikan. Jika bola diputar dengan rotasi yang tepat, efek magnus dapat membantu mengarahkan bola ke arah yang diinginkan oleh pelempar.

Efek magnus adalah fenomena yang menjelaskan rotasi bola seiring gerakan linier [6]. Efek magnus merupakan fenomena fisika di mana sebuah objek yang berputar di sekitar sumbu tertentu menciptakan gaya angkat yang mempengaruhi pergerakan objek tersebut. Pada *free throw*, ketika bola basket dilempar dengan rotasi, efek magnus mempengaruhi jalur dan pergerakan bola. Ketika bola berputar, aliran udara di sekitarnya terpecah menjadi dua bagian, di sisi depan bola, aliran udara terkompresi, sedangkan di sisi belakangnya, aliran udara terdekompressi. Hal ini menciptakan perbedaan tekanan di kedua sisi bola, menghasilkan gaya angkat yang mempengaruhi jalur bola. Hambatan udara juga mempengaruhi bola, karena tekanan udara dan massa dapat mempengaruhi gerakan bola. Gravitasi juga mempengaruhi pergerakan bola, terutama pada pemutaran bebas [7].

Pemodelan matematika merupakan suatu bidang dalam ilmu matematika yang bertujuan untuk merepresentasikan dan menjelaskan masalah-masalah yang ada dalam kehidupan nyata dengan menggunakan bahasa matematika, dengan memodelkan masalah-masalah tersebut dapat diperoleh pemahaman yang lebih tepat tentang fenomena di dunia nyata [8]. Persoalan-persoalan yang muncul dalam ranah ilmu pengetahuan dan teknologi dapat diungkapkan melalui persamaan matematika [9]. Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Andrew Lang dan Joerg M. Gablonskyhal (2005) berjudul "*Modeling Basketball Free Throws*" mencari sudut lempar terbaik dengan kecepatan awal yang telah ditentukan dan mencari lintasan terbaik dengan menentukan kecepatan awal serta sudut lemparan yang bervariasi. Pada penelitian tersebut, Andrew Lang dan Joerg M. Gablonskyhal mengabaikan hambatan udara serta setiap putaran yang mungkin dimiliki bola. Namun pada kenyataannya bola yang berada di udara mengalami hambatan udara serta putaran bola yang dihasilkan dari gerakan tangan pelempar.

Penelitian ini merupakan pemodelan matematika dalam ruang tiga dimensi untuk menentukan kecepatan awal, sudut lemparan dan frekuensi *spin* tertentu untuk melihat lintasan bola agar bola dapat langsung masuk ke ring basket dalam *free throw*. Ketika model matematika rumit tidak dapat diselesaikan secara analitik, maka dapat menggunakan solusi numerik. Solusi analitik menggunakan rumus aljabar, sedangkan solusi numerik menggunakan operasi perhitungan biasa untuk mencari solusi yang mendekati solusi sejati [10]. Metode *Runge-Kutta* menawarkan tingkat ketelitian yang akurat dalam memecahkan sistem persamaan diferensial pada model matematika *free throw* bola basket, dibandingkan dengan metode-metode lain seperti metode *Euler*, deret *Taylor*, *Heun*, dan *Poligon*. Oleh karena itu, dalam model yang akan dibentuk, kita akan menggunakan persamaan diferensial biasa orde dua dan menerapkan metode *Runge-Kutta* untuk mencari solusi numeriknya.[11].

2. METODE

Penelitian ini membahas tentang model matematika lintasan *free throw* dalam permainan bola basket yang bersifat dasar (teoritis). Pemodelan matematika merupakan bidang matematika yang menjelaskan masalah pada dunia nyata kedalam bentuk matematika [12]. Metode teoritis akan digunakan dengan melakukan penelitian kepustakaan dengan melihat teori-teori yang terkait dengan masalah yang dibahas. [13]. Tahapan-tahapan dalam membangun model matematika yaitu mengidentifikasi masalah, mengadakan penyederhanaan, menyusun model, menganalisis model, dan menginterpretasikan model [14].

Dalam merumuskan model *free throw* pada permainan bola basket, perlu dirumuskan pertanyaan yang relevan serta mengidentifikasi faktor-faktor penting yang memengaruhi keberhasilan lemparan tersebut. Selanjutnya, ditentukan variabel dan parameter yang relevan untuk membangun model 3D *free throw*, seperti sudut lemparan, kecepatan bola, dan posisi awal pemain. Asumsi juga perlu dibuat untuk mempertimbangkan hubungan antara faktor-faktor tersebut. Hubungan antar faktor ini kemudian dibentuk kedalam model matematika, seperti menggunakan persamaan fisika yang menggambarkan pergerakan bola dalam 3D.

Untuk menganalisis model tersebut, digunakan metode numerik seperti metode *Runge-Kutta*. Selanjutnya, simulasi dapat dilakukan pada sudut lemparan tertentu dengan memasukkan nilai-nilai variabel yang relevan. Dalam proses ini, kita dapat mencari kecepatan awal terbaik pada sudut lemparan, serta frekuensi *spin* tertentu yang dapat menghasilkan *free throw* yang sukses.

Setelah melakukan analisis model, hasilnya dapat diinterpretasikan. Interpretasi ini penting untuk memahami mekanisme lemparan dan memberikan wawasan yang dapat digunakan untuk meningkatkan akurasi lemparan dalam latihan dan permainan sebenarnya. Berdasarkan hasil interpretasi tersebut, dapat diperoleh simpulan yang relevan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pembentukan Model

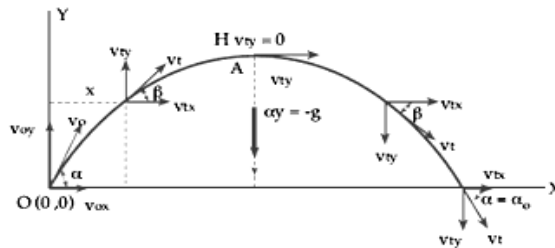
Asumsi dalam pemodelan matematika merujuk pada kondisi atau anggapan yang dibuat untuk mempermudah analisis atau perumusan suatu masalah matematika. Asumsi sering kali diperlukan karena dunia nyata sering kali kompleks, dan dengan membuat beberapa asumsi, kita dapat menyederhanakan masalah agar lebih dapat dipecahkan. Dalam pembentukan model matematika ini, beberapa asumsi digunakan. Pertama, diasumsikan bahwa bola dan lapangan sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh *Fédération Internationale de Basketball (FIBA)*. Selanjutnya, diasumsikan bahwa saat bola dilemparkan, bola langsung masuk ke dalam ring tanpa terkena penghalang lainnya. Selain itu dalam model ini, diasumsikan bahwa pergerakan bola terjadi dalam ruang tiga dimensi yang direpresentasikan dalam bentuk vektor $\hat{i}, \hat{j}, \hat{k}$.

Selama bola berada pada lintasan setelah lemparan, terdapat beberapa gaya yang mempengaruhi bola. Pertama, gaya gravitasi mempengaruhi gerakan vertikal bola. Selanjutnya, terdapat gaya gesek udara yang mempengaruhi bola berdasarkan arah lemparan. Gaya magnus juga diperhitungkan, yang dipengaruhi oleh vektor arah bola ketika dilemparkan (τ) dan vektor rotasi bola (σ). Asumsi tersebut menjelaskan bahwa faktor-faktor tersebut memainkan peran dalam pergerakan bola dan dapat mempengaruhi akurasi lemparan. Terakhir, asumsi tinggi pelempar *free throw* yaitu 175 cm digunakan dalam model ini. Asumsi ini memungkinkan penyesuaian perhitungan untuk mempertimbangkan ketinggian dan sudut lemparan yang optimal bagi pelempar dengan tinggi tersebut

Model matematika terdiri dari variabel, parameter dan fungsi yang menyatakan relasi antara variabel dan parameter [15]. Dalam pembentukan model ini, beberapa variabel dan parameter digunakan untuk menggambarkan pergerakan bola pada lemparan *free throw* dalam permainan bola basket. Variabel yang digunakan mencakup kecepatan bola pada sumbu-x (v_x), kecepatan bola pada sumbu-y (v_y), kecepatan bola pada sumbu-z (v_z), serta posisi bola pada sumbu-x (x), sumbu-y (y), dan sumbu-z (z). Selain itu, waktu (t) juga merupakan variabel penting yang memperhitungkan perjalanan bola seiring berjalannya waktu. Sementara itu, parameter-parameter yang digunakan



dalam penelitian ini meliputi kecepatan awal bola (v), koefisien gaya hambatan (C_d), koefisien gaya magnus atau perputaran bola (C_l), sudut rotasi bola ketika di udara (Y), gaya gravitasi (g), luas penampang bola (A), serta massa bola (m). Parameter-parameter ini memberikan informasi tentang sifat-sifat fisik dan karakteristik bola serta pengaruh gaya-gaya tertentu pada pergerakan bola dalam model matematika yang dibangun.



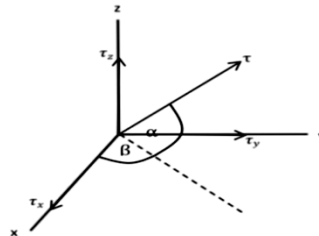
Gambar 1. Ilustrasi Lintasan Gerak Bola

Berikut ilustrasi lintasan *free throw* dalam permainan bola basket:



Gambar 2. Ilustrasi Lemparan *Free Throw*

Berdasarkan ilustrasi pada Gambar 2, maka dapat dibentuk model matematika *free throw* dalam permainan bola basket. Dari lintasan bola yang bergerak terbentuk sudut α yang dibentuk oleh vektor τ terhadap sumbu z dan bidang (x, y) , serta sudut β yang dibentuk oleh vektor τ terhadap sumbu x dan sumbu y .



Gambar 3. Ilustrasi Vektor pada Sumbu x , y , dan z

Pada saat bola dilempar, lintasan bola membentuk vektor arah bola. Sehingga dari Gambar 3 diperoleh vektor arah bola ketika dilemparkan (τ), yaitu:

$$\tau = (\cos \alpha \cdot \cos \beta)\hat{i} + (\cos \alpha \cdot \sin \beta)\hat{j} + (\sin \alpha)\hat{k}. \tag{1}$$

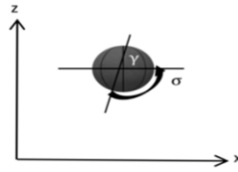
Karena kecepatan sama dengan turunan pertama dari posisi, maka diperoleh:

$$\frac{v_x}{v} = \cos \alpha \cdot \cos \beta \tag{2}$$

$$\frac{v_y}{v} = \cos \alpha \cdot \sin \beta \tag{3}$$

$$\frac{v_z}{v} = \sin \alpha. \tag{4}$$

Pada saat bola melambung di udara bola mengalami rotasi karena efek *backspin*, sehingga sudut yang terbentuk dari rotasi bola saat bola melambung diudara sebagai berikut:

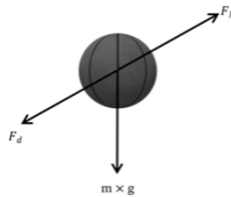


Gambar 4. Ilustrasi Efek Magnus pada Bola

Ilustrasi Gambar 4 memperlihatkan bahwa Vektor σ hanya berada pada sumbu- x dan sumbu- z maka diperoleh persamaan vektornya:

$$\sigma = (\cos \gamma)\hat{i} - (\sin \gamma)\hat{k}. \quad (5)$$

Ketika bola dilempar dan berada dalam lintasan terbang di udara, prinsip Hukum Newton kedua berlaku, dan ada tiga gaya yang mempengaruhi bola tersebut, yaitu gaya Magnus, gaya gesek udara, dan gaya gravitasi.



Gambar 5. Ilustrasi Gaya yang Mempengaruhi Free Throw

Sesuai dengan prinsip hukum newton dua pada kondisi ini gaya yang bekerja [16], yaitu:

$$\sum F = ma. \quad (6)$$

Dari ilustrasi Gambar 5 maka total gaya yang bekerja, yaitu:

$$F_M - F_d - mg = ma. \quad (7)$$

Keterangan:

F_M = gaya magnus

F_d = gaya gesek

m = massa bola

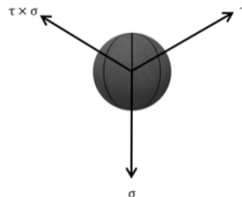
g = gravitasi

a = percepatan

Maka diperoleh percepatannya, yaitu:

$$a = \frac{1}{m}F_M - \frac{1}{m}F_d - g. \quad (8)$$

Gaya magnus yang bekerja pada bola dipengaruhi oleh vektor arah bola ketika dilemparkan (τ) dan rotasi bola (σ).



Gambar 6. Ilustrasi Gaya Magnus yang Dipengaruhi Vektor Arah Bola

Pada kondisi ini terjadi gaya magnus, (Ken Bray, 2003) menjelaskan persamaan magnus [17] yaitu:

$$F_M = C_M \rho D^3 \omega v \tau \times \sigma. \quad (9)$$

Untuk perkalian vektor τ dan vektor σ diperoleh hasilnya yaitu:

$$\tau \times \sigma = \left(-\frac{v_y}{v} \sin \gamma\right) \hat{i} + \left(\frac{v_z}{v} \cos \gamma + \frac{v_x}{v} \sin \gamma\right) \hat{j} + \left(-\frac{v_y}{v} \cos \gamma\right) \hat{k}. \quad (10)$$

Sehingga gaya magnusnya dapat ditulis:

$$F_M = C_M \rho D^3 \omega v \left(\left(-\frac{v_y}{v} \sin \gamma\right) \hat{i} + \left(\frac{v_z}{v} \cos \gamma + \frac{v_x}{v} \sin \gamma\right) \hat{j} + \left(-\frac{v_y}{v} \cos \gamma\right) \hat{k} \right). \quad (11)$$



Pada saat bola di udara terdapat gesekan yang juga memiliki koefisien hambatan [18]. Arah vektor bola saat dilemparkan (τ) memengaruhi gaya gesek udara yang bekerja pada bola, sehingga diperoleh:

$$F_d = C_d \rho A v^2 (\tau).$$

Substitusikan nilai τ kedalam F_d , sehingga diperoleh:

$$F_d = C_d \rho A v^2 \left(\frac{v_x}{v} \hat{i} + \frac{v_y}{v} \hat{j} + \frac{v_z}{v} \hat{k} \right). \quad (12)$$

Percepatan adalah hasil turunan kedua dari fungsi posisi [19], sehingga $a = \frac{d^2 s}{dt^2}$. Maka diperoleh fungsi posisi bola pada tiap sumbu x , sumbu y , dan sumbu z menjadi:

$$\begin{aligned} \frac{d^2 x}{dt^2} &= \left(-\frac{1}{m} C_M \rho D^3 \omega v_y \sin \gamma \right) - \left(\frac{1}{m} C_d \rho A v v_x \right) \\ \frac{d^2 y}{dt^2} &= \left(\frac{1}{m} C_M \rho D^3 \omega \right) (v_z \cos \gamma + v_x \sin \gamma) - \left(\frac{1}{m} C_d \rho A v v_y \right) \\ \frac{d^2 z}{dt^2} &= \left(-\frac{1}{m} C_M \rho D^3 \omega v_y \cos \gamma \right) - \left(\frac{1}{m} C_d \rho A v v_z \right) - g. \end{aligned}$$

Untuk menyederhanakan model tersebut, misal $K_L = \frac{1}{m} C_M \rho D^3 \omega$ dan $K_d = \frac{1}{m} C_d \rho A v$. Sehingga bentuk model menjadi:

$$\begin{aligned} \frac{d^2 x}{dt^2} &= -(K_L v_y \sin \gamma) - (K_d v_x) \\ \frac{d^2 y}{dt^2} &= (K_L)(v_z \cos \gamma + v_x \sin \gamma) - (K_d v_y) \\ \frac{d^2 z}{dt^2} &= -(K_L v_y \cos \gamma) - (K_d v_z) - g. \end{aligned}$$

3.2 Analisis Model

Model yang telah didapat merupakan sistem persamaan diferensial biasa orde dua. Model yang telah didapat cukup sulit ditemukan solusi analitiknya, oleh sebab itu akan dilakukan pendekatan secara numerik menggunakan metode *Runge-Kutta* orde-4. Terdapat empat variabel yaitu satu variabel bebas (t) serta tiga variabel bebas (x, y, z). Misalkan $a = \cos \gamma$ dan $b = \sin \gamma$ maka model yang diperoleh menjadi:

$$\begin{aligned} \frac{d^2 x}{dt^2} &= -(K_L b v_y) - (K_d v_x) \\ \frac{d^2 y}{dt^2} &= (K_L)(a v_z + b v_x) - (K_d v_y) \\ \frac{d^2 z}{dt^2} &= -(K_L a v_y) - (K_d v_z) - g. \end{aligned}$$

Kemudian model tersebut kita substitusikan kedalam bentuk umum persamaan *Runge-Kutta*, sehingga diperoleh persamaan *Runge-Kutta* untuk x, y dan z , yaitu:

$$\begin{aligned} x_{i+1} &= x_i + \frac{1}{6} h(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4) \\ y_{i+1} &= y_i + \frac{1}{6} h(l_1 + 2l_2 + 2l_3 + l_4) \\ z_{i+1} &= z_i + \frac{1}{6} h(m_1 + 2m_2 + 2m_3 + m_4). \end{aligned}$$

Misalkan $a = \cos \gamma$ dan $b = \sin \gamma$, sehingga diperoleh persamaan untuk k_1, k_2, k_3, k_4 adalah:

$$k_1 = -K_L b y_i - K_d x_i$$

$$k_2 = -K_L b \left(y_i + h \frac{l_1}{2} \right) - K_d \left(x_i + h \frac{k_1}{2} \right)$$

$$k_3 = -K_L b \left(y_i + h \frac{l_2}{2} \right) - K_d \left(x_i + h \frac{k_2}{2} \right)$$

$$k_4 = -K_L b (y_i + h l_3) - K_d (x_i + h k_3).$$

Persamaan untuk l_1, l_2, l_3, l_4 diperoleh:

$$l_1 = K_L a z_i + K_L b x_i - K_d y_i$$

$$l_2 = K_L a \left(z_i + h \frac{m_1}{2} \right) + K_L b \left(x_i + h \frac{k_1}{2} \right) - K_d \left(y_i + h \frac{l_1}{2} \right)$$

$$l_3 = K_L a \left(z_i + h \frac{m_2}{2} \right) + K_L b \left(x_i + h \frac{k_2}{2} \right) - K_d \left(y_i + h \frac{l_2}{2} \right)$$

$$l_4 = K_L a (z_i + h m_3) + K_L b (x_i + h k_3) - K_d (y_i + h l_3).$$

Persamaan untuk l_1, l_2, l_3, l_4 diperoleh:

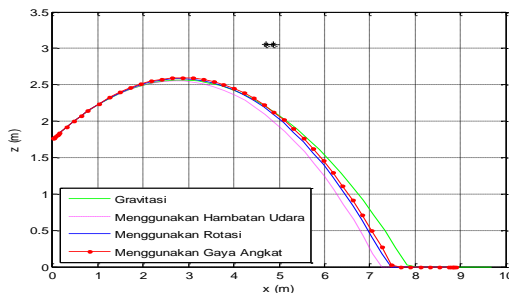
$$m_1 = -K_L a y_i - K_d z_i - g$$

$$m_2 = -K_L a \left(y_i + h \frac{l_1}{2} \right) - K_d \left(z_i + h \frac{m_1}{2} \right) - g$$

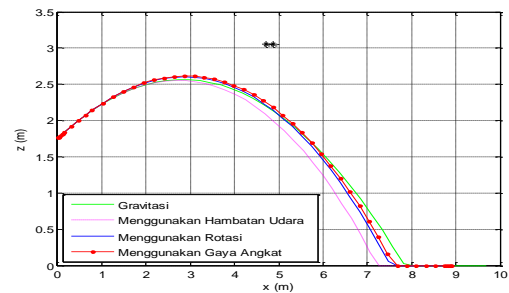
$$m_3 = -K_L a \left(y_i + h \frac{l_2}{2} \right) - K_d \left(z_i + h \frac{m_2}{2} \right) - g$$

$$m_4 = -K_L a (y_i + h l_3) - K_d (z_i + h m_3) - g.$$

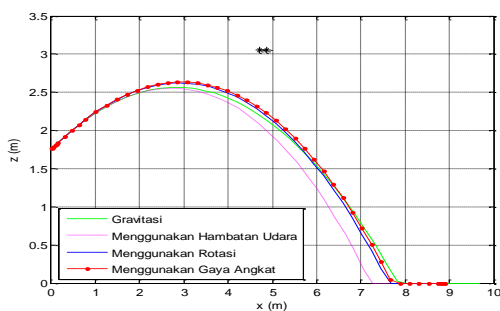
Dalam proses simulasi, akan terjadi variasi pada tiga parameter, yaitu frekuensi *spin*, kecepatan awal, dan sudut tembakan. Berikut adalah variasi parameter yang diberikan: (i) frekuensi *spin* sebesar 2 putaran/s, 3 putaran/s, 4 putaran/s, dan 5 putaran/s dengan kecepatan awal 8 m/s, sudut tembakan 30°. (ii) kecepatan awal sebesar 8 m/s, 10 m/s, dan 15 m/s dengan frekuensi *spin* 3 putaran/s, sudut tembakan 30°. (iii) sudut tembakan sebesar 30°, 48°, dan 60° dengan frekuensi *spin* 3 putaran/s, kecepatan awal 8 m/s. Posisi awal tidak berubah yaitu $x = 0$, $y = 0$, dan $z = 1,75$ m. Jika disimulasikan akan terlihat seperti gambar berikut:



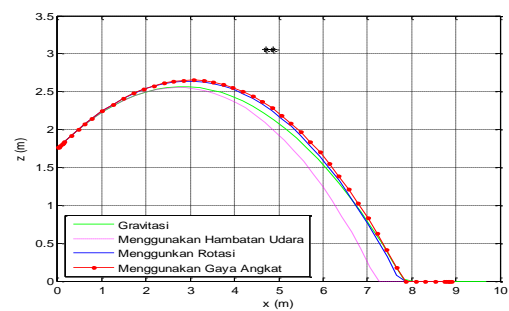
(a)



(b)



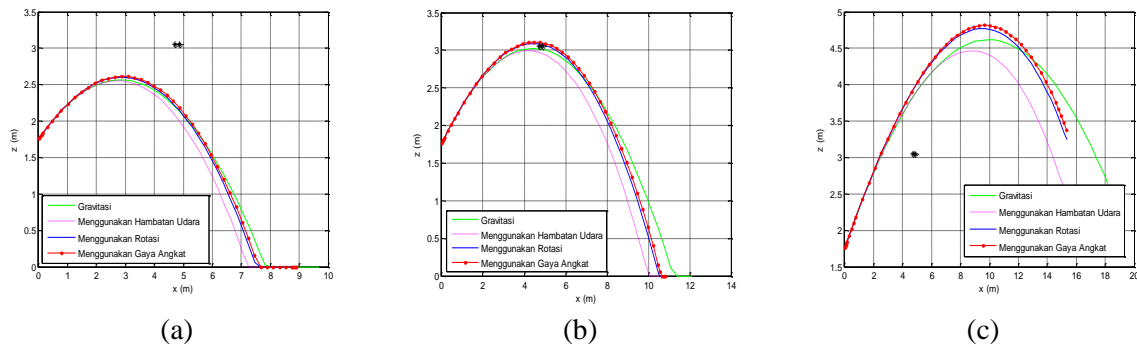
(c)



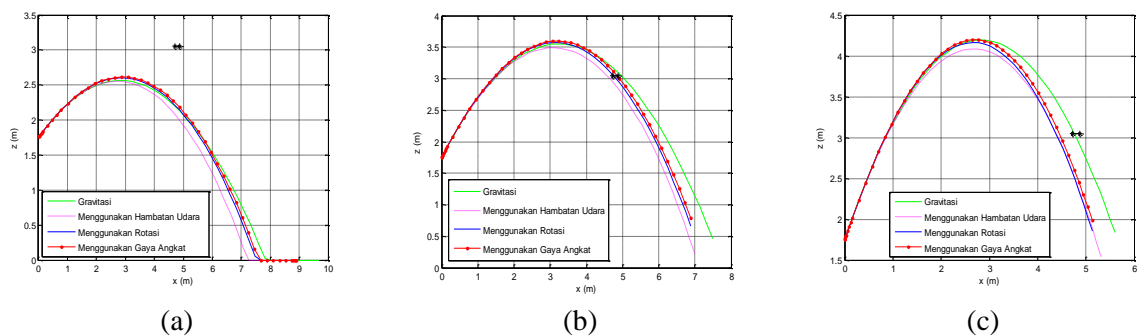
(d)



Gambar 7. Kecepatan Awal 8 m/s Sudut Tembakan 30° Terhadap (a) Frekuensi *Spin* Sebesar 2 putaran/s (b) Frekuensi *Spin* Sebesar 3 putaran/s (c) Frekuensi *Spin* Sebesar 4 putaran/s (d) Frekuensi *Spin* Sebesar 5 putaran/s



Gambar 8. Frekuensi *Spin* 3 putaran/s, Sudut Tembakan 30° Terhadap (a) Kecepatan Awal Sebesar 8 m/s (b) Kecepatan Awal Sebesar 10 m/s (c) Kecepatan Awal Sebesar 15 m/s



Gambar 9. Frekuensi *Spin* 3 putaran/s Kecepatan Awal 8 m/s Terhadap (a) Sudut Tembakan Sebesar 30° (b) Sudut Tembakan Sebesar 48° (c) Sudut Tembakan Sebesar 60°

3.3 Interpretasi Model

Dalam simulasi variasi frekuensi *spin*, ketika bola basket dilemparkan dengan *backspin*, terjadi perbedaan tekanan dimana tekanan di sisi atas bola lebih rendah dibandingkan tekanan di sisi bawahnya. Akibatnya, bola sedikit terangkat ke atas dan mencapai ketinggian maksimum yang lebih besar. Dengan demikian, semakin tinggi frekuensi *spin* yang diberikan, lintasan gerakan bola dengan *backspin* akan semakin terangkat ke atas dan ketinggian maksimumnya akan semakin besar. Namun, dari empat variasi nilai frekuensi *spin* yang diuji, belum ditemukan lintasan optimal yang memungkinkan bola masuk ke ring basket.

Dalam hasil simulasi, ketika nilai kecepatan awal bola berbeda, terlihat perbedaan dalam jarak dan ketinggian maksimum yang dicapai oleh bola, serta juga pembelokan lateral yang berbeda. Dengan memberikan kecepatan awal yang lebih tinggi, menghasilkan jarak dan ketinggian maksimum yang lebih besar pula. Pada Gambar 8 (b) diperoleh lintasan terbaik bola untuk bisa masuk ring yaitu pada saat kecepatan awal 10 m/s.

Hasil simulasi pada Gambar 9 (a). jarak maksimum terbesar diperoleh pada saat sudut tembakan 30° , hal ini dikarenakan pada saat bola ditembakkan dengan sudut 30° , waktu yang diperlukan oleh bola untuk mencapai permukaan tanah dan nilai v_x dari bola tersebut relatif besar sehingga menghasilkan jarak maksimum terbesar dibandingkan sudut tembakan 48° dan 60° , pada Gambar 9 (b) dengan sudut tembakan 48° bola dapat masuk ke ring basket, dan pada Gambar 9 (c) adalah ketinggian maksimum terbesar di dapatkan pada saat sudut tembakan 60° , hal ini karena v_y yang dihasilkan mempunyai nilai paling besar dengan sudut yang lain dan mengakibatkan waktu bola jatuh ke permukaan tanah akan semakin lama.

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis diperoleh plot yang menunjukkan perbedaan lintasan dari frekuensi *spin*, kecepatan awal, sudut tembakan yang berbeda-beda. model matematika free throw 3D untuk permainan bola basket, dengan posisi awal (0, 0, 1.75) meter, serta menggunakan konstanta magnus dan konstanta gaya gesek udara yang sama, hasil lintasan bola akan berbeda tergantung pada variasi frekuensi *spin*, kecepatan, dan sudut tembakan yang diberikan. Dari simulasi variasi frekuensi *spin* yang berbeda tidak didapatkan lintasan terbaiknya. Dari simulasi variasi kecepatan awal yang berbeda diperoleh satu lintasan terbaik bola untuk bisa mencetak poin yaitu dengan kecepatan awal 10 m/s dengan frekuensi *spin* 3 putaran/s, sudut tembakan 30°. Dan dari simulasi variasi sudut tembakan diperoleh satu lintasan terbaik bola untuk bisa mencetak poin yaitu dengan sudut tembakan 48° dengan frekuensi *spin* 3 putaran/s, kecepatan awal 8 m/s.

REFERENSI

- [1] Sumiyarsono, D. 2002. *Keterampilan Bola Basket*. Yogyakarta: UNY.
- [2] Fahrana, Arijuddin. 2019. *Pontianak Basketball Arena Tipe C di Kota Pontianak*. Jurnal Online Mahasiswa Arsitektur Universitas Tanjungpura, 7(1). 422-423.
- [3] Dimiyati. 2018. *Psikologi Olahraga*. Yogyakarta: UNY Press.
- [4] FIBA. 2020. *Official Basketball Rules 2020*. Mies: FIBA Central Board.
- [5] Wismanadi, Himawan dan Ervi Irwati. 2019. *Analisis Shooting Free Throw Kawhi Leonard MVP (Most Valuable Player) Final NBA 2019*. Jurnal Kesehatan Olahraga, 8(2). 119-124.
- [6] Fontanella, J. J. 2006. *The Physics of Basketball*. JHU Press.
- [7] Saputra, Roni. 2016. *Fisika dalam Ilmu Kesehatan Masyarakat*. Batam: STT Ibnu Sina Batam.
- [8] Munir, R. 2006. *Metode Numerik Edisi Empat*. Bandung: Informatika Bandung.
- [9] Tomy A, Media Rosha. (2019). *Model Matematika Tendangan Sepak Pojok pada Olahraga Sepak Bola*. Journal of Mathematics UNP, Vol. 2, No. 3 (2022), halaman 80-85.
- [10] A.M. Zhafran, Arnellis., (2022). *Model Matematika SEIRS Penyebaran Penyakit Pneumonia pada Balita dengan Pengaruh Vaksinasi*. Journal of Mathematics UNP, Vol. 7, No. 3 (2022), halaman 121-127.
- [11] Luknanto. 2001. *Metoda Numerik*. Yogyakarta: UGM.
- [12] Widowati dan Sutimin. 2017. *Buku Ajar Pemodelan Matematika*. Yogyakarta: Beta Offset.
- [13] Ulfah N, Media Rosha. (2020). *Model Matematika Terhadap Pemberian Gadget Terhadap anak Usia Dini*. Journal of Mathematics UNP, Vol. 3, No. 3 (2020), halaman 87-93.
- [14] Puspita L, Arnellis. (2023). *Model Matematika Penyebaran Online Complusive Buying Disosder*. Journal of Mathematics UNP, Vol. 8, No. 2 (2023), halaman 62-71.
- [15] Meksianis. 2022. *Pemodelan Matematika*.Pekalongan: Nasya Expanding Management.
- [16] Bahtiar. 2017. *Pengantar Fisika Dasar I*. Mataram: LP2M UIN Mataram.
- [17] Ken Bray. 2007. *Modelling The Flight of A Soccer Ball In A Direct Free Kick*. Claverton Down: University of Bath.
- [18] Nurlina. 2017. *Fisika Dasar I*. Makassar: LPP Unismuh.
- [19] Sumarjono. 2005. *Fisika Dasar I*. Malang: Penerbit Universitas Negeri Malang.