

e-ISSN : 3031-0342
Diterima : 27 Agustus 2023
Disetujui : 22 November 2023
Tersedia online di <https://journal.unram.ac.id/index.php/agent>

ANALISIS PENGARUH KEKASARAN LINTASAN PADA DESAIN SASIS ROBOT SORTASI TOMAT BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO MEGA

*Analysis of The Effect of Track Roughness on The Chassis Design of The Tomato Sorting Robot
Based on The Arduino Mega Microcontroller*

Yolen Mansyah¹, Joko Sumarsono^{1*}, Diah Ajeng Setiawati¹, Oki Saputra¹

¹Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri,
Universitas Mataram

email^{*)}: sumarsonoj@gmail.com

ABSTRACT

The wheel chassis is a component that is combined with the Arduino Mega microcontroller in the automatic tomato fruit sorting process. In its application in the field of wheel chassis that moves according to a determined route following a line (line Follower) along 2.2 m which in application will run on smooth and rough paths. The difference between the type of fine and coarse trajectory lies in the coefficient of friction on the fine line of $0.8 \mu\text{k}$ and the coefficient of $1 \mu\text{k}$ and will cause differences in the results of the sorting. The difference in roughness values must be analyzed to determine their effect on the sorting time, the number of wheel rotations, the angular speed, linear speed, wheel torque, and motor power when performing the sorting. This analysis process requires several additional components to help the wheel chassis work properly such as the Arduino Mega, robot arm kit, wheel chassis, motor driver, DC motor, power supply, color sensor servo motor and line sensors connected by cables and jumpers. These components are assembled in such a way that they can function properly and the addition of a programming language in the form of the C language with the help of the Arduino IDE software. The data collection method is the experimental method with a simulation experiment using a sample of 30 tomatoes which are green and red. The results of the collection of tomato fruit sorting data with the line follower robot show that the average sorting time is 12.41 s for the smooth and 11.04 s for the coarse path with the average number of wheel turns 11.90 times for smooth and 11, 61 turns for rough passes. In addition, the angular velocity of the wheels is obtained with a value of 6.02 rad/s for smooth passes and 6.61 rad/s for rough trajectories and the linear velocity of the wheel chassis is 0.25 rad/s for smooth trajectories and 0.28 for rough trajectories. For motor torque and power, the respective values are 0.034 Nm for the smooth track and 0.042 Nm for the rough track and the value is 12.255 watts on the smooth track and 16.764 watts on the rough track for motor power when sorting.

Keywords: *line follower robot; track friction coefficient; tomato sorting; wheel chassis*

ABSTRAK

Sasis roda merupakan suatu komponen yang dikombinasikan dengan mikrokontroler Arduino mega dalam proses sortasi buah tomat otomatis. Pada penerapannya di lapangan sasis roda yang bergerak sesuai rute yang ditentukan mengikuti garis (*line follower*) sepanjang 2,2 m yang pada penerapannya akan berjalan di atas lintasan halus dan lintasan kasar. Perbedaan jenis lintasan halus dan kasar terletak pada koefisien gaya gesek lintasan halus $0,8 \mu\text{k}$ dan lintasan kasar $1 \mu\text{k}$ dan akan menyebabkan perbedaan hasil sortasi. Perbedaan nilai kekasaran ini harus dianalisis

untuk mengetahui pengaruhnya terhadap waktu sortasi, jumlah putaran roda, kecepatan sudut, kecepatan linier, torsi roda, serta daya motor saat melakukan sortasi. Proses analisis ini membutuhkan beberapa komponen tambahan untuk membantu agar sasis roda dapat bekerja dengan baik seperti Arduino Mega, kit lengan robot, sasis roda, motor *driver*, motor DC, *power supply*, motor servo sensor warna dan sensor garis yang dihubungkan dengan kabel serta *jumper*. Komponen-komponen ini dirakit sedemikian rupa sehingga dapat berfungsi dengan baik serta penambahan bahasa pemrograman berupa bahasa C dengan bantuan *software* Arduino IDE. Metode pengambilan data yaitu metode eksperimental dengan percobaan simulasi menggunakan sampel 30 buah tomat yang berwarna hijau dan merah. Hasil pengambilan data sortasi buah tomat dengan robot *line follower* ini didapatkan bahwa waktu sortasi secara rata-rata 12,41 s untuk lintasan halus dan 11,04 s untuk lintasan kasar dengan jumlah putaran roda rata-rata 11,90 kali putaran untuk lintasan halus dan 11,61 kali putaran untuk lintasan kasar. Selain itu kecepatan sudut roda didapatkan nilai 6,02 rad/s untuk lintasan halus dan 6,61 rad/s untuk lintasan kasar serta didapatkan nilai kecepatan linier sasis roda sebesar 0,25 rad/s untuk lintasan halus dan 0,28 untuk lintasan kasar. Untuk torsi dan daya motor didapatkan nilai masing-masing 0,034 Nm untuk lintasan halus dan 0,042 Nm di lintasan kasar serta didapatkan nilai 12,255 watt di lintasan halus dan 16,764 watt di lintasan kasar untuk daya motor saat melakukan sortasi.

Kata kunci: robot *line follower*; koefisien gesek lintasan; sortasi tomat; sasis roda

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Potensi dan peluang pasar industri buah-buahan terus meningkat, hal ini disebabkan oleh bertambahnya konsumen dan meningkatnya pendapatan serta kesadaran masyarakat akan gizi. Hal ini menuntut tersedianya buah-buahan yang berkualitas baik dan mutu buah yang seragam. Buah-buahan tersebut di antaranya adalah buah tomat yang merupakan sayuran terpenting kedua di dunia dan kaya akan antioksidan yang menarik bagi industri (Pinela *et al.*, 2016). Untuk menjaga kualitas tomat, selain pembudidayaan yang baik juga diperlukan perlakuan pascapanen yang baik pula. Tomat merupakan salah satu buah yang mudah rusak dan terus berubah setelah dipanen (Haile & Safawo, 2018).

Salah satu tahapan kegiatan pascapanen yang cukup menentukan adalah sortasi. Proses ini mencakup pemisahan produk berdasarkan kriteria misalnya berat, ukuran, warna dan sebagainya. Khususnya pada buah Tomat, parameter warna sangat menentukan mutu buah, karena dapat menunjukkan tingkat kematangan buah dan daya tarik selera konsumen serta akan memudahkan proses pengemasan.

Pada umumnya proses sortasi tersebut masih menggunakan tenaga manusia dengan perkiraan-perkiraan berdasarkan pengalaman kerja, sehingga memerlukan banyak waktu dan tenaga serta memungkinkan hasil yang didapatkan dalam pemisahan tersebut tidak konstan dan tidak seragam berdasarkan kriterianya. Sejalan dengan perkembangan ilmu dan teknologi saat ini, proses sortasi banyak dikembangkan dengan sistem otomatis dengan menggunakan perangkat-perangkat yang lebih terkini untuk keefektifan dalam penggunaan, serta keakuratan hasil yang didapat berupa Tomat sesuai kriterianya.

Salah satu teknologi yang diterapkan saat ini adalah penggunaan mikrokontroler yang bertugas layaknya otak manusia memisahkan buah berdasarkan kriteria tertentu misalnya berdasarkan warnanya. Penelitian sebelumnya (Ilham, 2019) yang menggunakan mikrokontroler sebagai perangkat utamanya dalam proses sortasi menggunakan mikrokontroler yang dikombinasikan dengan beberapa komponen seperti kaki dan rel, tetapi belum banyak yang mengombinasikan dengan sasis roda.

Berdasarkan permasalahan tersebut, dilakukan penelitian menggunakan mikrokontroler berupa Arduino Mega sebagai otak yang mengolah data warna serta beberapa

komponen lain seperti sensor serta sebuah perangkat berupa lengan robot yang fungsinya mirip seperti lengan manusia yang nantinya akan bertugas memindahkan buah Tomat berdasarkan warnanya. Lengan robot ini selanjutnya dikombinasikan dengan sasis roda yang memungkinkan perangkat lengan robot ini mempunyai pergerakan dan jangkauan yang lebih luas. Selanjutnya sasis roda akan bergerak sesuai rute yang telah ditentukan menggunakan sebuah garis hitam ataupun putih. Pergerakan sasis roda yang mengikuti garis tertentu ini biasa disebut dengan robot *line follower*.

Dalam penerapannya secara langsung di lapangan pada proses sortasi buah Tomat, robot *line follower* sebagai robot penyortir tidak selalu berjalan di lintasan yang mulus tanpa hambatan. Robot *line follower* pada penerapannya di lapangan nanti akan menemukan beberapa jenis lintasan yang berbeda bentuk dan modelnya, seperti lintasan di lantai yang halus yang memiliki gaya gesek yang kecil serta lintasan yang kasar yang memiliki gaya gesek yang lebih tinggi. Perbedaan jenis lintasan ini akan memberikan pengaruh terhadap proses sortasi. Perbedaan dari segi hasil sortasi akibat perbedaan lintasan tersebut harus dianalisis apa saja yang menyebabkan terjadinya perbedaan hasil sortasi, oleh karena itu dilakukan penelitian untuk menganalisis hasil sortasi di lintasan yang halus dan sortasi di lintasan yang kasar.

Tujuan

Tujuan dari penelitian yaitu merancang sasis roda agar dapat berfungsi sebagai komponen dalam menyortir buah Tomat di lintasan halus dan lintasan kasar. Menganalisis perbedaan waktu sortasi, jumlah putaran roda, kecepatan sudut, kecepatan linier, torsi roda, dan daya motor saat proses sortasi berlangsung. Mengevaluasi bagaimana kekasaran lintasan dapat berpengaruh terhadap robot *line follower* saat proses sortasi.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1 set obeng, laptop,

multimeter, *double tape*, *tachometer*, timbangan analitik, dan solder. Sedangkan bahan yang digunakan adalah 1 buah sasis roda, 1 buah kit lengan robot, 2 buah motor DC, kabel *jumper*, kabel, *power supply* (*power bank* dan *step up*), motor servo, sensor garis (*photodiode*), sensor warna, motor *driver*, *breadboard*, 3 buah sensor TCR5000, selotip, mikrokontroler Arduino Mega, dan kabel USB. Sementara bahan untuk uji coba adalah buah Tomat dengan warna merah dan hijau.

Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode eksperimental dengan percobaan simulasi menggunakan kit lengan robot beserta sasis roda yang sudah terpasang. Penelitian ini dilakukan dengan bantuan *software* Arduino IDE untuk memasukkan bahasa pemrogramannya. Penelitian ini menggunakan sampel 30 buah Tomat yang berbeda warna. Proses penyortiran sampel 30 buah Tomat dilakukan di dua jenis lintasan yang berbeda kekasarannya, yaitu lintasan halus dan lintasan kasar. Data hasil pengukuran parameter pada proses sortasi 30 buah Tomat tersebut selanjutnya diolah dan dibandingkan untuk mengetahui kesimpulan dan apa saja faktor-faktor yang menyebabkan perbedaan hasil pengukuran setiap prosesnya.

Parameter

1. Waktu sasis roda dalam melakukan proses sortasi buah Tomat
Pengukuran terhadap waktu yang diperlukan sasis roda dalam 1 kali proses sortasi dilakukan dengan menggunakan *stopwatch*.
2. Jumlah putaran roda
Jumlah putaran roda sasis roda dihitung dengan menggunakan alat *tachometer* saat sasis roda melakukan satu kali proses sortasi.
3. Kecepatan sudut
Kecepatan sudut adalah perubahan posisi sudut benda yang bergerak melingkar setiap satu satuan waktu. Kecepatan sudut diamati saat roda berputar dan melakukan sortasi. Kecepatan sudut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1, 2, dan 3 (Sumarsono, 2009).

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \dots\dots\dots(1)$$

$$T = \frac{1}{f} \dots\dots\dots(2)$$

$$\omega = \frac{2\pi \times f}{1} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

ω = Kecepatan Sudut (rad/s)

π = Konstanta Lingkaran (22/7)

T = Periode (s)

f = Frekuensi (Hz)

4. Kecepatan (v) linier sasis roda dalam melakukan proses sortasi.

Kecepatan linier atau kecepatan tangensial adalah kecepatan yang arahnya menyinggung lintasan dan tegak lurus terhadap jari-jari lintasan yang melingkar (Kamajaya, 2007). Kecepatan linier yang diamati dalam penelitian ini disebut juga kecepatan tangensial yang dihitung dengan menggunakan persamaan 4 (Sumarsono, 2009).

$$v = \frac{2\pi r}{T} \dots\dots\dots(4)$$

Untuk menghitung kecepatan teoretis menggunakan waktu serta jarak tempuh sebagai acuannya, digunakan persamaan 5 (Sumarsono, 2009).

$$v \text{ aktual} = \frac{s}{t} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

v = kecepatan linier (rad/s)

v aktual = Kecepatan linier aktual (m/s)

r = jari-jari roda sasis (m)

S = Jarak yang ditempuh roda (m)

T = Waktu tempuh roda (t)

T = Periode (s)

5. Gaya gesek roda robot *line follower* dengan lintasan halus dan kasar

Gaya gesek adalah gaya yang berlawanan arah dengan arah gerak benda. Gaya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 6 (Fitrianto *et al.*, 2015).

$$F = \mu_k \times F_k \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan:

F = Gaya (N)

μ_k = Koefisien gesek kinetik (μ_k)

F_k = Gaya Kinetik (N)

6. Torsi yang dibutuhkan roda untuk melakukan pergerakan sortasi

Torsi yang diamati dalam penelitian ini adalah gaya tekan pada bagian yang berputar (roda). Perhitungan torsi yang dibutuhkan roda dalam bergerak mempertimbangkan berat total sasis dan lengan robot bersama buah Tomat yang disortasi. Torsi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 7, 8, dan 9 (Basyirun *et al.*, 2008).

$$T = F \times r \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan:

P = Daya motor (watt)

T = Torsi (Nm)

rpm = Rotasi per menit

$$F = m \times a \dots\dots\dots(8)$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan:

T = Torsi (Nm)

a = Percepatan (m/s²)

F = Gaya (N)

M = massa (kg)

r = jari-jari roda (m)

Δv = Perubahan kecepatan (m/s)

Δt = Perubahan waktu (s)

7. Daya Motor DC Saat Melakukan Sortasi

Daya Motor DC dihitung setelah mengetahui torsi dan rpm roda saat berputar, menggunakan persamaan 10 (Basyirun *et al.*, 2008).

$$P = T \times 2\pi \times \text{rpm} \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan

P = Daya motor (watt)

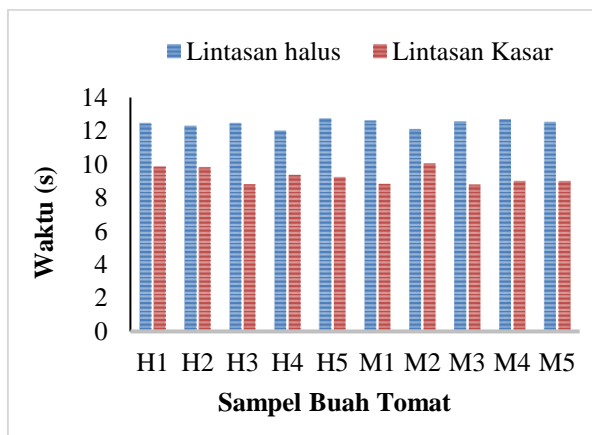
T = Torsi (Nm)

rpm = Rotasi per menit

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Waktu Sasis Roda Melakukan Sortasi

Gambar 1 menunjukkan perbedaan waktu sortasi di dua lintasan yang berbeda. Proses sortasi menggunakan 5 buah sampel Tomat berwarna hijau (H) dan 5 buah sampel Tomat berwarna merah (M). Pada umumnya proses sortasi di lintasan yang kasar lebih cepat dibandingkan dengan lintasan yang halus, rata-rata selisih waktu sortasi di lintasan halus dan lintasan kasar adalah 1,37 s dalam kondisi panjang lintasan yang sama yaitu 2,2 m. Hal ini dapat terjadi karena di lintasan yang kasar terjadi gaya gesek $0,8 \mu\text{k}$ untuk lintasan halus dan $1 \mu\text{k}$ untuk lintasan kasar antara roda dengan lintasan yang lebih besar nilainya dibandingkan dengan lintasan halus sehingga meminimalkan terjadinya selip di roda saat berjalan di lintasan kasar. Teori ini sesuai dengan pernyataan Atmika (2017) yang menyatakan bahwa permukaan yang lebih kasar (Nilai koefisien gesek lebih besar) akan memiliki gaya tahan yang lebih besar dibanding permukaan yang halus (nilai koefisien gesek lebih rendah).

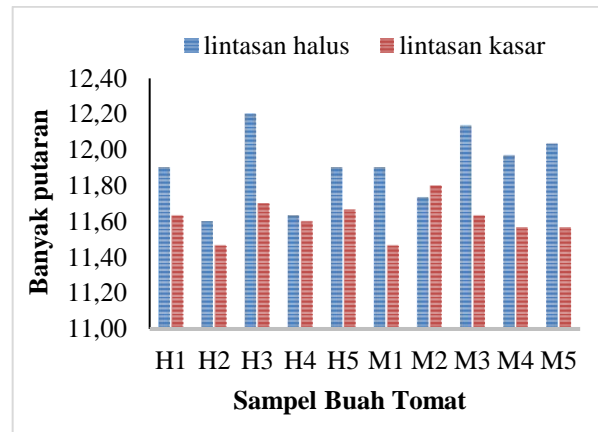


Gambar 1. Waktu sasis roda melakukan sortasi di lintasan halus dan kasar.

2. Jumlah Putaran Roda Saat Melakukan Sortasi

Gambar 2 menunjukkan perbedaan jumlah putaran roda dari sasis robot *line follower* yang pada umumnya perbedaan tersebut disebabkan karena selip dan jenis lintasan yang berbeda. Pada umumnya banyaknya putaran roda pada setiap kali sortasi berkisar antara 11 hingga 13 kali putaran.

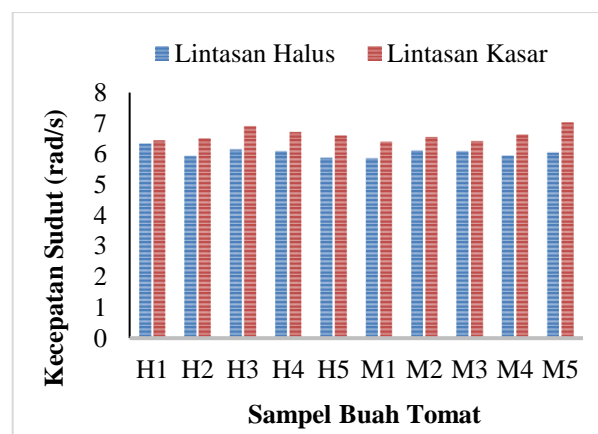
Jumlah putaran roda pada lintasan halus berkisar 11,6 – 12,3 kali putar, sedangkan pada lintasan kasar 11,4 – 11,8 kali putar, sehingga secara rata-rata putaran roda di lintasan halus lebih banyak 0,29 kali putar dari lintasan kasar.



Gambar 2. Banyak putaran roda robot dalam melakukan sortasi di lintasan halus dan kasar

3. Kecepatan Sudut Roda

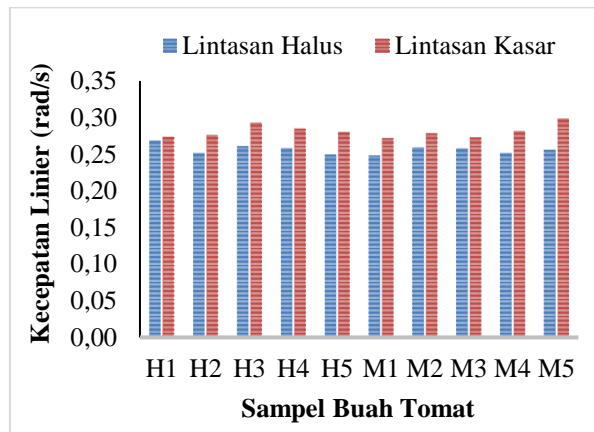
Gambar 3 menunjukkan kecepatan sudut dari roda di lintasan halus dan lintasan kasar, terlihat di gambar kecepatan sudut roda di lintasan kasar rata-rata memiliki nilai yang lebih besar 0,59 rad/s dari lintasan halus. Perbedaan nilai kecepatan sudut ini diakibatkan oleh periode (T) pada lintasan kasar lebih besar 0,92 dari lintasan halus. Hal ini dapat terjadi karena mendapatkan pengaruh dari waktu sortasi serta banyaknya putaran roda yang bisa disebut dengan frekuensi (f), nilai frekuensi berlawanan arah dengan nilai periode (1/f) (Giancoli, 2001). Perbedaan nilai frekuensi dan periode juga mempengaruhi kecepatan teoretis dan kecepatan linier.



Gambar 3. Kecepatan sudut roda robot *line follower*

4. Kecepatan Linier Roda Robot *Line Follower*

Gambar 4 memperlihatkan nilai Kecepatan linier dari roda robot *line follower* di lintasan halus dan lintasan kasar. Berdasarkan Gambar 4.8 rata-rata nilai kecepatan linier lintasan kasar lebih tinggi 0,24 rad/s dibandingkan kecepatan linier pada lintasan halus. Hal ini dapat terjadi karena kecepatan linier berkaitan dengan waktu serta jarak yang ditempuh yang dihitung menjadi periode (T) yang pada umumnya waktu yang dibutuhkan untuk sortasi di lintasan kasar lebih singkat dibandingkan sortasi di lintasan halus. Kecepatan (v) teoretis dapat dihitung dengan menggunakan waktu tempuh dan jarak tempuh dari roda robot *line follower* saat melakukan sortasi.

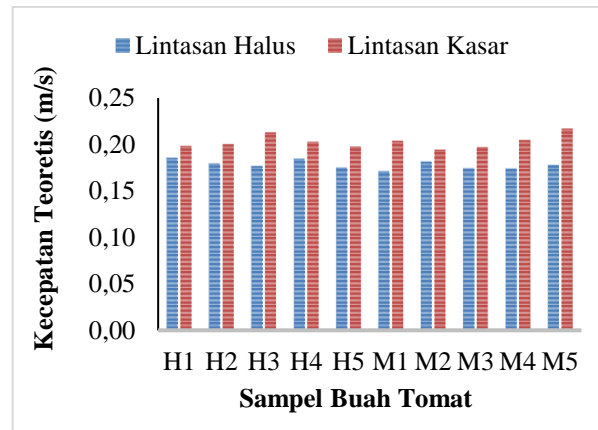


Gambar 4. Kecepatan Linier (v) roda robot *line follower*

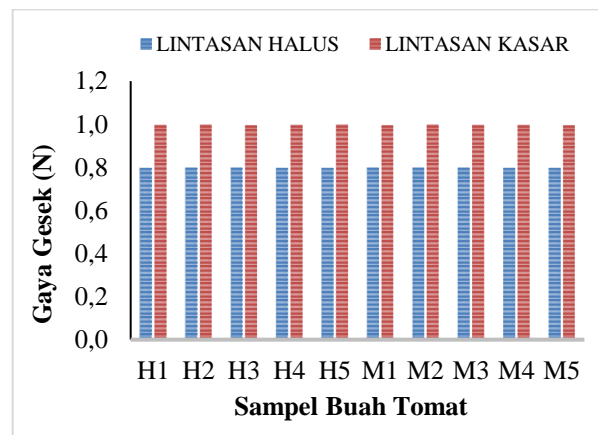
Gambar 5 menunjukkan nilai dari kecepatan (v) teoretis. Gambar 5 menunjukkan nilai kecepatan robot *line follower* teoretis yang mana nilai ini didapatkan dari jarak per waktu (m/s). Terdapat perbedaan nilai dari kecepatan linier (v) dengan kecepatan teoretis, di antaranya secara rata-rata kecepatan linier (v) lebih besar 0,787 rad/s di lintasan kasar dan lebih besar 0,783 rad/s di lintasan halus dibandingkan kecepatan teoretis. Hal ini dapat terjadi karena pada perhitungan kecepatan linier terdapat nilai periode (Kamajaya, 2007) yang saling berkaitan dengan jumlah putaran roda dan berkaitan erat dengan selip yang terjadi pada roda (Atmika, 2017).

5. Nilai Gaya Gesek Roda dengan Lintasan

Menurut Arya (1998) nilai koefisien gesek antara karet dengan lintasan halus dan kasar masing-masing memiliki nilai gesek 0,8 μ k dan 1 μ k. Sehingga nilai gaya gesek setelah diakumulasikan dengan berat total beban dan percepatan robot menjadi 0,797 N untuk lintasan halus dan 0,993 N untuk lintasan kasar. Gambar 6 menunjukkan nilai dari gaya gesek roda dengan lintasan halus dan lintasan kasar.



Gambar 5. Kecepatan (v) roda robot *line follower* teoretis

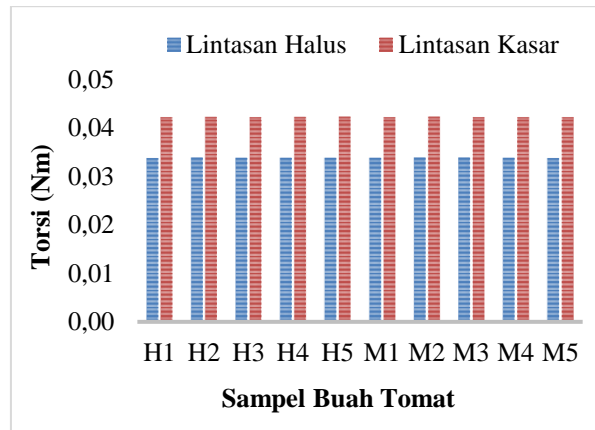


Gambar 6. Gaya gesek roda dengan lintasan halus dan kasar

6. Torsi yang Dibutuhkan Sasis Roda dalam Melakukan Sortasi

Gambar 7 menunjukkan nilai torsi dari motor DC sebagai motor penggerak dari robot *line follower*. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa torsi yang dibutuhkan untuk menggerakkan roda di lintasan kasar rata-rata lebih tinggi 0,00836 Nm dibandingkan torsi yang dibutuhkan untuk menggerakkan roda di lintasan halus. Hal tersebut terjadi karena perbedaan nilai koefisien gesek di lintasan

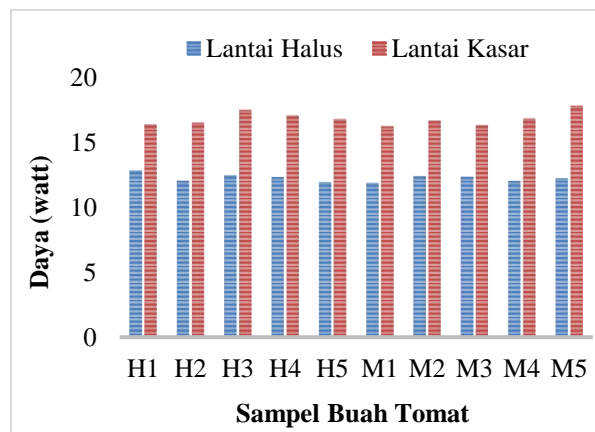
kasar dan halus mengakibatkan torsi untuk menggerakkan roda di lintasan kasar lebih besar (Atmika, 2017).



Gambar 7. Torsi motor DC robot line follower

7. Daya Motor saat Melakukan Sortasi

Pada Gambar 8 dapat dilihat bahwa rata-rata daya motor DC saat melalui lintasan kasar lebih besar 4,50 watt dibanding daya motor DC saat melintasi lintasan halus. Hal ini dikarenakan daya motor berbanding lurus dengan torsi, torsi untuk menggerakkan roda di lintasan kasar lebih besar dibandingkan torsi untuk menggerakkan roda di lintasan halus (Atmika, 2017).



Gambar 8. Daya motor DC di lintasan halus dan kasar

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Sasis roda robot line follower penyortir Tomat dapat digunakan sebagai komponen yang mampu membantu pergerakan robot lebih luas dalam proses sortasi. Terdapat perbedaan hasil antara sortasi di lintasan kasar dan halus

dari segi waktu sortasi yang lebih lama 1,37 s dari lintasan halus, banyak putaran roda lintasan halus lebih banyak 0,29 kali putar dibanding lintasan kasar. Terdapat perbedaan hasil antara sortasi di lintasan kasar dan halus dari segi kecepatan sudut di lintasan kasar lebih tinggi 0,59 rad/s dibanding lintasan halus, kecepatan linier di lintasan kasar lebih tinggi 0,24 rad/s dibanding lintasan halus.

Terdapat perbedaan hasil antara sortasi di lintasan kasar dan halus dari segi torsi motor di lintasan kasar lebih tinggi 0,00836 Nm dibanding lintasan halus, dan daya motor di lintasan kasar lebih tinggi 4,50 watt dibanding lintasan halus. Perbedaan hasil sortasi di lintasan kasar dan halus disebabkan oleh faktor gaya gesek kinetik lintasan yang memiliki nilai 0,797 N untuk lintasan halus dan 0,993 N untuk lintasan kasar

Saran

Disarankan penelitian selanjutnya menggunakan adaptor sebagai sumber daya agar proses sortasi tidak terganggu dan terpengaruh oleh daya pada baterai yang sewaktu-waktu dapat berkurang sehingga mengganggu kinerja dari komponen-komponen yang membutuhkan sumber listrik DC. Saran lainnya adalah memperhatikan kabel jumper yang digunakan untuk rangkaian sistem karena kabel jumper rawan rusak atau tidak dapat menyalurkan arus.

DAFTAR REFERENSI

- Arya, A. P. (1998). Introduction to classical mechanics. In: Prentice Hall.
- Atmika, I. K. A. (2017). *Bahan Ajar: Konstruksi dan Stabilitas Kendaraan*. Universitas Udayana.
- Basyirun, Winarno, & Karnowo. (2008). *Buku Ajar Mesin Konversi Energi*. Universitas Negeri Semarang.
- Fitrianto, M. B., Darmanto, D., & Syafa'at, I. (2015). Pengujian Koefisien Gesek Permukaan Plat Baja ST 37 pada Bidang Miring terhadap Viskositas Pelumas dan

Kekasaran Permukaan. *Majalah Ilmiah Momentum*, 11(1).

Giancoli, D. C. (2001). Fisika edisi kelima jilid 1. *Jakarta: Erlangga*.

Haile, A., & Safawo, T. (2018). Shelf life and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits as affected by different Packaging Materials. *African Journal of Food Science*, 12(2), 21-27.

Ilham, M. (2019). *Perancangan Robot Beroda dan Berlengan untuk Proses Pemanenan Buah Tomat Berbasis Raspberry Pi*. Fakultas Teknik Universitas lampung.

Kamajaya. (2007). *Cerdas Belajar Fisika*. Grafindo Media Pratama.

Pinela, J., Prieto, M., Barreiro, M. F., Carvalho, A. M., Oliveira, M. B. P., Vázquez, J. A., & Ferreira, I. C. (2016). Optimization of microwave-assisted extraction of hydrophilic and lipophilic antioxidants from a surplus tomato crop by response surface methodology. *Food and Bioproducts Processing*, 98, 283-298.

Sumarsono, J. (2009). *Fisika: Untuk SMA/MA Kelas X*. Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional.