

Comparative Study on Performance of Mecanum Wheels under Various Rollers and Loads

Chaerul Qalbi. AM^{1,*}, Alfian Djafar¹ dan Sulistijono²

¹Prodi Teknik Mesin, Jurusan Teknologi Industri dan Proses, Institut Teknologi Kalimantan

²Prodi Teknik Material dan Metalurgi, Jurusan Ilmu Kebumian dan Lingkungan, Institut Teknologi Kalimantan

*Korespondensi: chaerul.qalbi@yahoo.com

Abstract. Forklifts are one of the most important tools used in industry. As time grows, the need for technology development for improved forklift performance, is increasing. Therefore, research aims to develop a steering system that is capable of improving forklift performance. Steering system used is wheel steering wheel system. This steering system is being studied for the effect of a combination of roller counts and loading on performance, as measured by the magnitude of errors occurring from the desired track. The roller and loads combined in the experiments are 4 rollers and 8 rollers mecanum wheels, and the load of none, 230 grams, and 460 grams. The experiment was conducted by experiments using steering system model. After steering system model was made, experiments were performed. The results were tested using statistical test, 2-way ANOVA, to see the effect of variables. The results showed that on roller variables, 8 rollers mecanum wheels provide better results than the roller mecanum 4 wheels. In the variable loading, obtained results in the form of each addition of a good load on wheels mecanum 4 rollers and 8 rollers mecanum wheels provide better results. When combined we got the best performance results on a combination of variable wheels mecanum 8 rollers with load weighing 460 grams. The results of the manufacture of wheel roller mecanum 4 have a defect that is the cause of the high error rate in these variables.

Abstrak. Forklift merupakan salah satu alat bantu yang penting yang digunakan dalam industri. Semakin lama kebutuhan akan pengembangan teknologi agar kinerja forklift menjadi lebih baik, semakin meningkat. Oleh karena itu, penelitian bertujuan untuk mengembangkan suatu sistem kemudi yang mampu meningkatkan kinerja forklift. Sistem kemudi yang digunakan adalah sistem kemudi roda *mecanum*. Sistem kemudi ini mempelajari pengaruh dari kombinasi jumlah *roller* dan pembebahan terhadap performa, yang diukur dengan besar *error* yang terjadi dari suatu *track* yang diinginkan. *Roller* dan beban yang dikombinasikan dalam percobaan berupa, roda *mecanum 4 roller* dan *8 roller*, dan pembebahan bervariasi dari tanpa beban, 230 gram, dan 460 gram. Penelitian dilakukan dengan melakukan eksperimen menggunakan model sistem kemudi. Setelah pembuatan model sistem kemudi, dilakukan percobaan. Hasil diuji menggunakan uji statistik, 2-way ANOVA, untuk melihat hubungan pengaruh variabel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada variabel *roller*, roda *mecanum 8 roller* memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan roda *mecanum 4 roller*. Pada variabel pembebahan, didapatkan hasil berupa setiap penambahan beban baik pada roda *mecanum 4 roller* dan roda *mecanum 8 roller* memberikan hasil yang lebih baik. Ketika di kombinasikan didapatkan hasil yaitu performa terbaik pada kombinasi variabel roda *mecanum 8 roller* dengan pembebahan seberat 460 gram. Ditemukan hasil pembuatan roda *mecanum 4 roller* memiliki cacat yang merupakan penyebab dari tingginya tingkat *error* pada variabel tersebut.

Kata kunci: forklift, steering systems, error, roller, load

© 2017. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Kondisi industri di Indonesia sedang berkembang, terlihat dari Indeks Produksi Industri Meningkat ke Atas, meningkat sebesar 13,67% dalam 2 tahun terakhir. Meskipun peningkatan ini tidak terlalu besar namun tetap perlu di waspadai. Peningkatan dengan level ini berdampak pada sistem pergudangan yang dimiliki industri di Indonesia. Pembukaan gudang baru bukan merupakan solusi yang tepat karena peningkatan produksi tidak begitu tinggi. Oleh karena itu, solusi yang tepat adalah

meningkatkan efisiensi gudang yang saat ini dimiliki. Latar belakang dari penelitian ini adalah untuk menemukan cara efektif meningkatkan efisiensi gudang tanpa harus memperluas gedung. Peningkatan efisiensi gudang dapat dilakukan dengan berbagai macam cara, seperti mengganti rak penumpukan, mengganti packaging produk, dan memperkecil susunan gudang. Penelitian berfokus pada memperkecil gudang dengan cara memodifikasi komponen pergudangan, yaitu *forklift*. *Forklift*

saat ini memerlukan ruang yang sangat besar untuk bermanuver sehingga susunan gudang disesuaikan dengan ruang manuver *forklift*.

Tujuan penelitian adalah menemukan cara untuk memperkecil ruang manuver *forklift*. Ide yang dikemukakan adalah dengan mengganti sistem kemudi yang digunakan *forklift* dari sistem kemudi roda konvensional dengan sistem kemudi roda modern, yaitu roda *mecanum*. Dengan menggunakan sistem kemudi roda *mecanum*, *forklift* tidak perlu merubah arah muka untuk memasuki lorong pergudangan sehingga susunan pergudangan dapat dipersempit sesuai lebar dan panjang *forklift*. Namun, sistem kemudi roda *mecanum* memiliki suatu kelemahan yaitu sistem kemudi roda *mecanum* selalu memiliki *error* yang disebabkan bentuk roda.

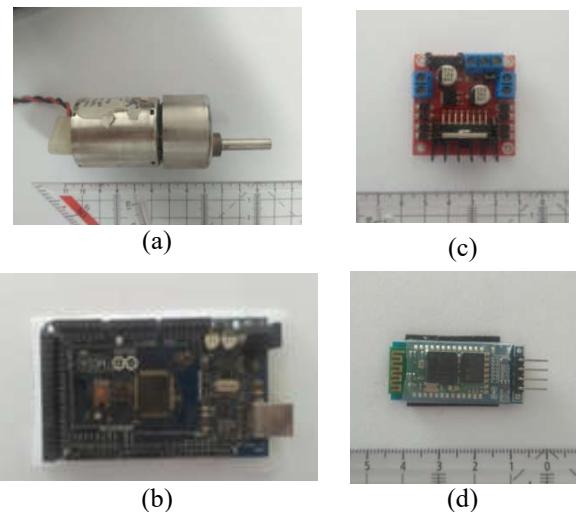
Untuk menganalisa *error*, dilakukan permodelan *forklift* yang menggunakan sistem kemudi roda *mecanum*. Penelitian dilakukan dengan cara melakukan eksperimen dari model yang telah dibuat. Hasil dari studi eksperimen, meskipun dipengaruhi oleh banyak faktor selain variabel penelitian, memberikan hasil nyata dari performa sistem kemudi roda *mecanum*. Telah banyak sebelumnya penelitian yang menganalisa performa sistem kemudi roda *mecanum* [1, 2]. Bahkan menyatakan kemungkinan akan penerapan *mecanum* pada *forklift* [2].

Metode Penelitian

Pembuatan roda *mecanum*, menggunakan kondisi yang sama berupa, bahan, proses pembuatan, dan diameter. Rangka model sistem kemudi dimodelkan dari *forklift* skala industri ke ukuran model menggunakan skala dari diameter roda. Desain model sistem kemudi dibagi menjadi dua macam yaitu desain *controller* dan desain roda *mecanum*. Model sistem kemudi dirangkai dengan susunan roda *mecanum* mengikuti susunan *forklift*. Model sistem kemudi menggunakan *microcontroller*, *driver*, dan motor sebagai mekanisme bergerak, dan *bluetooth module* dan handphone sebagai mekanisme perintah. Eksperimen dilakukan untuk setiap masing-masing roda dengan tiga macam pembebahan. Model sistem kemudi roda *mecanum* diuji dengan dua roda *mecanum*, 4 *roller* dan 8 *roller*, dan diberi pembebahan sesuai dengan permodelan dari beban *forklift* ke skala model sistem, tanpa beban, 230 gr, dan 460 gr.

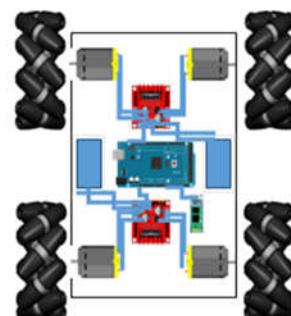
Sistem kemudi roda *mecanum* memerlukan roda *mecanum* berputar secara individual, baik arah dan kecepatan putaran. Oleh karena itu, desain *controller* memiliki 4 motor, yang tersambung dengan motor *driver* yang mampu mengontrol putaran, dipakai motor *driver* L298N. Motor *driver* L298N mampu mengontrol 2 motor secara bersamaan.

Motor *driver* dikontrol dengan *microcontroller* yang menerima perintah *module* dan mengatur motor *driver*. *Microcontroller* dipakai *Arduino Mega AT2560*. Perintah diterima dari input module. Input module yang digunakan *Bluetooth module* HC06. *Bluetooth module* memungkinkan beragam perintah tergantung dari aplikasi perintah. Motor yang digunakan adalah motor DC 12 V, mengingat model sistem kemudi akan diberi pembebanan. Bagian *controller* dapat dilihat pada gambar 1.



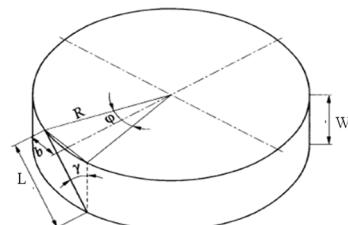
Gambar 1. Desain sistem *controller*: a) motor DC 12V, b) *Arduino Mega AT 2560*, c) motor *driver* L298N, d) *Bluetooth Module* HC06

Rangkaian disusun setelah mendapatkan *part*. Rancangan rangkaian dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Rancangan rangkaian

Desain roda menggunakan perhitungan yang dikemukakan [3]. Parameter roda dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Parameter desain roda

Perancangan dimulai dengan menentukan jumlah *roller* atau panjang *roller* yang akan dirancang. Panjang *roller* dan jumlah *roller* dapat dihitung dengan persamaan 1 dan 2.

$$n = \frac{2\pi}{2 \arcsin\left(\frac{L}{2R \sin 45^\circ}\right)} \quad (1)$$

$$L = 2R \frac{\sin \frac{\pi}{n}}{\sin 45^\circ} \quad (2)$$

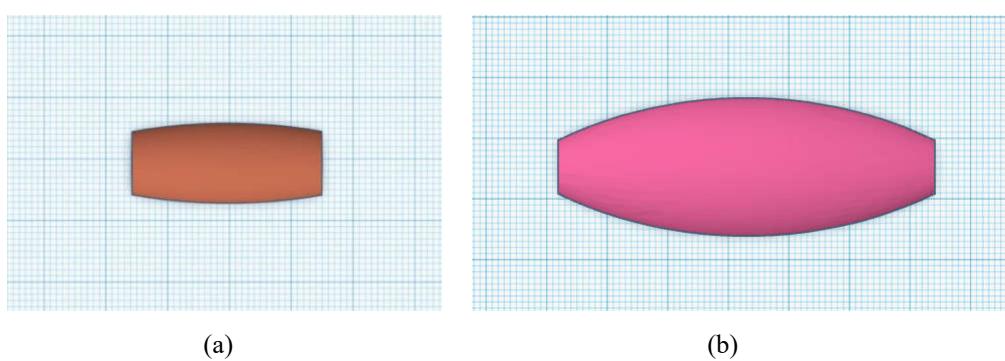
dimana n adalah jumlah *roller*, L adalah panjang *roller* dan R adalah jari-jari roda *mecanum*. Sedangkan lebar roda *mecanum* dihitung dengan menggunakan persamaan 3.

$$W = L \cos 45^\circ = 2R \frac{\sin \frac{\pi}{n}}{\tan 45^\circ} \quad (3)$$

Bentuk *roller* mengikuti persamaan kurva yang ditunjukkan oleh persamaan 4.

$$\frac{1}{2}x^2 + y^2 - R^2 = 0 \quad (4)$$

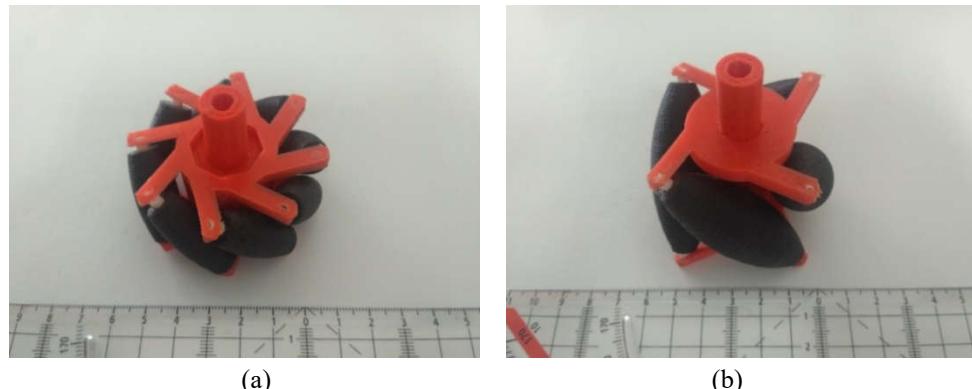
Sehingga didapatkan parameter untuk roda *mecanum 4 roller*: $R = 300$ mm, $L = 600$ mm dan $W = 424,2$ mm. Sedangkan parameter untuk roda *mecanum 8 roller* $R = 300$ mm, $L = 324,7$ mm dan $W = 229,6$ mm. Desain roda *mecanum* dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Desain roda *mecanum*: a) 4 *roller*, b) 8 *roller*

Roda *mecanum* dibuat dengan menggunakan 3D printer, setelah mendapatkan desain dari perhitungan. *Roller* dibuat dengan menggunakan bahan filament PLA fleksibel dan bagian lain roda

mecanum dengan bahan filament PLA, sehingga didapatkan roda *mecanum* ditunjukkan seperti gambar 5, dengan (a) 8 *roller* dan (b) 4 *roller*.



Gambar 5. Roda *mecanum* dengan bahan filament PLA

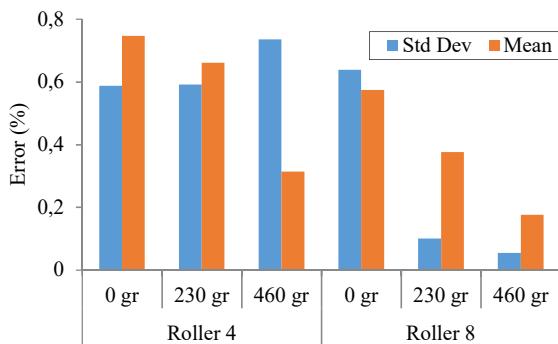
Dilakukan pengujian model sistem kemudi roda *mecanum* setelah merakit roda *mecanum* dan *controller*. Model sistem kemudi roda *mecanum* diuji dengan menjalankan model sistem kemudi dan dilakukan *track recording* untuk melihat *error* yang terjadi. *Track* yang akan digunakan adalah jalan menyamping. Dipilih *track* jalan menyamping, dikarenakan jalan menyamping adalah fitur yang akan diterapkan pada *forklift*. Alasan lain adalah jalan menyamping merupakan fitur yang memper-

lihatkan kemampuan maksimal roda *mecanum*. Pengukuran *error* dilakukan setelah mendapatkan *track record*. Pengukuran *error* dilakukan setiap 5 mm dalam jarak 450 mm dan pengulangan dilakukan 5 kali untuk masing-masing kombinasi faktor.

Hasil dan Pembahasan

Data *error* didapatkan setelah melakukan pengujian alat dan kemudian dianalisis dengan meli-

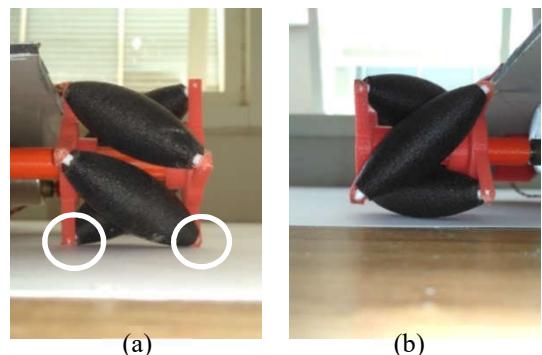
hat hasil secara umum dan menggunakan uji statistik 2-way ANOVA. Hasil rata-rata *error* yang ditemukan dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Rata-rata error

Dari gambar 6 tampak bahwa rata-rata *error* dan standar deviasi secara keseluruhan 4 *roller* lebih tinggi daripada 8 *roller*. Dilihat dari kecenderungan pengaruh, terlihat dengan bertambahnya beban yang diberikan pada model, membuat *error* pada model semakin menurun, baik untuk variabel roda *mecanum* 4 *roller* atau 8 *roller*. Namun, untuk rata-rata standar deviasi *error* roda *mecanum* 4 *roller* cenderung meningkat dengan bertambahnya beban, sedangkan standar deviasi *error* roda *mecanum* 8 *roller* cenderung menurun.

Hasil standar deviasi dan *error* roda *mecanum* 8 *roller* menunjukkan hasil yang sesuai teori, dimana rata-rata *error* dan standar deviasi mengalami penurunan bersamaan dengan bertambahnya beban yang diberikan. Berbeda hal dengan hasil yang ditunjukkan roda *mecanum* 8 *roller*, rata-rata *error* dan standar deviasi roda *mecanum* 4 *roller* menunjukkan hasil yang saling berlawanan, ini menandakan meskipun rata-rata *error*nya menurun, fluktuasi *error* semakin sering terjadi. Ini akan berbahaya apabila diterapkan pada *forklift* yang sebenarnya, karena dengan banyaknya pergerakan maju mundur pada *forklift* saat bergerak maka semakin tinggi kemungkinan akan terjadi kecelakaan. Setelah diadakan analisa lebih lanjut ditemukan bahwa roda *mecanum* 4 *roller* memlii cacat, dimana *roller* roda tidak menghasilkan bentuk bulat sempurna, terlihat pada gambar 7, (a) kondisi ketika *roller* tidak menyentuh permukaan dan (b) *roller* menyentuh permukaan, sehingga menyebakan getaran, yang menurut [4] merupakan penyebab terjadi *error*. Bentuk *roller* yang tidak sesuai desain, dapat terjadi dikarenakan kesalahan ketika menentukan temperatur 3D *printing*, sehingga menyebabkan bentuk *roller* mengalami penyusutan. Getaran ini juga menyebabkan terjadi data beberapa data yang tidak terukur. Data yang tidak dapat diukur ini menentukan data yang akan digunakan pada uji statistik.



Gambar 7. Roda *mecanum* dengan 4 roller

Tabel 1 Hasil uji normalitas dan homogenitas

	Variable	Shapiro-Wilk Significance	Levene's Test Significance
Roller	4 Roller	0,492	0,056
	8 Roller	0,363	
Beban	0 gr	0,481	0,056
	230 gr	0,097	
	460 gr	0,974	

Pengujian stastistik juga dilakukan untuk melihat hubungan antara masing masing kombinasi faktor. Pengujian dilakukan dengan taraf kepercayaan 95%. Pengujian statistik menggunakan data rata-rata *error* yang telah dikumpulkan. Sebelum, melakukan Ppengujiann statistik 2-way ANOVA dilakukan perhitungan uji normalitas, uji homogenitas. Hasil perhitungan uji normalitas dan uji homogenitas dapat dilihat pada tabel 1. Uji normalitas menggunakan metode *Shapiro-Wilk*. Hasil uji normalitas menunjukkan semua signifikansi melebihi 0.05, sehingga dapat disimpulkan bahwa data dari semua variabel berdistribusi normal. Uji normalitas menggunakan uji *Levene*. Hasil uji *Levene* menunjukkan signifikansi melebihi 0.05, yang mana dapat disimpulkan bahwa antar masing masing variabel tidak ada yang memiliki varians yang berbeda. Dari kedua uji dapat disimpulkan bahwa data sesuai dengan syarat pengujian 2-way ANOVA.

Tabel 2 Hasil uji 2-way ANOVA

Source	F-Value	F-Tabel
Roller	1,18	4,2597
Beban	2,55	3,4028
Roller x Beban	0,11	3,4028

Didapatkan dari uji 2-way ANOVA, *F-Value* lebih kecil daripada *F-Tabel*, disimpulkan bahwa faktor *roller*, beban, dan kombinasi *roller* beban tidak memberikan hasil *error* yang signifikan. Kemungkinan hasil ini disebabkan oleh kurangnya data yang digunakan dalam uji statistik, karena data yang digunakan adalah rata-rata *error* setiap percobaan. Data yang tidak terukur membuat jumlah data masing-masing variabel berbeda jumlah se-

hingga tidak dapat dilakukan uji ANOVA. Apa bila yang digunakan adalah data *error* keseluruhan hasil yang didapatkan mungkin bisa berbeda.

Engineering, and Tecnology Vol.1 Issue 3, 292-295.

Kesimpulan

Dari hasil yang didapatkan disimpulkan bahwa jumlah *roller* memengaruhi performa sistem kemudi. Roda *mecanum 8 roller* memiliki performa yang lebih baik (*error* yang lebih kecil) dengan rata-rata *error* 0,3752 cm dibandingkan dengan roda *mecanum 4 roller* dengan rata-rata *error* 0,5741 cm. Beban memengaruhi performa sistem kemudi. Model yang diberi beban 460 gr, baik roda *mecanum 8 roller* dan roda *mecanum 4 roller* memiliki performa lebih baik, dengan rata-rata *error* 0,2447 cm, dari model yang diberi 230 gr dan tanpa beban. Model yang diberi beban 230 gr, baik roda *mecanum 8 roller* dan roda *mecanum 4 roller* memiliki performa lebih baik dengan rata-rata *error* 0,5187 cm dibandingkan model yang tidak diberi beban dengan rata-rata *error* 0,6606 cm. Hasil performa yang diberikan dari masing-masing kombinasi tidak memberi hasil yang signifikan antar satu sama lain, terbukti dari hasil perhitungan *F-Value* tidak ada yang melebihi nilai *F-Tabel*.

Referensi

- [1] Chu, B. , 2014. Performance Evaluation of *Mecanum* Wheeled Omni-directional Mobile Robot, The 31st International Symposium on Automation and Robotics in Construction and Mining.
- [2] Ioan Doroftei, V.G., 2007. Omnidirectional Mobile Robot - Design and Implementation. In Bionspiration and Robotics: Walking and Climbing Robots, 518-520.
- [3] Jong-jin Bae, N. K., 2016. Design Optimization of a *Mecanum* Wheel to Reduce Vertical Vibrations by the Consideration of Equivalent Stiffness. Hindawi Publishing Corporation : Shock and Vibrations.
- [4] Sanket Soni, T. M., 2014. Experimental Analysis of *Mecanum* Wheel and Omni Wheel, International Journal of Innovative Science,