Pembuatan, Perakitan dan Pengujian Model *Mecanum Wheel* Pada *Forklift* AGV

ENCU SAEFUDIN[1], EGA PRIMA NAGARA[2]
[1]Program Studi Teknik Mesin , Fakultas Teknologi Industri , ITENAS
[2]Program Studi Teknik Mesin , Fakultas Teknologi Industri , ITENAS
Email : encu@itenas.ac.id

Received 01 10 2021 **|** *Revised* 04 10 2021 **|** *Accepted* 06 10 2021

ABSTRAK

Terdapat rancangan model mecanum wheel pada forklift AGV yang dibuat. Untuk mengetahui hasil dari rancangan tersebut maka dalam tulisan ini akan dilakukan pembuatan, perakitan dan pengujian model mecanum wheel dengan mempertimbangkan langkah pembuatan, perakitan, dan pengujian. Proses pembuatan mengacu terhadap hasil rancangan dan menggunakan beberapa mesin produksi dan beberapa alat bantu. Proses perakitan mencakup model mecanum wheel, sistem kontrol, dan semua komponen. Untuk mengetahui hasil pembuatan dan perakitan perlu dilakukan proses pengujian dengan parameter yang menjadi dasar pengujian. Terdapat perbedaan nilai dari hasil pengujian kecepatan dan dari data arduino 200 rpm meningkat sekitar 175%, sedangkan data dari setiap putaran motor listrik berbeda 10-20 rpm dan terjadi penyimpangan pada saat pengujian pola gerakan.

Kata Kunci : Forklift AGV, Mecanum Wheel, Pembuatan, Perakitan, Pengujian.

ABSTRACT

There is a mecanum wheel model design on the AGV forklift made. To find out the results of the design, in this paper, the manufacture, assembly and testing of the mecanum wheel model will be carried out by considering the manufacturing, assembly, and testing steps. The manufacturing process refers to the results of the design and uses several production machines and tools. The assembly process includes the mecanum wheel model, control system and all components. To find out the results of manufacture and assembly, it is necessary to carry out a testing process with the parameters that are the basis for testing. There is a difference in the value from the speed test results and from the 200 rpm arduino data it increases opproximately 175%, while the data from each electric motor rotation is 10-20 rpm different and there are deviations when testing the movement pattern.

Keywords: AGV Forklift, Mecanum Wheel, Manufacturing, Assembly, Testing

1. PENDAHULUAN

Pada era perkembangan teknologi yang pesat banyak terdapat alat yang diciptakan untuk mempermudah dan memepercepat pekerjaan manusia. Tentu saja hal tersebut juga terjadi pada dunia industri, salah satunya adalah alat untuk memindahkan barang yaitu *forklift*.

Forklift merupakan alat angkut barang yang digunakan di pergudangan untuk memindahkan barang yang mempunyai bobot yang cukup berat ataupun dalam jumlah yang banyak, alat ini merupakan penunjang kelancaran suatu produksi di suatu perusahaan. Ada beberapa jenis *forklift* yang ada, salah satunya *forklift* AGV (*Automatic Guided Vehicle*).

Forklift AGV merupakan salah satu hasil dari pengembangan yang dilakukan pada dunia industri, karena *forklift* ini bergerak secara otomatis tanpa adanya operator yang menaikinya, akan tetapi dengan cara mengikuti garis atau arahan yang diberikan melalui komputer.

Terdapat rancangan yang sudah dilakukan berupa model *mecanum wheel* pada *forklift* AGV untuk mengatasi kekurangan tersebut. Rancangan tersebut tentunya perlu diwujudkan untuk mengetahui kekurangan dan kelebihan dari hasil rancangan tersebut.

Untuk itu perlu dilakukan proses perakitan untuk memperoleh wujud asli dari rancangan tersebut dan perlu dilakukan pengujian untuk mengetahui sampai mana hasil rancangan tersebut dapat meningkatkan efisiensi waktu dan ruang untuk melakukan pergerakan dari model *mecanum wheel* pada *forklift* AGV dengan membandingkan data hasil perancangan dan pengujian secara fisik.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Langkah Penelitian

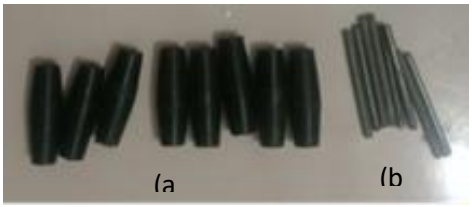
Proses penelitian diawali dengan mempelajari teori-teori yang berhubungan dengan proses pembuatan, perakitan dan pengujian model *mecanum wheel*. Lalu melakukan pengumpulan data hasil rancangan yang dilakukan oleh rekan saya. Data tersebut berisikan komponen- komponen, posisi pemasangan dan jenis sambungan yang didapatkan dari gambar teknik dan gambar 3D. Setelah itu melakukan penyediaan komponen model *mecanum wheel* baik yang dibeli atau dengan cara dibuat sendiri, yaitu pembuatan komponen-komponen pada model *mecanum wheel* dan juga. Setelah semua komponen tersedia maka selanjutnya dilakukan proses perakitan dengan mengikuti rancangan. Setelah proses perakitan selesai dilakukan beberapa pengujian yang dilakukan yaitu pengujian fungsional, untuk mengetahui hasil perakitan dapat berfungsi dengan baik atau belum. Selain itu dilakukan pengujian dengan parameter berupa putaran motor, putaran roda dan sudut belok yang dihasilkan yang disajikan dalam tabel, dan gambar. Setelah dilakukan pengujian dan mendapatkan data maka dilakukan analisis terhadap data yang didapatkan dari proses perakitan pengujian dan menarik kesimpulan dari proses yang sudah dilakukan. Setelah itu dilakukan dokumentasi hasil perancangan pada tahap ini melakukan dokumentasi berupa laporan hasil perakitan dan pengujian model *mecanum wheel* pada *forklift* AGV.

2.2 Prosedur Pembuatan

Dalam pembuatan suatu benda membutuhkan prosedur yang dilakukan supaya dapat dilakukan proses pembuatan dengan baik dan teratur. Dengan mengikuti prosedur pembuatan tentu saja diharapkan proses dapat dilakukan dengan benar dan cepat. Proses pembuatan komponen model *mecanum wheel* ini terdiri dari pembuatan beberapa komponen diantaranya pelek luar, pelek dalam, *roller*, poros *roller* dan baut pengunci poros motor. Proses yang dilakukan menggunakan beberapa jenis mesin dan alat bantu. Proses pembuatan pelek bagian luar dan bagian dalam menggunakan material alumunium dengan diameter 56 mm proses pembuatan munggunakan mesin bubut, mesin frais dan mesin gurdi. Adapun hasil pembuatan pelek ini dapat dilihat pada gambar 1.

Gambar 1. Hasil Pembuatan (a) Pelek Luar, (b) Pelek Dalam

Proses pembuatan *roller* menggunakan material batang nilon dengan diameter 15 mm. Proses pembuatan menggunakan mesin bubut, mesin gerinda tangan, proses gurdi, dan proses ampelas. Sedangkan proses pembuatan poros *roller* menggunakan material batang baja karbon rendah dengan diameter 3 mm menggunakan mesin gerinda tangan. Penentuan bahan ini merujuk pada tulisan Kutz (Kutz, 2015) dan proses produksi merujuk pada tulisan (Widarto, 2008) dan (Widiarto 2010). Adapun hasil pembuatan *roller* dan poros *roller* dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Hasil Pembuatan (a) *Roller*, (b) Poros *Roller*,

Baut pengunci poros motor DC proses pembuatannya menggunakan baut M5 yang diperkecil sebagian ukurannya dengan menggunakan mesin gerinda tangan. Penentuan bahan ini merujuk pada tulisan Kutz (Kutz, 2015) dan proses produksi merujuk pada tulisan (Widarto, 2008) dan (Widiarto 2010). Adapun hasil pembuatan baut pengunci poros motor DC dapat dilihat pada gambar 3.

Gambar 3. Hasil Pembuatan Baut Pengunci Poros Motor

Proses pembuatan sasis menggunakan material plat baja karbon rendah dengan ketebalan 2mm dengan menggunakan mesin gerinda tangan, proses gurdi, proses bor dan proses pengelasan busur. Proses pengelasan yang dilakukan merujuk kepada tulisan hasil Singh (Singh, 2006), sedangkan penentuan bahan ini merujuk pada tulisan Kutz (Kutz, 2015) dan proses produksi merujuk pada tulisan (Widarto, 2008) dan (Widiarto 2010). Adapun hasil pembuatan sasis dapat dilihat pada gambar 4.

Gambar 4. Hasil Pembuatan Sasis

2.3 Prosedur Perakitan

Pada proses ini dilakukan perakitan pada komponen-komponen yang sudah dibuat maupun yang dibeli supaya menjadi suatu kesatuan seperti pada rancangan seperti beberapa proses berikut ini.

Prosedur perakitan model *mecanum wheel* memiliki beberapa prosedur sebagai berikut:

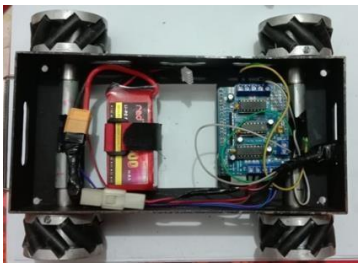
- Siapkan komponen model *mecanum wheel* yang sudah dibuat maupun dibeli sebelumnya.
- Pasangkan pelek luar dan pelek dalam akan tetapi baut tidak sampai kencang cenderung masih longgar.
- Pasang poros *roller* pada bagian lubang yang terdapat pada coakan pada pelek.
- Lalu lem poros yang menempel pada lubang pada pelek bagian dalam dengan lem super supaya lebih kuat.
- Lakukan proses 3 dan 4 sampai semua poros *roller* terpasang dengan baik lalu kencangkan baut dan tunggu beberapa saat sampai lem mengering.
- Setelah lem melekat dengan kuat lepaskan baut dan pelek luar dan pasangkan *roller* pada poros *roller*.
- Pasang kembali pelek luar pada poros dan pelek dalam dan kencangkan baut menggunakan kunci L.
- Pasang baut pengencang poros dengan menggunakan obeng akan tetapi jangan sampai bawah terlebih dahulu.

Prosedur perakitan *hardware* sistem kontrol memiliki beberapa prosedur sebagai berikut:

- Persiapkan semua komponen beserta alat bantu yang akan digunakan pada saat perakitan
- Pasangkan kabel dengan motor listrik dengan cara disolder supaya menempel dengan sempurna.
- Gabungkan motor *driver* pada arduino dengan cara memasukan logam panjang pada bagian motor *driver* pada bagian arduino.
- Pasang *switch on/off* pada kabel merah yang akan dihubungkan dengan baterai dan motor
  driver.
- Pasang kabel yang sudah terhubung dengan motor listrik pada motor *driver* yang bertulisan M1 untuk motor 1, M2 untuk motor 2, M3 untuk motor 3 dan M4 untuk motor 4.
- Pasang kabel untuk baterai pada motor *driver*, kabel merah pada +M dan kabel hitam pada GND.
- Pasangkan baterai pada pada rangkaian yang sudah di buat.

Prosedur perakitan semua komponen model *mecanum wheel* memiliki beberapa prosedur sebagai berikut:

- Pemasangan motor listrik pada bagian sasis dengan menggunakan baut M2x4 menggunakan obeng plus.
- Pemasangan arduino pada sasis bagian bawah menggunakan baut M5x12 dengan obeng plus.
- Pemasangan baterai ini menggunakan *strap* untuk mengikat baterai tersebut
- Pemasangan kabel dari motor listrik dan *switch* pada motor *driver* menggunakan obeng plus.
- Pemasangan motor *driver* pada arduino dengan cara mencocokan *port* pada setiap bagian.
- Pemasangan batrai dengan *switch* untuk memutus dan meneruskan arus listrik.
- Hasil pemasangan komponen-komponen *controller* pada sasis.
- Pemasangan ring pada poros motor listrik.
- Pemsangan model *mecanum wheel* menggunakan obeng min (-).



Gambar 5. Hasil Perakitan

Pada saat proses perakitan mengalami kesulitan saat proses pemasangan poros *roller* hal ini dikarenakan ukuran poros tersebut sedikit kekecilan, hal tersebut karena keterbatasan bahan yang tersedia. Untuk mengatasi hal tersebut maka dilakukan pengeleman menggunakan lem super supaya poros *roller* dapat menempel dengan sempurna dan dapat mempermudah proses perakitan.

2.4 Pengujian Fungsional Komponen Model *Mecanum wheel* Pada *Forklift* AGV

Untuk memastikan setiap komponen yang digunakan dalam keadaan yang baik maka perlu dilakukan pengujian secara fungsional pada beberapa komponen yang akan digunakan supaya bekerja dengan baik pada saat pengujian berdasarkan parameter. Pengujian model *mecanum wheel* ini dilakukan dengan cara memperhatikan apakah semua komponen terpasang dengan baik dan dapat berfungsi dengan baik.

Pada pengujian fungsional pada model *mecanum wheel* ini dilakukan pada komponen *roller*, poros *roller* dan pelek, hasil pengujian yang didapatkan sebagai berikut:

- *Roller*
  - *Roller* yang dibuat dapat berputar pada porosnya dengan baik.
  - Bagian ujung *roller* tidak mentok ke bagian pelek.
- Poros *roller*
  - Poros *roller* dapat menempel dengan baik pada lubang yang terdapat pada coakan pelek luar maupun dalam.
  - Dapat menopang *roller* dengan baik sehingga putaran *roller* tidak terhambat.
- Pelek
  - Pelek yang telah dibuat memiliki ukuran yang sesuai dengan rancangan.
  - Pada bagian penghubung pelek luar dan dalam dapat menempel dengan baik dan tidak longgar.
  - Pada pengunci poros motor listrik dapat mengunci dengan baik.

Pengujian sistem kontrol terdapat beberapa komponen yang harus diperhatikan secara fungsinya, sebagai berikut:

- Motor Listrik DC, dapat berputar saat diberi arus listrik dari baterai.
- Kabel dapat mengalirkan arus listrik dengan baik.
- Arduino UNO R3 dapat menyimpan data dengan baik ditandai dengan dicoba memasukan data percobaan.
- Motor *driver* dapat meneruskan perintah dari Arduino ke motor listrik dengan baik ditandai motor listrik dapat bergerak saat percobaan.

2.5 Pengujian Dengan Parameter Model *Mecanum wheel* Pada *Forklift* AGV

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah hasil dari pembuatan model *mecanum wheel* sesuai dengan perhitungan yang sudah dikerjakan oleh perancang, dalam hal ini untuk mengetahui sejauh mana kemampuan hasil dari suatu rancangan dan untuk menjadi data untuk mengembangkan dari produk ini.

Proses pengujian ini dilakukan dengan parameter-parameter berupa pengujian kecepatan putaran motor listrik, kecepatan putaran roda, pola gerakan, dimensional dan titik berat. Parameter tersebut bertujuan untuk mendapatkan data sebagai bahan analisis dan pengembangan kedepannya.

Putaran motor listrik didapatkan dengan cara mengukur putaran yang dihasilkan pada saat motor listrik bekerja. Putaran roda didapatkan dengan cara mengukur putaran yang di hasilkan pada saat roda yang terhubung dengan motor listrik yang bekerja. Putaran ini akan diukur dengan menggunakan alat ukur *tachometer* untuk mengetahui berapa kecepatan putaran yang dihasilkan oleh motor listrik, dengan hasil yang diperoleh berupa angka dengan satuan RPM (*Revolution Per Minute*).

Sudut putar sasis adalah besar sudut yang dihasilkan oleh model *mecanum wheel* pada *forklift* AGV dengan titik pusat putarannya adalah titik pusat sasis. Sudut belok sasis adalah besar sudut yang dihasilkan oleh model *mecanum wheel* pada *forklift* AGV dengan titik pusat beloknya berada di luar sasis. Untuk mengetahui seberapa besar nilainya adalah dengan cara mengukur seberapa besar sudut yang dapat dilakukan oleh model *mecanum wheel* pada *forklift* AGV pada saat berbelok, dengan memperhatikan arah putar dari masing-masing roda.

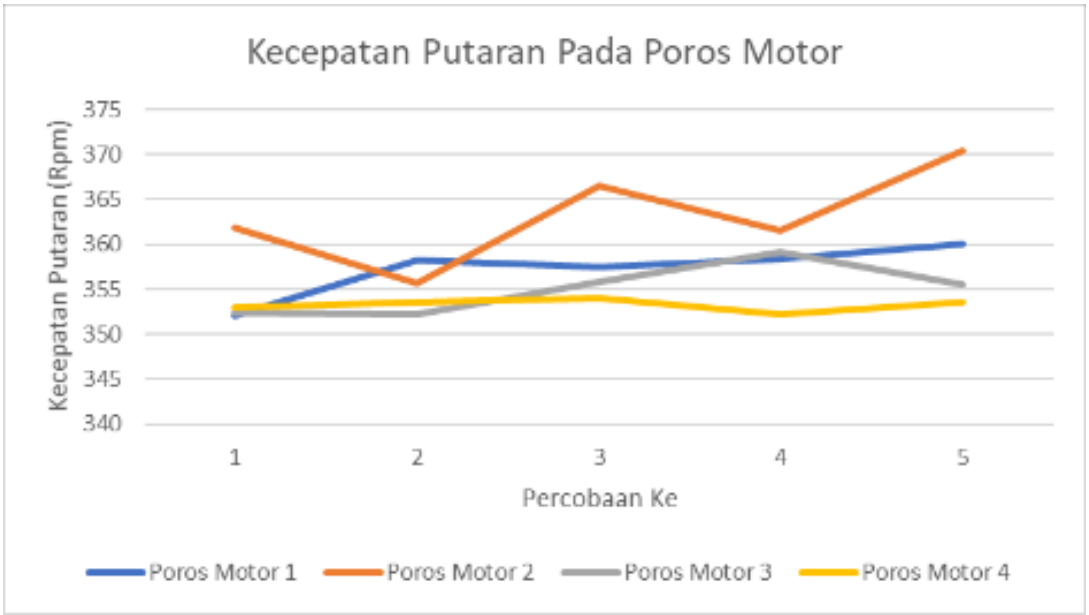
Pada proses pengujian akurasi dimensional dilakukan dengan mengukur posisi dari setiap roda apakah sudah satu sumbu atau belum. Proses ini dilakukan dengan cara mengukur menggunakan alat ukur berupa tali yang diberi pemberat sebagai acuannya.

Proses pengujian titik berat ini dilakukan dengan cara menggantungan salah satu roda bagian depan kanan menggunakan tali lalu hasil dari posisi ujung atas dan bawah ditarik garis lurus secara vertikal, selanjutnya dilakukan dengan menggunakan roda depan kiri dengan proses yang sama. Setelah didapatkan hasilnya maka akan terdapat potongan garis dan dapat mengetahui dimana titik berat sebenarnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

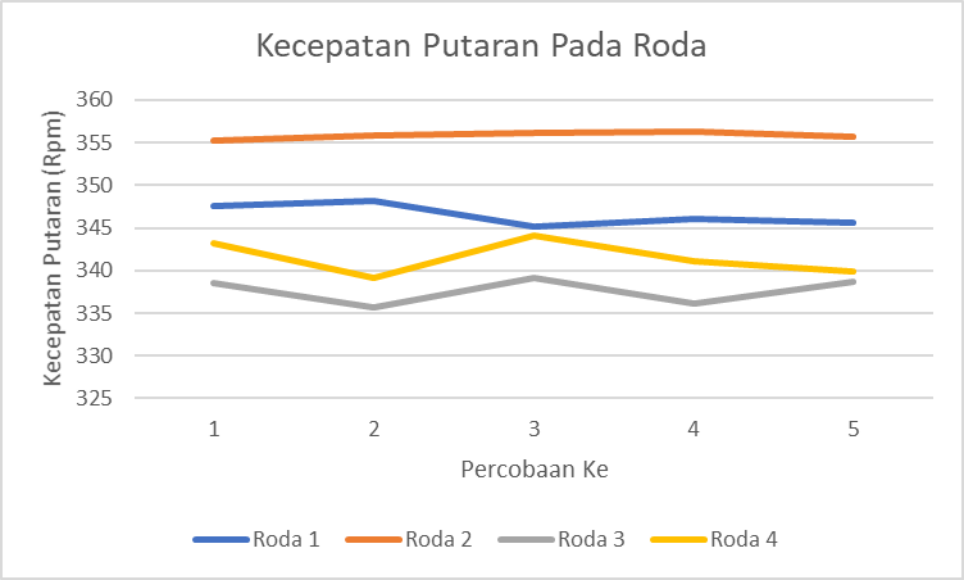
3.1 Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian menggunakan parameter yang disebutkan di atas maka didapatkan data yang didapatkan dari hasil pengujian tersebut. Data dari proses pengujian putaran motor listrik dapat dilihat pada gambar 6. Sedangkan data dari proses pengujian putaran roda dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 6. Grafik Putaran Poros Motor Listrik Dari Hasil Pengujian Dengan Program Pada Arduino 200 Rpm

Terlihat pada gambar 6 setiap motor listrik mengalami peningkatan kecepatan putaran dengan data *input* pada arduino 200 rpm dan menghasilkan kecepatan putaran yang lebih tinggi. Selain itu kecepatan putaran pada setiap motor listrik berbeda beda kecepatan maksimum terdapat pada motor listrik 2 dan kecepatan minimum terdapat pada motor listrik 4.



Gambar 7. Grafik Putaran Model *Mecanum Wheel* Dari Hasil Pengujian Dengan Program Pada Arduino 200 Rpm

Terlihat pada gambar 7 di atas bahwa setiap roda mengalami peningkatan kecepatan putaran dengan data *input* pada arduino 200 rpm dan menghasilkan kecepatan putaran yang lebih tinggi. Selain itu kecepatan putaran pada setiap roda berbeda beda kecepatan maksimum terdapat pada roda 2 dan kecepatan minimum terdapat pada roda 4.

Pada proses pengujian dimensional dilakukan beberapa pengujian untuk mendapatkan data posisi dari setiap roda. Data hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada tabel 1.

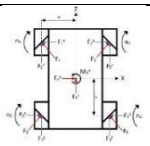
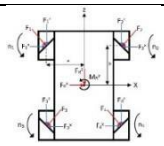
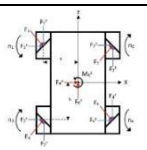
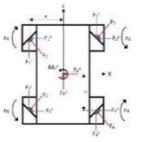
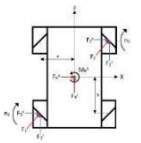
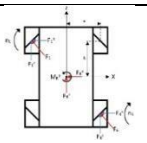
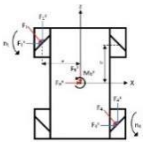
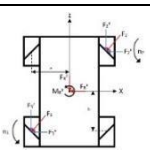
Tabel 1 Pengujian Dimensional dan Titik Berat

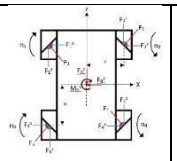
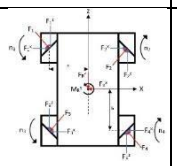
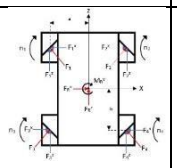
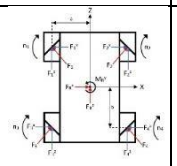
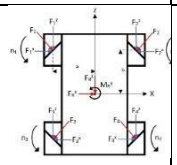
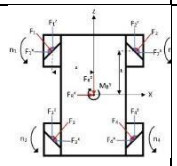
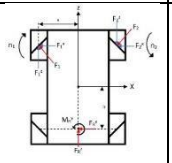
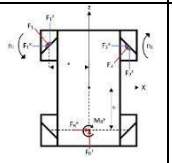
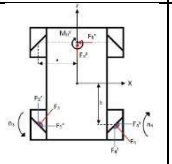
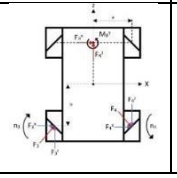
No	Pengujian	Posisi	Keterangan
1	R1 dan R2	Tidak satu sumbu	Posisi R1 sedikit bergeser ke belakang
2	R1 dan R3	Tidak sejajar	Posisi R1 sedikit lebih keluar
3	R2 dan R4	Tidak sejajar	Posisi R4 sedikit lebih keluar
4	R3 dan R4	Tidak satu sumbu	Posisi R4 sedikit bergeser ke belakang
5	Roda Depan dan Roda Belakang	Tidak sejajar	Karena setiap roda tidak sejajar dan tidak satu sumbu.
6	Roda Kiri dan Roda Kanan	Tidak sejajar	Karena setiap roda tidak sejajar dan tidak satu sumbu.
7	Titik Berat	Posisi tidak pada posisi tengah sasis	Posisi titik berat yang sebenarnya sedikit bergeser ke bagian bawah mendekati batrai sejauh 5mm dan ke bagian kanan 3 mm.

Terlihat pada tablel 1 posisi hasil perakitan tidak sesuai dengan posisi seharusnya, hal ini dapat terjadi karena hasil proses pembuatan beberapa komponen yang ukurannya kurang sesuai dan proses perakitan yang terjadi kesalahan.

Pada proses pengujian pola gerakan dilakukan beberapa pengujian untuk mendapatkan data dengan melihat pola gerakan dari pariasi arah dan kecepatan putara masing-masing roda . Data hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Data Hasil Pengujian Pola Gerakan Model *Mecanum Wheel* Pada *Forklift AGV*

No	**Gambar Gerak**	Putaran Roda Dari Pandangan Kanan				Arah Gerak Seharusnya	Arah Gerak Hasil Pengujian
		R1	R2	R3	R4		
1		n ≠ 0 CCW	n ≠ 0 CW	n ≠ 0 CW	n ≠ 0 CCW	Maju	Maju, sejauh 2400 mm dan bergerak ke kanan 40 mm (Θ=0,96°)
2		n ≠ 0 CCW	n ≠ 0 CW	n ≠ 0 CW	n ≠ 0 CCW	Mundur	Mundur sejauh 2400 mm dan bergerak ke kanan 30 mm (Θ=0,72°)
3		n ≠ 0 CCW	n ≠ 0 CW	n ≠ 0 CW	n ≠ 0 CCW	Geser Kanan	Maju mundur sedikit bergeser ke kanan
4		n ≠ 0 CW	n ≠ 0 CCW	n ≠ 0 CCW	n ≠ 0 CW	Geser Kiri	Maju mundur sedikitbergeser ke kiri
5		n = 0	n ≠ 0 CW	n ≠ 0 CW	n = 0	Maju Serong Kanan	Maju 700 mm sedikit mengarah ke sebelah kanan
6		n ≠ 0 CW	n = 0	n = 0	n ≠ 0 CW	Maju Serong Kiri	Maju 500 mm sedikit mengarah ke sebelah kiri
7		n ≠ 0 CCW	n = 0	n = 0	n ≠ 0 CCW	Mundur Serong Kanan	Maju 600 mm sedikit mengarah ke sebelah kanan
8		n = 0	n ≠ 0 CCW	n ≠ 0 CCW	n = 0	Mundur Serong Kiri	Maju 500 mm sedikit mengarah ke sebelah kiri

9		n ≠ 0 CW	n ≠ 0 CCW	n ≠ 0 CW	n ≠ 0 CCW	Berputar Clockwise	Berputar CW bergeser ke kanan 30mm dan bergeser ke depan 20mm
10		n ≠ 0 CCW	n ≠ 0 CW	n ≠ 0 CCW	n ≠ 0 CW	Berputar Counter Clockwise	Berputar CCW bergeser ke kanan 20 mm dan bergeser ke depan 10 mm
11		n ≠ 0 CW	n = 1/2 CW	n ≠ 0 CW	n = 1/2 CW	Maju belok kanan	Maju 2400 mm sambil belok kanan
12		n = 1/2 CW	n ≠ 0 CW	n = 1/2 CW	n ≠ 0 CW	Maju belok kiri	Maju 2400 mm sambil belok kiri
13		n ≠ 0 CCW	n = 1/2 CCW	n ≠ 0 CCW	n = 1/2 CCW	Mundur belok kanan	Mundur 2400 mm sambil belok kanan
14		n = 1/2 CCW	n ≠ 0 CCW	n = 1/2 CCW	n ≠ 0 CCW	Mundur belok kiri	Mundur 2400 mm sambil belok kiri
15		n ≠ 0 CW	n ≠ 0 CCW	n = 0	n = 0	Berputar lateral CCW roda depan	Berputar CW diakibatkan karena roda depan bergerak berlawanan
16		n ≠ 0 CCW	n ≠ 0 CW	n = 0	n = 0	Berputar lateral CW roda depan	Berputar CCW diakibatkan karena roda depan bergerak berlawanan
17		n = 0	n = 0	n ≠ 0 CCW	n ≠ 0 CW	Berputar lateral CW roda belakang	Berputar CCW diakibatkan karena roda belakang bergerak berlawanan
18		n = 0	n = 0	n ≠ 0 CW	n ≠ 0 CCW	Berputar lateral CCW roda belakang	Berputar CW diakibatkan karena roda belakang bergerak berlawanan

Dapat dilihat dari tabel 2 bahwa data hasil percobaan tidak sesuai dengan rancangan. Terdapat simpangan yang terjadi dari hasil percoban pola gerakan yang dilakukan. Hal tersebut terjadi karena beberapa faktor yang mempengaruhi seperti kecepatan setiap roda berbeda, kondisi permukaan beton yang kurang rata dan titik berat yang tidak sama seperti titik pusat sasis.

4. KESIMPULAN

Proses pembuatan komponen model *mecanum wheel* yang menggunakan mesin manual yang berukuran besar sedangkan komponen yang dibuat berukuran kecil mengakibatkan tingkat kepresisian sedikit tidak sesuai meskipun komponen tersebut dapat di produksi dengan waktu yang lebih lama.

Proses perakitan dilakukan dengan memperhatikan rancangan dengan alat bantu yang telah disesuaikan dengan kebutuhan dan tambahan lem untuk merekatkan poros *roller* dengan lubang poros *roller* pada bagian pelek dikarenakan poros *roller* tidak menempal dengan sempurna jika tidak di beri lem.

Terdapat perbedaan dari hasil pengujian model *mecanum wheel* pada *forklift* AGV dari data hasil perancangan dan pengujian secara fisik. Terdapat perbedaan nilai dari hasil pengujian kecepatan dan dari data arduino 200 rpm meningkat sekitar 175%, sedangkan data dari setiap putaran motor listrik berbeda 10-20 rpm dan terjadi penyimpangan pada saat pengujian pola gerakan. Sudut putar yang tidak tetap pada pusat putaran, terdapat perbedaan gerakan yang dihasilkan, terdapat gerakan yang tidak dapat di lakukan oleh model *mecanum wheel* pada *forklift* AGV. Seperti pada gerak maju, terdapat simpangan sebesar $\Theta=0{,}96^{o}$, dan gerak mundur sejauh terdapat simpangan sebesar $\Theta=0{,}72^{o}$.

DAFTAR PUSTAKA

Kutz, Myer. 2015. Mechanical Engineers Handbook Vol. 1. New Jersey : Wiley.

Singh, Rajender. 2006. Introduction to Basic Manufacturing Processes and Workshop Technology. New Delhi : New Age International Publishers.

Widarto. (2008). Teknik Pemesinan. In Http://Smkteknikpemesinan.Blogspot.Com.

Widarto. (2010). Teknik Pemesinan Jilid 2 SMK Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.