

PERANCANGAN ALAT PENGUKUR MASSA PADA AUTOMATIC MACHINE MEASURING OF MASS AND DIMENSION DENGAN METODE DFMA

Aulia Rahman^[1], Dodi Sofyan Arief^[2]

Laboratorium Teknologi Produksi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru, Pekanbaru 28293

^[1]auliarahman.ar106@gmail.com, ^[2]dodidarul@yahoo.com

Abstract

Design of automatic machine measuring of mass and dimension is the initial activity of a series of product manufacturing processes. Design is an important part of producing a complete manufacturing product. The manufacturing process of this machine refers to the Design for Manufacture and Assembly (DFMA) method. DFMA method is a method that provides efficient steps in the manufacturing process. Design for Manufacture (DFM) is one of the manufacturing planning systems that will analyze designs that will be used from several planned design alternatives, until the third design alternative is chosen as the final design for manufacturing. Design for Assembly (DFA) is one of the assembly planning systems that will analyze the design of components and products as a whole. The DFA analysis will produce assembly efficiency values. The value of assembly efficiency from the prototype design in theory is 5.45% with assembly time of 715.05 seconds and the value of assembly efficiency from the prototype in practice is 5.76% with assembly time of 676.54 seconds.

Keyword : design, automatic measuring machine, DFM

1. Pendahuluan

Jasa pengiriman barang di Indonesia merupakan bisnis yang semakin berkembang, karena persaingannya semakin lama akan semakin meningkat. Saat ini para pengusaha jasa kurir dan logistik berlomba-lomba untuk menawarkan jasa kurirnya, salah satu tantangan yang harus dihadapi pada jasa kurir dan logistik yaitu dari segi variasi logistik yang dikirim. Dengan adanya variasi logistik yang semakin meningkat, baik dalam bentuk ukuran dan jenis material, maka sistem penentuan tarif pengiriman bervariasi pula.

Menurut Respatindo, pada umumnya proses pengiriman barang dilakukan secara tradisional, berawal dari penerimaan barang dari konsumen kepada kostumer agar barang yang akan dikirim dilakukan pemaketan yang sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Pembayaran dilakukan dengan menghitung besaran berat dalam satuan kg dan besaran volume dalam satuan m³. Menurut Ganis Irviyanti, untuk barang yang memiliki besaran berat yang ringan dan besaran volume yang besar maka tarif pada barang dikenakan *volumetrik* yaitu dengan rumus penghitungan $V = p \times l \times t$ dibagi 6000, hasil dari penghitungan *volumetrik* tersebut dikalikan dengan tarif per kg sesuai dengan kota tujuan. Oleh karena itu, pengusaha jasa pengiriman barang di Indonesia memerlukan suatu inovasi baru untuk

memudahkan proses tersebut. Salah satunya yaitu dengan menggunakan teknologi yang lebih praktis berupa *automatic machine measuring of mass and dimension*.

Automatic machine measure of mass and dimension adalah sebuah mesin yang dapat mengambil informasi berupa massa dan dimensi dari suatu benda yang berbentuk beraturan maupun tidak beraturan (acak). Prinsip kerja dari alat ini merupakan penggabungan dari prinsip kerja dari sebuah mesin yang bernama *machine vision* ditambah dengan komponen lain berupa *load cell* yang berfungsi untuk mengukur massa pada suatu benda. Menurut Cognex, *machine vision* adalah mesin yang dapat mengambil informasi dari citra atau gambar digital secara otomatis, yang digunakan untuk kontrol mutu. Penggunaannya semakin meningkat pada industri-industri manufaktur untuk menggantikan tenaga inspeksi manusia. *Machine vision* diperlukan untuk inspeksi yang berulang dalam waktu yang singkat karena lebih cepat, lebih objektif, dan dapat bekerja secara *continue*. Sistem dari *machine vision* ini bekerja menggunakan *software* dan alat pendukung lainnya, seperti *software* matlab, dan *hardware* arduino.

Berdasarkan permasalahan diatas maka timbulah suatu ide untuk membuat rancangan salah satu bagian dari *automatic machine measuring of mass and dimension* yaitu alat

d. *Insertion code*

Insertion code merupakan dua digit angka yang digunakan untuk menentukan waktu *handling* pada tabel estimasi *insertion time*. Penentuan *insertion code* ini tergantung kepada efek – efek yang mempengaruhi sewaktu *insertion*.

e. *Insertion time (TI)*

Insertion time merupakan waktu yang dibutuhkan untuk penggabungan suatu *part* ke bagian *part* yang akan dirakit. *Insertion time* ini didapat berdasarkan *insertion code*.

f. *Total time*

Total time merupakan *Number of item* (RP) dikalikan dengan penambahan dari *handling time* (TH) dan *insertion time* (TI).

g. *Minimum of part*

Minimum of part ini ditentukan berdasarkan salah satu ketentuan yang telah disebutkan pada teori dasar.

Menurut Dekker M, nilai efisiensi perakitan didapatkan dengan persamaan berikut:

$$E_{ma} = \frac{N_{min.ta}}{t_{ma}} \quad (1)$$

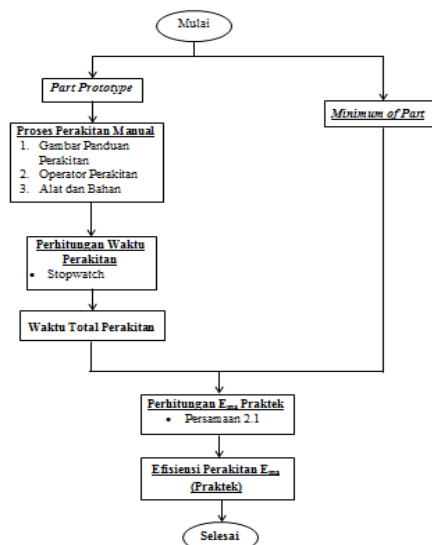
Dimana, N_{min} = *Minimum of Part*

t_a = Waktu dasar perakitan (3 detik)

t_{ma} = Waktu total perakitan.

2.3 Perhitungan Waktu Perakitan Secara Praktek

Proses perhitungan waktu perakitan secara praktek dapat dilihat pada Gambar 3. sebagai diagram alir perhitungan waktu perakitan secara praktek.



Gambar 3. Alur Perhitungan Waktu Perakitan Secara Praktek

Pengambilan data ini melibatkan tiga orang (operator) untuk melakukan kegiatan perakitan. Setiap operator akan diberi 1 kali kesempatan untuk melakukan kegiatan perakitan. Untuk menghitung waktu proses perakitan alat yang digunakan adalah *stopwatch*. Nilai waktu yang diambil adalah waktu rata-rata proses *assembly* dari 3 operator perakitan tersebut.

2.4 Perbandingan Efisiensi Perakitan Secara Teori dengan Praktek

Untuk mendapatkan nilai perbandingan efisiensi diantara perakitan secara teori dan praktek dapat menggunakan persamaan berikut:

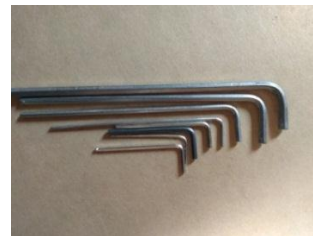
$$\frac{t_{ma} \text{ Teori}}{t_{ma} \text{ Praktek}} \times 100\% \quad (2)$$

2.5 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam proses desain adalah *Autodesk Inventor 2016*. Sedangkan alat yang digunakan dalam proses perakitan adalah sebagai berikut:

1. Kunci *Hexagonal* (Kunci L)

Kunci L digunakan untuk proses pengencangan baut.



Gambar 4. Kunci *Hexagonal* (Kunci L)

2. *Stopwatch*

Stopwatch digunakan untuk menghitung waktu perakitan secara praktek.



Gambar 5. *Stopwatch*

3. Kamera Android

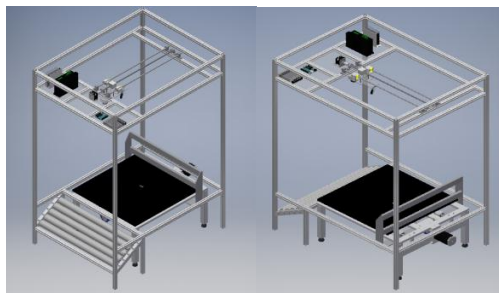
Kamera android digunakan untuk dokumentasi selama proses penelitian.



Gambar 6. Kamera Android

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Desain alat pengukur massa pada *automatic machine measuring of mass and dimension*.



Gambar 7. Desain Prototipe

2. Prototipe *automatic machine measuring of mass and dimension*.



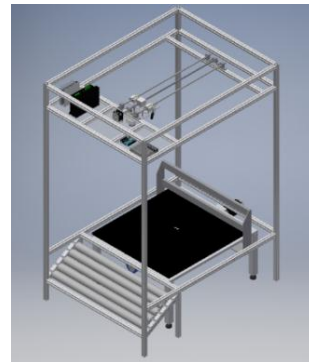
Gambar 8. Prototipe Automatic Machine Measuring Of Mass And Dimension

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Konsep Perancangan

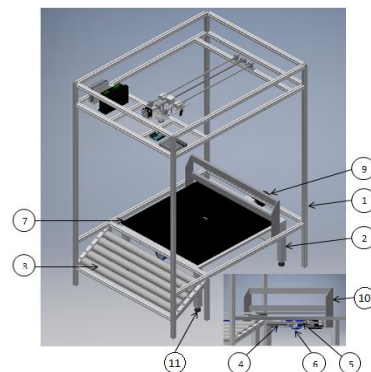
Konsep ini mengusung pengoperasian alat dengan menggunakan energi listrik sebagai sumber energi mekanik. Sistem transmisi pada mekanisme pengukur volume dan sistem pendorong objek ukur ke tempat penyimpanan menggunakan sistem screw conveyor. Transmisi putaran dari motor ke poros ulir ditransmisikan dengan penambahan kopling diantara motor dengan poros ulir. Mekanisme rangka utama pada desain ini menggunakan rangka aluminium

dengan dimensi 20 mm x 20 mm sebagai rangka utama. Untuk mekanisme dudukan *load cell*, ditambahkan sebuah meja dengan jenis rangka yang berbeda. Jenis rangka pada meja dudukan *load cell* ini menggunakan rangka baja holo dengan dimensi panjang 35 mm x 15 mm dengan ketebalan 12 mm. Penambahan meja ini dengan tujuan mengurangi gaya pembebanan, dan getaran yang terjadi yang disebabkan oleh putaran motor dan sistem pendorong yang sedang bekerja terhadap rangka utama yang bermaterialkan aluminium. Desain alas benda menggunakan tanpa menggunakan rangka penopang, alas benda dibuat dengan menggunakan plat duralium dengan ketebalan 12 mm yang langsung dihubungkan dengan sensor pada *load cell*. Pengatur sudut kemiringan laser diatur sebesar 45° sedangkan kemiringan kameranya sebesar 90° (tegak lurus). Objek ukur yang akan diukur adalah benda yang beraturan berupa kotak paket logistik. Bentuk dari pengembangan konsep produk ketiga ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 9. Konsep Perancangan untuk Manufaktur

3.2 Identifikasi Komponen Pengukur Berat pada Automatic Machine Measuring of Mass and Dimension



Gambar 10. Komponen Utama Pengukur Massa pada Automatic Machine Measuring of Mass and Dimension

Tabel 2. Komponen Utama Pengukur Massa pada *Automatic Machine Measuring of Mass and Dimension*

Ref. No.	Description	QTY	Function
1	Rangka Utama	1	Sebagai <i>main housing</i> dari semua <i>part</i>
2	Rangka/Meja Dudukan <i>Load Cell</i>	1	Sebagai penempatan komponen-komponen sistem pendorong dan penimbangan.
3	<i>Roller</i>	5	Sebagai penerus benda ketempat penyimpanan
4	<i>Shaft</i> ulir	1	Sebagai media penghantar pendorong (<i>screw conveyor</i>)
5	<i>Sliding Shaft</i>	2	Sebagai penyeimbang/penopang sistem pendorong benda.
6	<i>Bearing House</i>	2	Sebagai bantalan pada <i>shaft</i> ulir.
7	Plat duralium	1	Sebagai alas dari benda yang akan diukur.
8	<i>Load Cell</i>	1	Sebagai timbangan/alat pengukur massa.
9	Motor <i>stepper</i>	1	Sebagai motor penggerak pada pendorong.
10	Rangka pendorong	1	Sebagai media pendorong benda ketempat penyimpanan.
11	Karet alas kaki rangka tambahan	4	Sebagai karet alas rangka tambahan yang bisa digunakan untuk mengatur ketinggian rangka tambahan/meja dudukan <i>load cell</i> .

3.3 Analisa DFA dan DFM pada Komponen Utama *Automatic Machine Measuring of Mass and Dimension*.

Analisa DFA dan DFM dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Analisa DFA dan DFM pada Komponen Utama

No	Fungsi	Kelebihan	Kekurangan
1.	Rangka Aluminium	• Ringan • Tampilan lebih menarik	• Harga Lebih Mahal • Ketahanan Pembebanan
2.	Sistem perakitan rangka utama dengan menggunakan <i>joint L</i>	• Bisa dibongkar pasang	• Membutuhkan waktu lebih lama
3.	Sistem transmisi <i>screw conveyor</i>	• Mampu mendorong dengan gaya dan beban yang besar	• Waktu pengoperasian sedikit lama • Membutuhkan <i>screw</i> yang lurus dan mulus demi efisiensi waktu transmisi
4.	Rangka/Meja dudukan <i>load cell</i>	• Ketahanan Pembebanan • Dapat dipisah dengan rangka utama untuk memudahkan perakitan dan perawatan	• Tampilan berbeda dengan rangka utama
5.	<i>Load Cell</i>	• Mudah dan praktis dalam penggunaan	• Harga lebih mahal • Membutuhkan komponen lain untuk pengoperasian • Membutuhkan keterampilan khusus dalam penggunaan.
6.	Motor <i>Stepper</i>	• Kecepatan dan arah putaran dapat diatur	• Harus ada penambahan komponen lain untuk pengoperasian

7.	Plat Duralium	• Anti Magnetic • Ketahanan pembebanan	• Harga Mahal • Komponen berat
8.	Roller	• Transmisi tidak menggunakan motor	• Untuk tahap awal masih minim fungsi

3.4 Hasil Perhitungan Estimasi Waktu Perakitan Secara Teori

Untuk mendapatkan estimasi waktu perakitan digunakan tabel manual *handling* dan manual *insertion*. Estimasi waktu perakitan secara teori didapatkan sebesar 715,05 detik dengan *minimum of part* yang didapat adalah sebesar 13.

3.5 Perhitungan Efisiensi Perakitan Secara Teori

Efisiensi perakitan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1) dan dengan data yang sudah didapat sebagai berikut:

Waktu dasar perakitan per part (t_a) = 3 detik

Minimum of Part (N_{min}) = 13

Waktu total perakitan = 715,05 detik

Maka:

$$E_{ma} = \frac{13 \times 3}{715,05} = 0,0545 \text{ atau } 5,45\%$$

Jadi, nilai efisiensi perakitan (E_{ma}) secara teori mesin *automatic machine measuring of mass and dimension* adalah 5,45%.

3.6 Hasil Perhitungan Waktu Perakitan Secara Praktek

Hasil perhitungan waktu perakitan secara praktek dilakukan oleh tiga orang operator dengan masing-masing operator mendapatkan

satu kali kesempatan, dapat ditunjukkan dalam tabel berikut:

Tabel 4. Hasil Perhitungan Waktu Perakitan Secara Praktek

Operator	Waktu Perakitan
1	659,5
2	692,1
3	688,4
Waktu Perakitan Rata-Rata	676,54 detik atau 11 menit 16,54 detik

Jadi total waktu perakitan (t_{ma}) seluruh part yang didapat secara praktek adalah 676,54 detik atau 11 menit 16,54 detik.

3.7 Perhitungan Nilai Efisiensi Perakitan Secara Praktek

Efisiensi perakitan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1) dan dengan data yang sudah didapat sebagai berikut:

Waktu dasar perakitan per part (t_a) = 3 detik

Minimum of Part (N_{min}) = 13

Waktu total perakitan = 676,54 detik

Maka:

$$E_{ma} = \frac{13 \times 3}{676,54} = 0,0576 \text{ atau } 5,76\%$$

Jadi, nilai efisiensi perakitan (E_{ma}) secara praktek mesin *automatic machine measuring of mass and dimension* adalah 5,76%.

3.8 Nilai Perbandingan E_{ma} Teori dengan E_{ma} Praktek

Terdapat selisih nilai efisiensi perakitan secara teori dengan nilai efisiensi secara praktek yaitu 5,76% - 5,45% = 0,31%. Untuk mendapatkan persentase kesamaan nilai efisiensi perakitan secara praktek dengan teori menggunakan persamaan (2).

$$\frac{715,05}{676,54} \times 100\% = 1,0569 = 105,69\%$$

Maka didapatkan persentase kesamaan nilai efisiensi perakitan secara praktek dengan teori adalah 105,69%. Sehingga persentase kesamaan perakitan *parts* yang kurang dari 105,69% akan dianggap menjadi penyebab perbedaan nilai efisiensi ini.

Terdapat tiga persentase waktu perakitan dibawah 105,69% yaitu perakitan rangka pendorong, baut kopling dan mur baut motor stepper. Waktu perakitan rangka pendorong secara praktek (23,3 detik) didapatkan 3,8 detik lebih lama dibandingkan waktu perakitan secara teori (19,5 detik). Persentase kesamaan diantara keduanya sebesar 83,69%. Perbedaan waktu yang didapat disebabkan oleh proses penempatan posisi rangka pendorong dilakukan dengan cara diputar ke *screw shaft* dengan cara manual, ditambah posisi rangka pendorong terhalang oleh beberapa komponen yang lain.

Waktu perakitan baut kopling memiliki waktu perakitan secara praktek (65,6 detik) sedikit lebih lama dibandingkan waktu perakitan secara teori (61,8) sebesar 3,8 detik dengan persentase kesamaannya sebesar 94,210%. Hal ini disebabkan oleh posisi pemasangan baut,

akses dan pandangan terhalang oleh komponen yang lain.

Mur baut motor stepper memiliki waktu perakitan secara teori 29,72 detik dan waktu perakitan secara praktek sebesar 30,3 detik. Proses perakitan secara praktek memiliki waktu 0,58 detik lebih lama dibandingkan perakitan secara teori, dengan persentase kesamaan sebesar 98,08%. Hal ini disebabkan oleh akses pemasangan sempit dan terhalang oleh komponen lain.

4. Simpulan dan Saran

4.1 Simpulan

Setelah melakukan proses pengujian dan pengambilan data, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada perancangan ini digunakan alternatif desain yang ketiga, mekanisme dari desain ini adalah objek ukur diletakkan di atas alas benda, kemudian kamera bergerak translasi untuk melakukan perekaman data dimensi sedangkan laser dipasang dengan posisi cahaya mengarah pada objek ukur yang diletakkan pada salah satu rangka dengan keadaan diam. Setelah melakukan perekaman data, kamera kembali keposisi awal, kemudian *load cell* melakukan pengambilan data massa. Setelah data dimensi dan massa didapat, pendorong bergerak untuk memindahkan objek ukur yang sudah diukur ketempat penyimpanan melalui roller yang sudah dipasang. Sistem transmisi pendorong menggunakan sistem *screw conveyor*. Kapasitas objek ukur dibatasi, yaitu dengan dimensi panjang 50 cm, lebar 50 cm dan tinggi 50 cm dan berat maksimal adalah 40 kg. Penggunaan motor DC sebagai motor penggerak utama karena kecepatan motor DC dapat diatur sesuai keinginan dan sistem kontrolnya relatif lebih murah dan sederhana.
2. Nilai efisiensi perakitan alat pengukur massa pada *automatic machine measuring of mass and dimension* ini adalah sebagai berikut:
 - a. Nilai efisiensi perakitan secara teori adalah sebesar 5,45%
 - b. Nilai efisiensi perakitan secara praktek adalah sebesar 5,76%.

Sedangkan persentase kesamaan nilai efisiensi perakitan secara teori dan praktek adalah sebesar 105,69%.

4.2 Saran

Setelah melakukan seluruh penelitian ini, ada beberapa saran yang penulis berikan untuk penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Pada mekanisme pendorong.
Ada beberapa hal yang harus diperhatikan sebagai berikut:
 - a. Perlu penggantian poros ulir pada sistem transmisi pendorong benda. Pada saat ini, material yang digunakan pada poros ulir adalah material baja. Disarankan agar menggunakan poros ulir dengan material *stainless steel* karena permukaan ulirnya lebih halus.
 - b. Perlu penyetelan ulang pemasangan poros ulir dan sepasang *sliding shaft*. Pemasangan ketiga komponen ini harus benar-benar sejajar.
Hal ini dilakukan karena pergerakan yang didapatkan kurang mulus yang menyebabkan terjadinya pergerakan yang tidak konstan (tidak lancar) pada pendorong yang bergerak sehingga memakan waktu yang lebih lama dalam proses pendorongan.
2. Perlunya modifikasi alat agar lebih memberikan akses perakitan yang lebih baik karena ada beberapa komponen yang memiliki akses perakitan yang cukup sulit sehingga mengurangi efisiensi waktu perakitan.

5. Daftar Pustaka

- Respatindo, A.S PT. 2012. Cara perhitungan berat dalam pengiriman barang. www.respatindo.com Diakses pada tanggal 6 juni 2017.
- Ganis Irvianti. 2010. Analisis Tarif Pengiriman Barang dan Volume Penjualan pada PT. TIKI Jalur Nugraha Ekakurir (JNE Express). Tugas Akhir. Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Cognex. 2016. Introduction to Machine Vision. *Company booklet USA* www.cognex.com
- Boothroyd, G. 2005. *AssemblyAutomation and Product design*. Second Edition. Taylor & Francis Group. USA.
- Hatamura, Y. and Yamamoto, Y. 1999. *The Practice of MachineDesign*. New york: Oxford University.
- Dekker M, 2002. *Manufacturing Engineering And Materials Processing*. Marcel Dekker Inc. New York.
- Arief D. S, Ilyandi Rifki, Abidin. T. I, Pradana, Hamzah Amir. 2015. *Analysis of Design for Assembly (DFA) in Waste Separation Machine of Ferromagnetic and Non-Ferromagnetic Material*. Journal of Ocean, Mechanical and Aerospace –Science and Engineering-, Vol.25:November 30, 2015.