

# PERANCANGAN ALAT PENGUKUR VOLUME *AUTOMATIC MACHINE MEASURING OF MASS AND DIMENSION* UNTUK PENGIRIMAN BARANG DENGAN METODE DFMA

Syahru ramadonal<sup>1</sup>, Dodi Sofyan Arief<sup>2</sup>,  
Laboratorium Teknologi Produksi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau  
[1syahruramadonal@gmail.com](mailto:syahruramadonal@gmail.com), [2dodidarul@yahoo.com](mailto:dodidarul@yahoo.com)

## ABSTRACT

*Automatic machine measuring of mass and dimension is a machine that consists of several components that function as retrieval of information in the form of mass (kg) and dimensions ( $m^3$ ) of an object in the form of a regular or irregular (random). The working principle of Automatic machine measuring of mass and dimension is that the camera will take pictures of the light given by the sensor beam (line laser) which moves together with the camera and by using the triangulation method [7] of the laser and camera, then a broad measurement image can be obtained. from 2D images that will be processed using computer algorithms to get 3D image results to determine the volume of objects, Design for Manufacturing assembly is one of systems analysis to assembling components, simultaneously, throughout the products from beginning of process design. As result, obstacles to get assembly could be minimalizing before components production. DFMA analysis will be obtaining the value of efficiency on assembly. Through this way, the efficiency value of machine prototype to separating waste, both, ferromagnetic and non-ferromagnetic materials can be achieved. Furthermore, efficiency value on assembly of prototype design is 2.27% at 3033.75 seconds theoretically. The assembly efficiency value of prototype after production and assembling process on actual condition is 1.67% at 3676,473 seconds. The distinction from these efficiency values is caused by difficulty on assembly of the Arduino Acrylic base and the installation of sub-assembly body cover. As consequences, the time to get assembly will take more time on actual condition rather than theoretically.*

**Keywords:** triangulation method, laser, camera, volume, Designing, Design For Manufacturing And Assembly (DFMA), assembly efficiency

## 1. Pendahuluan

Kemajuan teknologi otomatis industri pada saat ini sudah semakin pesat dan luas hal ini didorong oleh kebutuhan industri yang semakin berkembang dan bervariasi dari tahun ke tahun, kemajuan ini dapat dilihat dari semakin banyaknya industri yang menggunakan sistem otomatisasi untuk menjalankan produksinya dengan menggunakan software dan sensor. Sistem sensor dan software sudah banyak ditemukan di lingkungan sekitar, sensor barcode barang, belt conveyor barang di bandara (*ray security scanner*), dan laptop.

Jasa pengiriman barang sangat dibutuhkan, baik oleh individu maupun organisasi Perusahaan. Pengiriman barang (bahan baku, bahan setengah jadi ataupun barang jadi) sehingga membutuhkan waktu dalam mengukur volume dan massa suatu benda, dapat memperlambat dalam proses pengiriman barang tersebut.

Beberapa perusahaan yang bergerak dalam bidang jasa titipan barang telah didirikan di Indonesia diantaranya adalah DHL, UPS, FedEx untuk jasa pengiriman barang dari luar negeri ke Indonesia, sebenarnya JNE, JNT, RPX untuk jasa pengiriman dalam negeri, dan Tiki, LINGGACARGO, INDAH CARGO untuk jasa pengiriman antar kota di Indonesia.

Jasa pengiriman barang merupakan bisnis jasa yang banyak digunakan saat ini sehingga menjadi

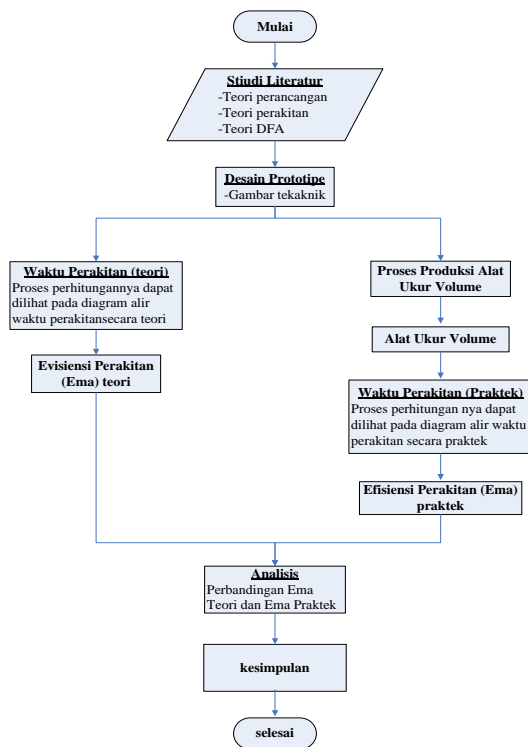
bisnis yang sangat bersaing, oleh sebab itu pendapatan perusahaan jasa cenderung berfluktuasi dan menurun, dengan semakin banyaknya persaingan dibidang jasa pengiriman ini akan mendorong perusahaan-perusahaan tersebut untuk meningkatkan pelayanan agar perusahaan dapat tetap berjalan dan semakin diminati.

Berdasarkan dari permasalahan di atas, akan dirancang dan dibuat alat pengukur volume berbasis kamera dan laser scanner yang cepat dan efisien, yang akan memudahkan dalam pengukuran dimensi barang pada industri pengiriman barang.

## 2. Metode

### 2.1 Diagram Alir Penelitian

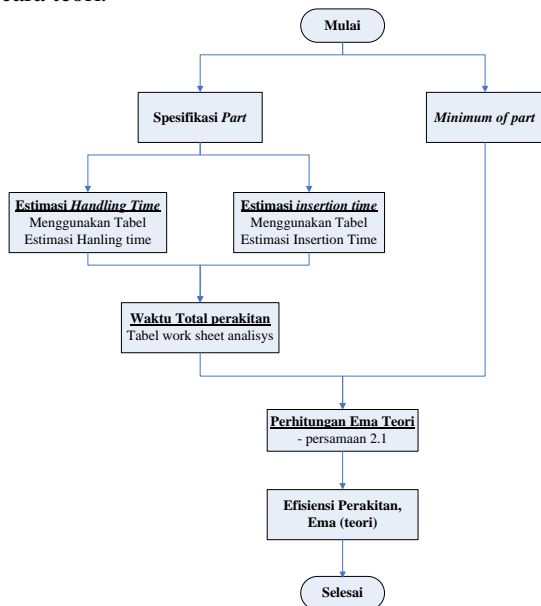
Pada Gambar 1 dapat dilihat diagram alir penelitian yang akan dilakukan. Untuk mencapai tujuan yang diinginkan, maka penelitian ini dibagi dalam beberapa tahap yaitu:



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

1) Perhitungan Estimasi Waktu Perakitan Secara Teori

Proses perhitungan estimasi waktu perakitan secara teori dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai diagram alir perhitungan estimasi waktu perakitan secara teori.



Gambar 2 Perhitungan Estimasi Waktu Perakitan Secara Teori

## 2.2 Perancangan

Perancangan adalah kegiatan awal dari suatu rangkaian proses pembuatan produk. Pada tahap perancangan tersebut dibuat keputusan-keputusan penting yang mempengaruhi kegiatan-kegiatan lain yang menyusulnya [1]. Sebelum sebuah produk dibuat, terlebih dahulu dilakukan proses perancangan yang nantinya menghasilkan sebuah gambar sketsa atau gambar sederhana dari produk tersebut. Gambar sketsa yang telah dibuat kemudian digambar kembali dengan aturan gambar sehingga dapat dimengerti oleh semua orang yang ikut terlibat dalam proses pembuatan produk tersebut. Gambar hasil perancangan adalah hasil akhir dari proses perancangan. Dan sebuah produk dibuat setelah gambar-gambar rancangannya dibuat dalam bentuk gambar kerja.

Perancangan terdiri dari serangkaian kegiatan berurutan yang mencakup seluruh proses yang terdapat dalam perancangan tersebut. Dalam perancangan juga ditentukan ukuran akhir yang dibutuhkan untuk membentuk struktur atau komponen konstruksi sesungguhnya. Masalah utama dalam proses perancangan struktur adalah masalah beban yang dapat ditahan oleh struktur tersebut. Oleh karena itu, suatu struktur atau komponen harus dirancang sedemikian rupa sehingga mampu menahan tegangan maksimum yang ditimbulkan oleh beban, baik dalam bentuk tegangan aksial, lentur maupun geser.

Secara tradisional sikap perancang adalah “*we design it, you build it*”. Yang juga diistilahkan menjadi “*over-the-wall approach*” dimana perancang duduk di salah satu sisi dinding dan melempar desain melewati dinding kepada tim manufaktur di sisi sebaliknya tanpa adanya suatu kolaborasi yang baik. Apabila dalam pelaksanaan manufakturnya terjadi suatu persoalan, baru dilakukan perbaikan desain, kemudian bila pada saat perakitan terjadi lagi persoalan maka desain diperbaiki lagi. Tentunya hal ini akan menyita waktu yang panjang sampai produk baru bisa dipasarkan.[2]

## 2.3 Pengertian Perakitan

Perakitan adalah suatu proses penyusunan dan penyatuan beberapa bagian komponen menjadi suatu alat atau mesin yang mempunyai fungsi tertentu. Pekerjaan perakitan dimulai bila objek sudah siap untuk dipasang dan berakhir bila objek tersebut telah bergabung secara sempurna. Perakitan juga dapat diartikan penggabungan antara bagian yang satu terhadap bagian yang lain atau pasangannya

Efisiensi proses perakitan sebuah produk dalam sebuah perusahaan tergantung pada dua hal yang saling berinteraksi, yaitu antara manusia (operator perakitan) ataupun robot (jika sistem telah terotomasi) dengan produk yang akan dirakit.[3]

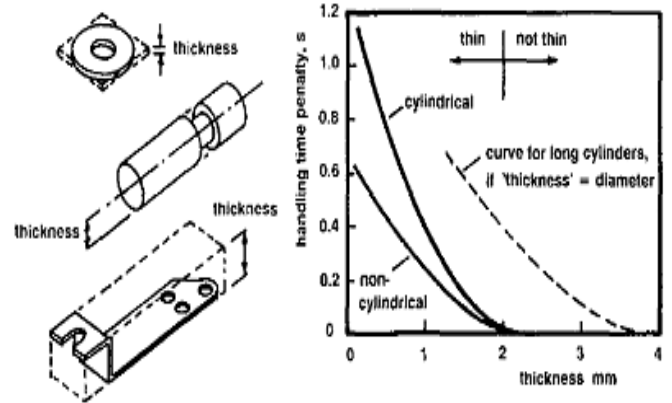
Macam – macam sistem perakitan yaitu[4] :

1) Perakitan manual

Perakitan manual adalah perakitan yang proses operasinya dikerjakan secara konvensional atau menggunakan tenaga manusia dengan peralatan yang sederhana tanpa alat-alat bantu yang spesifik atau khusus.

2) Perakitan Otomatis

Perakitan otomatis adalah perakitan yang dikerjakan dengan sistem otomatis seperti otomasi, elektronik, mekanik, gabungan mekanik dan elektronik (mekatronik), dan membutuhkan alat bantu yang lebih khusus.



Gambar 4 Efek Thickness

2.4 Design For Assembly (DFA)

Design For Assembly (DFA) merupakan salah satu metoda perencanaan *assembling* yang akan menganalisa desain komponen maupun produk secara keseluruhan, yang dimulai dari awal proses desain, sehingga kesulitan – kesulitan perakitan dapat diminimalisir sebelum komponen di produksi. Proses *manual assembly* dibagi dalam dua bagian,[5] yaitu :

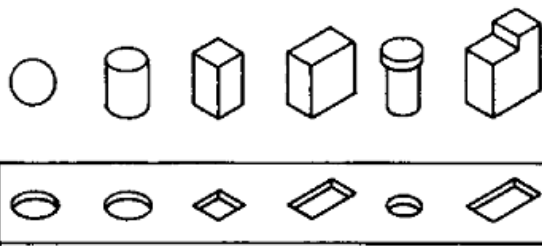
- a) Handling (*acquiring, orienting and moving the part*)
- b) Insertion dan Fastening

1) Manual Handling

Beberapa faktor yang mempengaruhi proses *manual handling* [5] yaitu :

a) Effect of Part Symmetry On Handling Time

Merupakan simetri putar dari *part* pada sumbu tegak lurus ( $\alpha$ ) atau sejajar ( $\beta$ ) sumbu *insertion*. Dapat dilihat pada Gambar 3



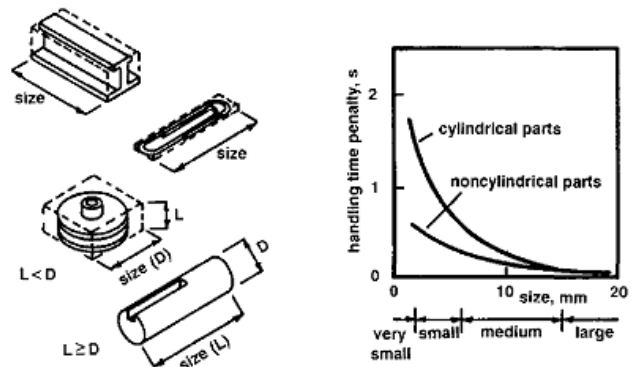
$\alpha$	0	180	180	90	360	360
$\beta$	0	0	90	180	0	360

Gambar 3 Simetri Putar dari Beberapa Part

b) Effect Of Part Thickness and Size On Handling Time.

*Thickness* merupakan panjang sisi terpendek yang membungkus sebuah *part*. Dapat dilihat pada Gambar 4.

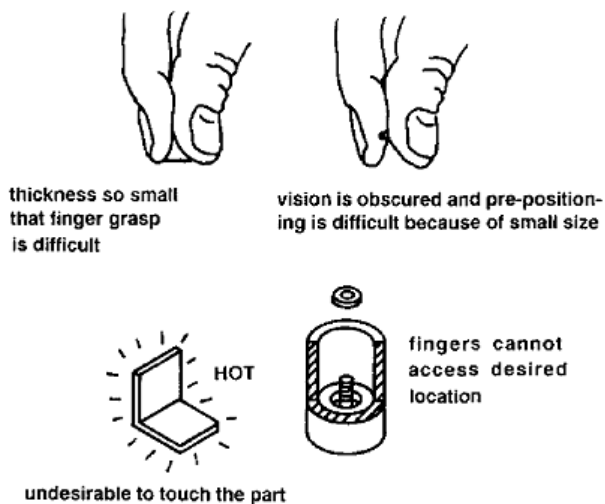
*size* merupakan panjang sisi terpanjang yang membungkus sebuah *part*, dapat dilihat pada Gambar 5



Gambar 5 Efek Size

c) Ukuran part

*Part* yang terlalu kecil atau terlalu besar sehingga membutuhkan peralatan khusus untuk *handling*. Ini akan mempengaruhi waktu *handling*. Dapat dilihat pada gambar 6.



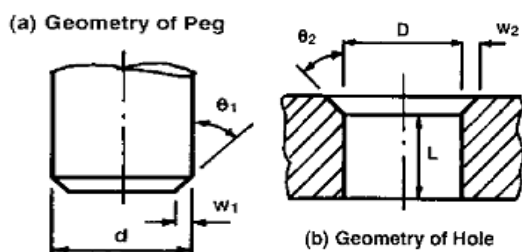
Gambar 6 Efek Ukuran Part

2) Manual Insertion

Beberapa faktor yang mempengaruhi waktu *manual insertion*[5] yaitu :

a) Effect Of Chamfer Design On Insertion Operations

Dua operasi *assembly* secara umum yaitu *insertion* pasak (shaft) yang dimasukkan ke sebuah lubang dan penempatan dari sebuah *part* yang berlubang dimasukkan ke pasak. *Chamfer* pada pasak lebih efektif dalam mengurangi waktu *insertion* daripada *chamfer* yang sama pada lubang. Seperti pada Gambar 7



Gambar 7 Geometri Peg dan Hole

b) Effect Of Holding Down

*Holding down* dibutuhkan ketika *part* tidak stabil setelah proses *insertion* atau selama operasi berikutnya. Hal ini didefinisikan sebagai suatu proses mempertahankan posisi dan orientasi/arah dari *part* yang telah ditempatkan atau telah di *insertion* selama proses berikutnya.

3) Tabel Matrik Boothroyd-Dewhurst

Berdasarkan percobaan – percobaan oleh Boothroyd-Dewhurst dari seluruh hambatan dan kesulitan tersebut, didapatkan nilai dari beberapa kombinasi kondisi dan disusun kedalam bentuk tabel matrik Boothroyd-Dewhurst [6]

4) Efisiensi Perakitan

Untuk menghitung nilai efisiensi perakitan dari suatu produk dapat menggunakan persamaan berikut[6] :

$$Ema = \frac{Nmin.ta}{tma} \quad (1)$$

Keterangan

- Nmin* = theoretical minimum number of parts
- Ta* = basic assembly time for one part
- tma* = estimated time to complete

Untuk menentukan estimasi waktu total perakitan (*tma*), pertama harus menentukan estimasi waktu perakitan per *part* menggunakan tabel estimasi waktu perakitan setiap *part* berdasarkan spesifikasi yang dimiliki setiap *part*. Setelah itu, kode dan waktu perakitan, pada Table 1

Tabel 1 Worksheet analisis[5]

Items Name	Number of item (RP)	Handling Code	Handling Time (TH)	Insertion Code	Insertion Time (TI)	Total Time (s) (RP) <sup>a</sup> *(TH+TI)	Min. Part
Total							

Beberapa penjelasan mengenai Tabel 1 sebagai berikut :

- a. Number of items (RP)  
*Number of items* merupakan jumlah dari *part* yang sama.
- b. Handling code  
*Handling code* merupakan dua digit angka yang digunakan untuk menentukan waktu *handling* pada tabel estimasi *handling time* Penentuan *handling code* ini tergantung pada spesifikasi yang dimiliki *part*.
- c. Handling time (TH)  
*Handling time* merupakan waktu yang dibutuhkan untuk penanganan (handling) dari *part*. *Handling time* ini didapatkan berdasarkan *handling code*.
- d. Insertion code  
*Insertion code* merupakan dua digit angka yang digunakan untuk menentukan waktu *handling*

pada tabel estimasi *insertion time* pada. Penentuan *insertion code* ini tergantung kepada efek – efek yang mempengaruhi sewaktu *insertion*.

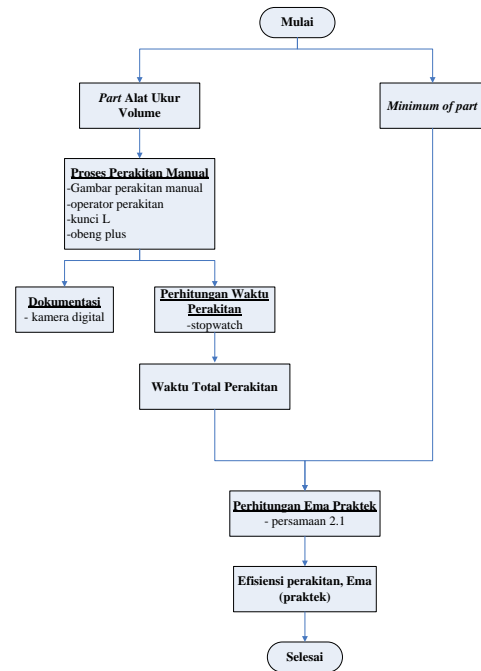
- e. *Insertion time* (TI)  
*Insertion time* merupakan waktu yang dibutuhkan untuk penggabungan suatu *part* ke bagian *part* yang akan dirakit. *Insertion time* ini didapat berdasarkan *insertion code*.
- f. *Total time*  
*Total time* merupakan *Number of item* (RP) dikalikan dengan penambahan dari *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.

Nilai estimasi total perakitan dan jumlah *minimum of part* yang didapat kemudian dimasukkan ke Persamaan 1.1. Sehingga nilai efisiensi perakitan untuk desain dapat diketahui.

## 2) Perhitungan Waktu Perakitan Secara Praktek

Setelah prototipe pada bagian produksi selesai, tahap selanjutnya adalah melakukan pengambilan nilai waktu total perakitan yang dilakukan secara praktik pada prototipe mesin pemisah sampah ferromagnetik dan non ferromagnetik. Pengambilan data ini melibatkan lima orang (operator) untuk melakukan kegiatan perakitan. Setiap operator akan diberi 3 kali kesempatan untuk melakukan kegiatan perakitan. Untuk menghitung waktu proses perakitan alat yang digunakan adalah *stopwatch*. Nilai waktu yang diambil adalah waktu perakitan yang terbaik dari 3 kali proses perakitan tersebut. Pada tahap ini panduan perakitan sangat diperlukan supaya operator perakitan dapat memahami dengan mudah *part* mana yang akan dirakit atau digabungkan.

Proses perhitungan waktu perakitan secara praktek dapat dilihat pada Gambar 8 sebagai diagram alir perhitungan waktu perakitan secara praktek.

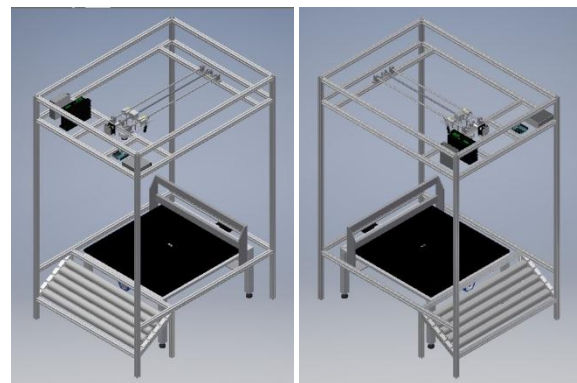


Gambar 8 Diagram Perhitungan Waktu Perakitan Secara Praktek

## 2.5 Bahan Penelitian

Bahan penelitian yang diperlukan adalah :

- 1) Desain Alat Pengukur Volume *Automatic Machine Measuring Of Mass And Dimension*  
Gambar Desain Alat Pengukur Volume *Automatic Machine Measuring Of Mass And Dimension* dapat dilihat pada Gambar 9. Gambar Desain yang lebih jelas dapat dilihat pada Lampiran 1.



Gambar 9 Gambar Desain Alat Pengukur Volume *Automatic Machine Measuring Of Mass And Dimension*

- 2) Alat Pengukur Volume *Automatic Machine Measuring Of Mass And Dimension*  
Gambar Alat Pengukur Volume *Automatic Machine Measuring Of Mass And Dimension* setelah diproduksi dapat dilihat pada Gambar 10



Gambar 10 Prototipe Mesin

## 2.6 Alat Penelitian

- a) Obeng Plus
- b) Tang
- c) Kunci L

- d) Stopwatch
- e) Kamera Digital

## 3 Hasil

### 3.1 Hasil Perhitungan Estimasi Waktu dan Efisiensi Perakitan Secara Teori

Tabel hasil perhitungan estimasi waktu teori Alat Pengukur Volume *Automatic Machine Measuring Of Mass And Dimension* secara teori dapat dilihat pada Tabel 2 Waktu total perakitan (*tma*) seluruh *part* secara teori adalah 3033,75 detik dan nilai efisiensi perakitannya adalah 2,27 %.

### 3.2 Hasil Perhitungan Estimasi Waktu dan Efisiensi Perakitan Secara Praktek

waktu total perakitan (*tma*) seluruh *part* yang didapat secara praktek adalah 3676,473detik dan nilai efisiensi perakitannya adalah 3676,473detik.

Tabel 2 Hasil Perhitungan Estimasi Waktu Perakitan

NO	Items Name	Number of item (RP)	Handling Code	Handling Time (s) (TH)	Insertion Code	Insertion Time (s) (TI)	Total Time (s) (RP)*(TH+TI)	Min. Part
1	Sambungan L	60	20	1.8	07	6.5	498	1
2	Mur profil alumunium	40	01	1.43	07	6.5	317,2	0
3	Baut sambungan L	120	14	2.55	06	5.5	966	1
4	Rangka profile alumunium	25	90	2	19	10	300	2
5	Akrilik alas arduino	3	30	1.95	19	10	35,85	0
6	Alas dudukan rumah bearing	1	10	1.5	00	1.5	3	0
7	Rumah bearing	2	20	1.8	00	1.5	6,6	2
8	Baut rumah bearing	4	10	1.5	06	5.5	28	0
9	Shaft ulir	1	10	1.5	31	5	6,5	1
10	Mur shaft ulir	1	00	1.13	30	2	3,13	2
11	Baut pengunci mur shaft ulir	4	14	2.55	06	5.5	32,2	2
12	Dudukan pendorong dudukan kamera dan laser	1	30	1.95	06	5.5	7,45	2
13	Dudukan slading shaft	4	20	1.8	00	1.5	13,2	0
14	Baut dudukan slading shaft	8	11	1.8	06	5.5	58,4	0
15	Shaft slading	2	10	1.5	00	1.5	6	0
16	Bushing slading	2	20	1.8	00	1.5	6,6	2
17	Baut pengunci shaft slading	4	12	2.25	06	5.5	31	0
18	Dudukan akrilik pendorong	1	10	1.5	07	6.5	8	0
19	Baut dudukan akrilik	12	11	1.8	06	5.5	87,6	0
20	Baut speser	4	10	1.5	07	6.5	32	0
21	Mur speser	4	14	2.55	38	6	34,2	0
22	Dudukan kamera dan laser	1	20	1.8	07	6.5	8,3	0
23	Baut dudukan kamera dan laser	4	11	1.8	06	5.5	29,2	0
24	Kamera	1	30	1.95	00	1.5	3,45	1

NO	Items Name	Number of item (RP)	Handling Code	Handling Time (s) (TH)	Insertion Code	Insertion Time (s) (TI)	Total Time (s) (RP)*(TH+TI)	Min. Part
25	Laser	1	20	1.8	00	1.5	3,3	1
26	Kabel tee	2	33	2.51	30	2	9,02	0
27	Kopling motor stapper	1	10	1.5	00	1.5	3	1
28	Motor stapper	1	10	1.5	00	1.5	3	1
29	Baut pengunci kopling	6	14	2.55	06	5.5	48,3	1
30	Dudukan motor stapper	1	33	2.51	00	1.5	4,01	0
31	Baut pengunci motor	4	12	2.25	06	5.5	31	0
32	Baut dudukan motor stapper	4	12	2.25	06	5.5	31	0
33	Mur dudukan motor stapper	4	14	2.55	38	6	34,2	0
34	Power suplai	1	20	1.8	00	1.5	3,3	1
35	Baut power suplay	2	13	2.06	01	2.5	9,12	0
36	Mur pengunci power suplay	2	14	2.55	38	6	17,1	0
37	Motor drever	1	20	1.8	00	1.5	3,3	1
38	Baut motor drever	2	13	2.06	06	5.5	15,12	0
39	Mur pengunci motor drever	2	14	2.55	38	6	17,1	0
40	Arduino	1	10	1.5	00	1.5	3	1
41	Kover body samping	2	90	2	08	6.5	17	0
42	Kover body atas	1	90	2	08	6.5	8,5	0
43	Kover body depan	2	91	3	08	6.5	19	0
44	Kover body belakang	1	90	2	08	6.5	8,5	0
45	baut bodi / cover	32	10	1.5	06	5.5	224	0
TOTAL							3033,75	23

### 3.3 Perhitungan Efisiensi Perakitan Secara Teori

Perhitungan efisiensi perakitan secara teori dapat dilihat di bawah ini :

Diketahui :

Waktu dasar perakitan per *part* ( $t_a$ ) = 3 detik

*Minimum of part* ( $N_{min}$ ) = 23 *part*

Waktu total perakitan ( $t_{ma}$ ) = 3033,75 detik

$$E_{ma} = \frac{23 \times 3}{3033,75} = 0,0228 \text{ atau } 2,27 \%$$

Jadi, nilai efisiensi perakitan ( $E_{ma}$ ) secara teori prototipe mesin pemisah sampah material ferromagnetik dan non ferromagnetik adalah 2,27 %.

## 4 Pembahasan

Terdapat perbedaan nilai efisiensi perakitan secara teori dengan nilai efisiensi perakitan secara praktek yaitu 2,39 %. Dimana nilai efisiensi perakitan secara teori adalah 14,22 % dan nilai efisiensi perakitan secara praktek adalah 11,83 %. Persentase kesamaan nilai efisiensi perakitan secara praktek dengan secara teori adalah 83,19 %. Sehingga persentase kesamaan perakitan *parts* atau *sub-assembly* yang kurang dari

83,19 % akan dianggap menjadi penyebab perbedaan nilai efisiensi ini.

Pada perbandingan waktu teori dan praktek terdapat dua persentase kesamaan waktu perakitan yang di bawah 82,51 %. yaitu pemasangan Akrilik alas arduino dan pemasamhan *sub-assembly kover body*. Waktu perakitan secara praktik untuk perakitan Akrilik alas arduino yaitu 126,12detik lebih besar daripada waktu total perakitannya secara teori yaitu 35,85detik. Dengan selisih waktu 90,27 detik. Perbedaan waktu pemasangan Akrilik alas arduino dengan waktu perakitan secara teorinya disebabkan oleh *akrilik* agak sempit dan rumit ketika dimasukkan kedalam rongga profil alumunium, karena padasaat pemasangan akrilik harus melepas salah satu bagian rangka profil alumunium agar dapat memasukkan akrilik kedalam

sela atau rongga rangka sehingga membutuhkan waktu yang lebih dari pada waktu teorinya. Pemasangan akrilik alas arduino dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11 pemasangan akrilik

Waktu perakitan secara praktik untuk perakitan *sub-assembly kover body* yaitu 355,47detik lebih besar daripada waktu total perakitannya secara teori yaitu 277 detik. Dengan selisih waktu 78,47 detik. Perbedaan yang kedua ini disebabkan oleh sulitnya padasat pemasangan body karna ukuran yang besar dan kesulitan pada saat mencocokkan antara baut body dan mur pada rangka. Perakitan *cover body* dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12 Perakitan kover body

## 5 Simpulan

Berdasarkan hasil dari Perancangan Alat Pengukur Volume *Automatic Machine Measuring Of Mass And Dimension* Untuk Pengiriman Barang Dengan Metode DFMA, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- 1) Telah dibuat rancangan alat pengukur volume otomatis yang mudah dalam proses perakitan menggunakan profil L sebagai sambungan .

- 2) Telah dibuat rancangan alat ukur volume otomatis yang mudah dalam proses penggantian paert tanpa merusak rangka dengan menggunakan profile alumunium sebagai rangka utama .
- 3) Nilai efisiensi perakitan secara teori Alat Pengukur Volume *Automatic Machine Measuring Of Mass And Dimension* adalah 2,27 %.
- 4) Nilai efisiensi perakitan secara praktik Alat Pengukur Volume *Automatic Machine Measuring Of Mass And Dimension* adalah 1,67 %.

## Daftar Pustaka

- [1] Harsokoesoemo, Darmawan. 2004. *Pengantar Perancangan Teknik (Perancangan Produk) Edisi II*. Bandung: ITB.
- [2] Yusri, 2008. *Penerapan Design for Assembly (DFA) untuk mereduksi biaya produksi suatu produk*, Politeknik Negeri Padang.
- [3] Kristyanto dan Dewa SP, 1999. Kontribusi Ergonomi untuk Rancangan Perakitan. *Jurnal Teknologi Industri* 3(1) : 47-62.
- [4] Suhdi,2009. Teori Dasar Perakitan. <http://suhdi.wordpress.com/2009/01/31/teori-dasar-perakitan/>. diakses pada 12 Juni 2014
- [5] Dekker M, 2002. *Manufacturing Engineering And Materials Processing*. Marcel Dekker Inc. New York.
- [6] Boothroyd, G. 2005. *Assembly Automation and Product design*. Second Edition. Wakefield.
- [7] Ashok, W.R., M. S panse,and H. Apte. 2015. *Laser Triangulation Based Object Heigh Measurement. International Journal For Research In Emerging Science And Technology*, Vol.2:1 November 23, 2015.
- [8] 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.