

REDESAIN PLASTIC SHREDDER MENGGUNAKAN METODE DFA (DESIGN FOR ASSEMBLY)

Fedia Restu

*Politeknik Negeri Batam, Program Studi Teknik Mesin
Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam 29461, Indonesia
E-mail: fedia@polibatam.ac.id*

ABSTRACT

The large amount of plastic waste in landfills of around 20% in Batam City has made academics look for ideas on how to minimize the production of plastic waste, especially for households. In order to be able to manually process the plastic shredder itself, a waste shredding machine was created with another name plastic shredder. Where this plastic shredder has been produced in prototype form which aims to improve the design and can simulate in small quantities. The product design process is the initial stage for planning the product or tool to be designed. At the design stage, errors must be minimized. If in the implementation of manufacturing there is a problem. This will take a long time. One method that has been developed to facilitate this is Design for Assembly (DFA). Design For Assembly aims to determine the assembly time for each component, so that assembly difficulties can be minimized before the components are produced. This will result in reduced assembly time required to assemble a product. With the Design For Assembly method, it will get a simpler time in assembling a product. In the first stage, it took 414.77 seconds with a total of 96 components which were seen in the manual handling and manual insertion tables which were translated into the worksheet analysis, in the second stage the same thing was done as in stage 1, it obtained 266.25 seconds with a total of 74 components. By using Design For Assembly several components have been eliminated in the form of reduced bolts and removed side angels.

Keywords: *Design for Assembly, plastic shredder, handling, insertion, worksheet analysis*

INTISARI

Banyaknya sampah plastik di tempat pembuangan akhir sekitar 20% di Kota Batam membuat akademisi mencari ide bagaimana cara meminimalisir produksi sampah plastik khususnya untuk rumah tangga. Agar dapat memproses sendiri secara manual dalam pencacahan plastik, maka dibuat mesin pencacah sampah dengan nama lain plastic shredder. Dimana plastic shredder ini sudah diproduksi dalam bentuk prototype yang dimana bertujuan untuk memperbaiki desain serta dapat mensimulasikan dalam jumlah yang kecil. Proses desain produk merupakan tahapan awal untuk merencanakan produk atau alat yang akan dirancang. Pada tahap perancangan harus meminimalisir kesalahan. Apabila dalam pelaksanaan manufakturnya terjadi suatu persoalan. Hal ini akan menyita waktu yang panjang. Salah satu metoda yang telah dikembangkan untuk memfasilitasi hal tersebut, yaitu Design for Assembly (DFA). Design For Assembly bertujuan untuk mengetahui waktu perakitan disetiap komponen, sehingga kesulitan perakitan dapat diminimalisir sebelum komponen di produksi. Hal ini akan mengakibatkan berkurangnya waktu perakitan yang diperlukan untuk merakit sebuah produk. Dengan metode Design For Assembly maka akan mendapatkan waktu yang lebih sederhana dalam perakitan sebuah produk. Pada tahap pertama di dapatkan waktu 414.77 detik dengan total 96 komponen yang dilihat pada tabel manual handling dan manual insertion yang dijabarkan ke dalam worksheet analysis, pada tahap kedua dilakukan hal yang sama seperti tahap 1 didapatkan waktu 266.25 detik dengan total 74 komponen. Dengan menggunakan Design For Assembly beberapa komponen telah dieliminasi berupa baut yang dikurangi dan side angel yang dihilangkan.

Kata kunci: Design for Assembly, plastic shredder, handling, insertion, worksheet analysis

PENDAHULUAN (INTRODUCTION)

Kota Batam yang terletak di Pulau Sumatera merupakan kota kecil yang memiliki harapan besar dalam hal pembangunan dan perbaikan secara terus menerus. Perbaikan dan pelebaran jalan serta tata kota yang semakin indah dipandang mata sudah semakin nyata tampak dengan waktu yang singkat oleh

penduduk Batam dan pedatang. Sejalan dengan tata letak kota, kebersihan juga berdampak besar untuk kebersihan mata dan kesegaran udara. Pulau Batam menghasilkan 1000 ton sampah setiap harinya yang diangkut ke tempat pembuangan akhir, dimana membutuhkan anggaran besar dalam menangani sampah [1]. Dari 1000 ton sampah tersebut, 20 persen sampah plastik yang setiap orang pasti tidak akan terlepas dari yang namanya bahan plastik dalam aktivitasnya sehari-hari. Memang plastik telah menjadi komponen penting dalam kehidupan modern saat ini dan kelebihan yang dimilikinya antara lain ringan dan kuat, serta tahan terhadap korosi.

Butuh ratusan tahun untuk penyatuan plastik dengan tanah, dan tentunya hal ini plastik merupakan persoalan serius yang harus ditangani. Kebiasaan buruk masyarakat yang latah untuk membuang sampah sembaranganpun sulit terkontrol, menyebabkan sulitnya tercipta keindahan pandangan mata terhadap sampah. Perlu sesuatu alat untuk meminimalisir hal-hal seperti ini, seperti ada mesin pencacah plastik mini yang dimiliki beberapa rumah tangga agar dapat mengolah plastik sendiri dengan cara mencacah dan mengubah plastik menjadi serpihan kecil sehingga lebih mudah untuk diolah. Tentunya alat ini ke depan diproduksi sedemikian rupa agar ramah terhadap anak kecil karena dikonsumsi dalam rumah tangga.

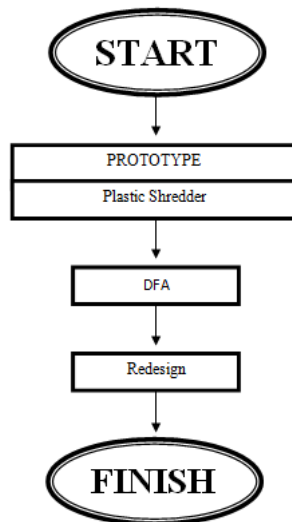
Mesin pencacah plastik (*Plastic Shredder*) ini persis cara kerjanya dengan mesin penghancur atau yang lebih dikenal dengan *crusher machine* adalah mesin yang berfungsi untuk menghancurkan dimensi awal bahan baku menjadi lebih kecil. Dari karakteristik proses penghancuran, mesin penghancur terbagi menjadi beberapa jenis mesin, yaitu *Shredder*, *Grinder* dan *Granulator*. Namun seringkali terminologi dari ketiga jenis tersebut tertukar saat penggunaannya. [Ma1]Adapun perbedaan pengertian dengan jenis mesin penghancur ini yaitu *Shredder*, atau sering disebut dengan mesin pencacah biasanya dilakukan pada putaran yang rendah (*low speed, high torque*). Mesin pencacah dirancang untuk mengubah komponen besar dan menghancurkannya secara acak menjadi komponen yang lebih kecil, sekitar 1” –2” atau lebih besar. *Grinder*, meskipun istilah *grinding* dan *shredding* sering tertukar, proses aktual dan hasil akhir dari kedua mesin ini tidak jauh berbeda. *Grinder* berarti “penggiling” (untuk bahan baku *bulk*), atau seringkali disebut dengan istilah *chipper* yang berarti “pencukur” (untuk bahan baku lembaran), ialah pembentuk partikel menjadi potongan yang lebih kecil. Dimensi yang dapat dicapai oleh mesin grinder mencapai ½” –¼”. *Granulator*, cara kerja mesin ini dengan *grinder* memiliki prinsip yang sama yaitu mengubah komponen yang lebih besar untuk diubah menjadi lebih kecil. Cara terbaik untuk membedakan kedua mesin ini adalah dengan menentukan seberapa kecil hasil akhir yang dibutuhkan. *Granulator* memiliki kemampuan untuk mengurangi bahan tertentu ke ukuran partikel yang jauh lebih kecil daripada *grinder*[2]

Dalam hal perbedaan *crusher* di atas, maka terpilih *shredding* yang akan di produksi menggunakan mesin CNC milling dan mesin bubut serta mesin konvensional lainnya. Dalam menghasilkan sebuah produk, tahapan produksi yang digunakan berbeda-beda tergantung pada fungsi dan desain produk itu sendiri. Proses desain produk merupakan tahapan awal untuk merencanakan produk atau alat yang akan dirancang. Pada tahap perancangan, desainer harus meminimalisir kesalahan berupa kesalahan dimensi, tahap proses produksi dan perakitan alat.

Salah satu metoda yang telah dikembangkan untuk memfasilitasi hal tersebut, yaitu *Design For Assembly*. *Design For Assembly* bertujuan untuk mengetahui waktu perakitan disetiap komponen, sehingga kesulitan perakitan dapat diminimalisir sebelum komponen di produksi. Hal ini akan mengakibatkan berkurangnya waktu perakitan.

BAHAN DAN METODE (MATERIALS AND METHODS)

Pada Gambar 1 dapat dilihat tahapan penelitian yang akan dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian. Penelitian tersebut memiliki beberapa tahap, yaitu :



Gambar 1 Tahapan Penelitian

1.1. *Prototype (Plastic Shredder)*

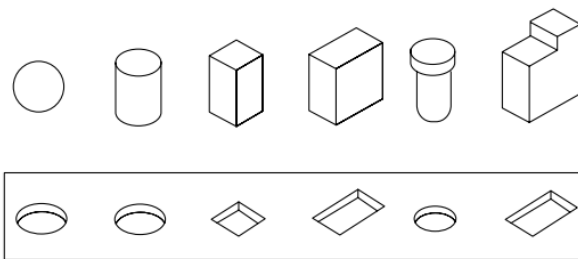
Plastic Shredder yang di produksi di Laboratorium CNC Politeknik Negeri Batam menggunakan mesin CNC dan pemesinan konvensional lainnya, dapat dilihat pada Gambar 2. Mesin pencacah sampah (*Plastic Shredder*) bertujuan untuk mendaur ulang plastik dengan cara mencacah dan mengubah plastik menjadi serpihan kecil sehingga lebih mudah untuk diolah.



Gambar 2. Prototype *Plastic Shredder*

1.2. *DFA (Design For Assembly)*

Design For Assembly merupakan metode perencanaan *assembly* yang berfungsi untuk mendapatkan nilai efisiensi perakitan dan dapat menganalisa setiap komponen sehingga dapat dihindari dengan cara menyederhanakan fitur dan jumlah dari komponen.



α	0	180	180	90	360	360
β	0	0	90	180	0	360

Gambar 3 Rotasi simetris Alpha dan Beta berbagai bentuk komponen [3].

Dengan adanya prinsip pada Gambar 3 ini akan memudahkan untuk mendapatkan nilai pada *worksheet analysis*, nilai yang didapatkan pada prinsip ini berupa *handling* dan *insertion*. Dimana nilai waktu dengan satuan detik dari *handling* dan *insertion* untuk mengisi *worksheet analysis* dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.

Key:

ONE HAND

Part can be grasped and manipulated by one hand without the aid of grasping tools

Part are easy to grasp and manipulate

Part present handling difficulties(1)

Thickness > 2mm	Thickness < 2mm		Thickness > 2mm		Thickness < 2mm					
	Size < 15 mm	6mm < size < 15mm	Size < 6 mm	Size > 6 mm	Size < 6 mm	Size > 6 mm				
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
0	1.13	1.43	1.88	1.69	2.18	1.84	2.17	2.65	2.45	2.98
1	1.5	1.8	2.25	2.06	2.55	2.25	2.57	3.06	3	3.38
2	1.8	2.1	2.55	2.36	2.85	2.57	2.9	3.38	3.18	3.7
3										

Part can be handled by one person without mechanical assistance

Parts do not severely nest or tangle and are not flexible

Parts weight < 10 lb

Parts are heavy (> 10 lb)

Parts are easy to grasp and manipulate

Parts present other handling difficulties (1)

Parts are easy to grasp and manipulate

Parts present other handling difficulties (1)

Parts severely nest or tangle or are flexible (2)

Two persons or mechanical assistance required for parts manipulation

Two hands, two persons or mechanical assistance required for grasping and transporting parts

TWO HANDS OR ASSISTANCE REQUIRED FOR LARGE SIZE

$\alpha \leq 180^\circ$		$\alpha = 360^\circ$		$\alpha \leq 180^\circ$		$\alpha = 360^\circ$		$\alpha \leq 180^\circ$		$\alpha = 360^\circ$	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	9
9	2	3	2	3	3	4	4	5	7	9	9

Gambar 4 Manual Handling : Estimated Time (Second) [4]

Key:

PART ADDED BUT NOT SECURED

PART SECURED IMMEDIATELY

Part and associated tool (including hands) can easily reach the desired location

Due to obstructed access or restricted vision (2)

Part and associated tool (including hands) cannot reach the desired location

Due to obstructed access and restricted vision (2)

Part and associated tool (including hands) can reach the desired location and the tool can be operated easily

Due to obstructed access and restricted vision (2)

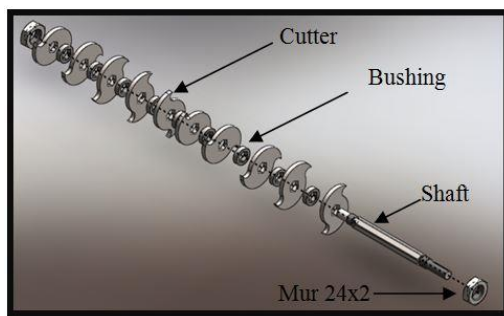
After assembly no holding down required to maintain orientation and location (3)		Holding down required during subsequent processes to maintain orientation at location (3)					
Easy to align and position during assembly (4)		Not easy to align or position during assembly					
Easy to align and position during assembly (4)		Not easy to align or position during assembly					
0	1	2	3	6	7	8	9
9	1.5	2.5	3.5	5.5	6.5	8.5	7.5
1	4	5	6	8	9	9	10
2	5.5	6.5	7.5	9.5	10.5	10.5	11.5

No covering operation or plastic deformation immediately after insertion (avoidance of circles, slots, tabs, etc.)		Plastic deformation immediately after insertion							
Easy to align and position during assembly (4)		Not easy to align or position during assembly							
Easy to align and position during assembly (4)		Not easy to align or position during assembly							
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	2	5	4	5	6	7	8	9	6
4	4.5	7.5	5.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5	8.5
5	6	9	8	9	10	11	12	13	0

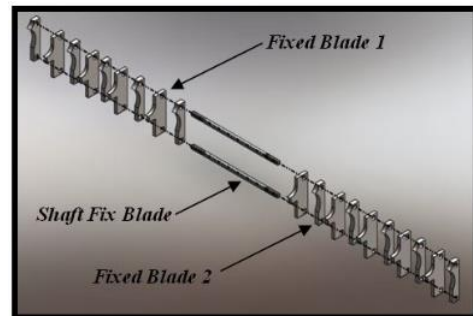
Gambar 5 Manual Insertion : Estimated Time (Second) [4]

1.3. Redesign

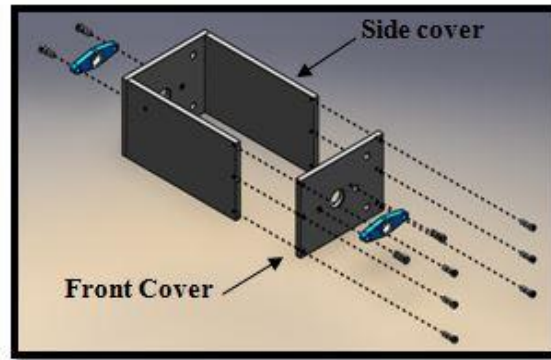
Pada tahap *redesign*, dilakukan penggabungan komponen yang sudah dikurangkan dari perhitungan menggunakan metode *Design For Assembly* di atas dengan meminimalisir komponen *assembly* untuk mengurangi waktu dan biaya yang dikeluarkan. Adapun rincian material yang terdapat dalam *Bill of Material* pada Tabel 1, serta pengurangan komponen pada bagian-bagian dari *plastic shredder* seperti pada Gambar 6 diantaranya banyak pengurangan baut pada *front* dan *side cover*, juga pada *fixed blade* yang terpasang pada *shaft fix blade*.



a



b



c

Gambar 6 Cutter, Bushing, Mur dan Shaft (a), Fixed Blade 1 & 2 dan Shaft Fix Blade (b), body (c)

HASIL DAN PEMBAHASAN (RESULT AND DISCUSSIONS)

Dari hasil penerapan DFA didapatkan data berupa waktu perakitan dan jumlah komponen sebuah *prototype* dari *plastic shredder*. Pada tahap awal menggunakan metode DFA dapat dilihat pada Tabel 2. *Worksheet Analysis* diperoleh waktu 414.77 detik dalam merakit keseluruhan komponen pencacah sampah (*plastic shredder*) dengan jumlah 96 komponen. Pada tahap kedua diperoleh waktu 266,25 detik dengan jumlah 74 komponen yang dapat terlihat pada Tabel 3.

Tabel 1 *Bill of Material*

No Part	Nama Part	Jenis Material	Ukuran (mm)			Jumlah
			P	L	T	
1	Shaft	AISI 4140	229	28	25	1
2	Blade	S50C	Ø116	Ø116	10	10
3	Spacer	S50C	Ø40	Ø40	11	9
4	Front cover	S50C	180	144	10	2
5	Side cover	S50C	237	144	10	2
6	Fixed blade 1	S50C	115	69.5	9	9
7	Fixed blade 2	S50C	115	59	12	10
8	Shaft fix blade	AISI 4140	285	Ø 12	Ø 12	2
9	Side angel	Mild Steel	144	4	30	4
10	Journal bearing	Standard	110	Ø20	33	2
11	Spi	Mild Steel	5	5	12	1
12	Handle rotary	Mild Steel	228	25	5.7	1
13	Baut M8 x 1.25	Standard	15	-	-	24

14	Baut M10 x 1.5	Standard	20	-	-	4
15	Mur M12 x 1.25	Standard	-	-	9	12
16	Mur M24 x 2	Standard	-	-	19	2
17	Handle	Derlin	Ø26	Ø26	98	1

Tabel 2 Worksheet Analysis

Machine Parts	Number of times	Manual Handling Code	Manual handling time (TH)	Manual insertion code	Manual insertion time (TI)	Total Time (RP)*(TH+TI)	Minimum Part	Remark
Shaft	1	3	1.69	0	1.5	3.19	1	Dipasang pada side cover
Blade	10	0	1.13	0	1.5	26.3	10	Dipasang pada Shaft
Spacer	9	0	1.13	0	1.5	23.67	9	Dipasang pada Shaft
Front Cover	2	90	2	0	1.5	7	2	Dikencangkan dengan baut
Side Cover	2	90	2	0	1.5	7	2	Dikencangkan dengan baut
Fixed Blade 1	9	30	1.95	0	1.5	31.05	9	Dipasang pada Shaft fix blade
Fixed Blade 2	10	30	1.95	0	1.5	34.5	10	Dipasang pada Shaft fix blade
Shaft Fix Blade	2	0	1.13	1	2.5	7.26	2	Dipasang pada side cover
Side Angel	4	2	1.88	0	1.5	13.52	4	Dikencangkan dengan baut
Journal Bearing	2	0	1.13	0	1.5	5.26	2	Dipasang pada Shaft
Spi	1	2	1.88	0	1.5	3.38	1	Diletakkan pada shaft
Handle Rotary	1	0	1.13	0	1.5	2.63	1	Diletakkan pada shaft
Baut M8X1.25	24	10	1.5	38	6	180	24	Dikencangkan pada cover
Baut M10x1.5	4	10	1.5	38	6	30	4	Dikencangkan pada journal bearing
Mur M12x1.25	12	0	1.13	0	1.5	31.56	12	Dikencangkan pada shaft fix blade
Mur M24x2	2	0	1.13	0	1.5	5.26	2	Dikencangkan pada shaft
Handle	1	3	1.69	0	1.5	3.19	1	Dipasang pada handle rotary

Total 414.77 96

Tabel 3 *Worksheet Analysis Redesign*

Berdasarkan data dari DFA pada Tabel 3. *Worksheet Analysis Redesign* komponen yang berpotensi untuk digabungkan dan dikurangi adalah sebagai berikut :

Machine Parts	Number of times	Manual Handling Code	Manual handling time (TH)	Manual insertion code	Manual insertion time (TI)	Total Time (RP)*(TH+TI)	Minimum Part	Remark
Shaft	1	3	1.69	0	1.5	3.19	1	Dipasang pada side cover
Blade	10	0	1.13	0	1.5	26.3	10	Dipasang pada Shaft
Spacer	9	0	1.13	0	1.5	23.67	9	Dipasang pada Shaft
Front cover	2	90	2	0	1.5	7	2	Disatukan pada side cover
Side cover	2	90	2	0	1.5	7	2	Dikencangkan dengan baut
Fixed blade 1	9	30	1.95	0	1.5	31.05	9	Dipasang pada Shaft fix blade
Fixed blade 2	10	30	1.95	0	1.5	34.5	10	Dipasang pada Shaft fix blade
Shaft fix blade	2	0	1.13	1	2.5	7.26	2	Dipasang pada side cover
Journal bearing	2	0	1.13	0	1.5	5.26	2	Dipasang pada Shaft
Spi	1	2	1.88	0	1.5	3.38	1	Diletakkan pada shaft
Handle rotary	1	0	1.13	0	1.5	2.63	1	Diletakkan pada shaft
Baut M8 x 1.25	6	10	1.5	38	6	45	6	Dikencangkan pada cover
Baut M10 x 1.5	4	10	1.5	38	6	30	4	Dikencangkan pada journal bearing
Mur M12 x 1.25	12	0	1.13	0	1.5	31.56	12	Dikencangkan pada shaft fix blade
Mur M24 x 2	2	0	1.13	0	1.5	5.26	2	Dikencangkan pada shaft
Handle	1	3	1.69	0	1.5	3.19	1	Dipasang pada handle rotary
Total						266.25	74	

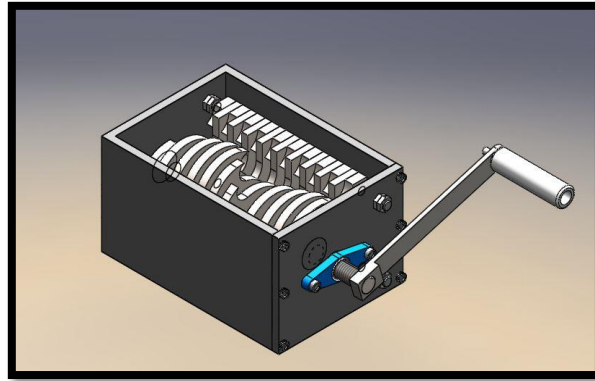
1. Komponen baut yang berpotensi untuk dikurangi jumlahnya, sehingga dapat meminimalisir waktu dan biaya dari *plastic shredder*. Penggunaan baut pada *plastic shredder* ini banyak

digunakan pada bagian *side cover* dan *front cover* yang berjumlah 24 baut dan bisa diminimalisir menjadi 6 baut dimana satu bagian *front cover* disatukan pada *side cover* menggunakan proses pengelasan.

2. Komponen yang berpotensi untuk dieliminasi adalah *side angel*.

Karena komponen ini tidak begitu vital apabila dieliminasi dan tidak merubah fungsi dari *plastic shredder* tersebut.

Dapat dilihat pada Gambar 7 merupakan *Prototype Plastic Shredder Redesign* yang telah dilakukan perubahan desain yang berfungsi untuk meminimalisir jumlah dan waktu perakitan *plastic shredder* dan meminimalisir jumlah baut dan *Side Angel* yang dihilangkan.



Gambar 7 *Prototype Plastic Shredder Redesign*

KESIMPULAN (CONCLUSION)

Hasil yang didapatkan mesin pencacah sampah menggunakan metode *Design For Assembly*. Pada tahap pertama di dapatkan waktu 414.77 detik dengan total 96 komponen, pada tahap kedua di dapatkan waktu 266.25 detik dengan total 74 komponen. Nilai estimasi waktu didapatkan melalui penjumlahan *total time* secara keseluruhan dengan menggunakan *Design For Assembly* beberapa komponen telah dieliminasi berupa baut yang dikurangi dan *side angel* yang dihilangkan

DAFTAR PUSTAKA

- Sianturi, R.U. 15 februari 2023. *Batam Hasilkan 1000 TON Sampah Tiap Hari, Warga Diminta Kurangi Sampah Sekali Pakai*.Tribunnews.com
- Adhiharto, R., Komara, I.A., Annisa. Studi Rancang Bangun Mesin Plastic Waste Shredder Dengan Kapasitas 15 Kg/Hari Dengan Aplikasi Metode VDI 2222. *Jurnal TEDC*, Vol 13, No. 3, pp. 292-304. 2019.
- Boothroyd, Geoffrey. 2010. *Product Designfor Manufacturing and Assembly*, MarcelDekker, Inc.
- Tambunan, Mikha Febryaan, dkk. Pengembangan Mesin Bakso Dengan Metode Dfma (Design Formanufacturing And Assembly). *Jurnal FTEKNIK* Volume 6 Edisi 2. Hal 1-9.2019