

DESAIN CETAKAN *VACUUM FORMING* UNTUK PEMBUATAN *PLASTIC PACKAGING TRAY* DI PT SM ENGINEERING

Bagus Wibisono¹, Rizki Prakasa Hasibuan²

¹Mahasiswa Program Studi Sistem Informasi, Universitas Putera Batam

²Dosen Program Studi Teknik Industri, Universitas Putera Batam

email: pb180410010@upbatam.ac.id

ABSTRACT

All manufacturing processes must begin with a design in the manufacture of products, including the thermoforming process. The thermoforming process has several stages in product design, namely: thermoforming product design and mold design. The mold is an illustration of the shape of the thermoforming product that will be made. The Vacuum Forming Department at PT SM Engineering received a request from customers to manufacture plastic packaging trays for cable sub-assembly products with part number NA100715R2-1. Based on this, the researcher intends to conduct research on product design and plastic packaging tray molds using the Design for Manufacture and Assembly (DFMA) method. Based on the DFMA analysis of the initial design, the components that make up the vacuum forming mold are 108 components with a weight of 23.95 kg, a total machining time of 22.16 hours and a total cost of Rp20,945,984. From the results of the initial design evaluation, a new design of vacuum forming molds was obtained. The new design designed was analyzed using DFMA and the results obtained that the components that make up the vacuum forming mold are 94 components with a weight of 23.05 kg, a total machining time of 18.91 hours and a total cost of Rp18.962.891. From the initial design and the newly designed vacuum forming design, after being compared based on the processing parameters, the best new design was selected.

Keywords: DFMA; Mold; Vacuum Forming.

PENDAHULUAN

Semua proses manufaktur pasti diawali dari suatu perancangan atau desain dalam pembuatan produk, termasuk pada proses *thermoforming*. Pada proses *thermoforming* yang memiliki beberapa tahapan dalam perancangan produknya, yaitu: desain produk *thermoforming* dan desain cetakan (*mold*). Cetakan (*mold*) merupakan gambaran dari bentuk produk *thermoforming* yang akan dibuat. Cetakan dapat dibuat dari kayu biasa

digunakan untuk prototipe dan uji coba, resin epoksi digunakan untuk produksi volume rendah dan aluminium digunakan untuk produksi penuh. Dalam pembuatan cetakan dibagi menjadi dua cara, yaitu: *additive* (penambahan material) dan *subtractive* (pengurangan material). Cara *additive* dilakukan dengan menggunakan metode *Stereolithography* (*3D Printing*) sedangkan cara *subtractive* yaitu pengurangan material dengan bantuan mesin CNC (*Computer Numerical Control*).

Dalam perancangan cetakan (*mold*) ada beberapa kriteria yang harus diperhatikan, yaitu: biaya tenaga kerja dan bahan harus rendah, modifikasi cetakan harus dimungkinkan untuk perubahan desain, cetakan tidak boleh menyimpang atau berubah bentuk selama pencetakan, cetakan harus tahan 65°C hingga 93°C dan penampilan produk harus dapat diterima (Chanda, 2017).

PT SM Engineering merupakan perusahaan yang berada di kawasan Industri Citra Buana Centre Park III, Jl. Engku Putri, Kelurahan Belian, Kecamatan Batam Kota, Kota Batam, Kepulauan Riau. Salah satu departemen yang berada PT SM Engineering yaitu Departmen *Vacuum Forming*. Produk yang dihasilkan di Departmen *Vacuum Forming* ini adalah produk *packaging tray* berbahan dari plastik yang dibuat melalui proses *thermoforming* biasa digunakan untuk keperluan *packaging* komponen elektronik. Departmen *Vacuum Forming* mendapatkan permintaan dari pelanggan dalam pembuatan *plastic packaging tray* untuk produk *cable sub-assembly* dengan *part number* NA100715R2-1. Untuk memenuhi permintaan pelanggan tersebut maka dibutuhkan desain *plastic packaging tray* dan cetakan *vacuum forming* untuk pembuatan *packaging tray* yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan pelanggan yaitu untuk produk *cable sub-assembly* dengan *part number* NA100715R2-1.



Gambar 1. Produk *Cable Sub-Assembly* NA100715R2-1.

(Sumber: Data Penelitian, 2021)

Melihat dari permasalahan yang dialami oleh Department *Vacuum Forming*, maka peneliti bermaksud melakukan penelitian perancangan produk dan cetakan (*mold*) *plastic packaging tray* ini menggunakan metode *Design for Manufacture and Assembly* (DFMA). DFMA sendiri merupakan satu dari banyaknya metode yang biasa digunakan untuk mendesain produk yang bertujuan untuk meminimasi komponen produk, waktu manufaktur dan biaya dalam pembuatan produk tersebut tapi harus tanpa mengabaikan fungsionalitas dari produk tersebut (Carolla, 2019). Alasan dipilihnya metode DFMA pada penelitian ini dikarenakan mempunyai maksud untuk memastikan bahwa dalam merancang sebuah produk dengan metode DFMA apakah dapat meminimasi jumlah komponen, waktu manufaktur dan biaya dalam pembuatan produk tersebut tanpa mengabaikan fungsionalitas dari produk tersebut.

KAJIAN TEORI

21. Desain Produk

Desain pada suatu produk merupakan satu diantara beberapa faktor yang membedakan keunikan suatu produk dengan keunikan produk yang lain. Kotler dan Armstrong (2014) mengklasifikasikan atribut produk menjadi tiga faktor yaitu kualitas dari suatu produk, fitur dari suatu produk dan desain dari suatu produk.

Kotler dan Keller (2016) mendefinisikan terdapat banyak hal yang berkaitan dengan aspek-aspek pada desain atau rancangan suatu produk yang mencakup bentuk produk, fitur produk, mutu dan kesesuaian produk, daya tahan suatu produk, kehandalan suatu produk, penampilan suatu produk,

dan kemudahan dalam perbaikan suatu produk.

Kotler dan Armstrong (2014) juga menyatakan bahwa desain dari produk merupakan keseluruhan karakteristik yang dapat mempengaruhi penampilan suatu produk, sifat suatu produk, dan fungsi suatu produk berlandaskan pada kebutuhan dan keinginan pelanggan.

2.2 Thermoforming

Menurut prosesnya *thermoforming* dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. Pressure Forming

Pressure Forming merupakan suatu proses dalam manufaktur pembentukan plastik yang berupa lembaran plastik yang terlebih dahulu dilakukan pemanasan kemudian ditekan kedalam cetakan dan ditahan dalam beberapa waktu sampai lembaran plastik tersebut membentuk sesuai dengan bentuk cetakan (Irwansyah et al., 2017).

2. Vacuum Forming

Vacuum Forming merupakan suatu proses dalam manufaktur pembentukan plastik yang berupa lembaran plastik yang terlebih dahulu dilakukan pemanasan kemudian dihisap ke dalam cetakan. Proses pengisapan dilaksanakan dengan kondisi vacuum atau hampa udara saat berada di dalam cetakan. Proses pengisapan tersebut dilakukan melalui lubang kecil yang berada pada cetakan (Irwansyah et al., 2017).

2.3 Desain Cetakan *Vacuum Forming*

Dalam mendesain cetakan *vacuum forming* Untuk memenuhi persyaratan dimensi dan termal dari proses *thermoforming* faktor-faktor berikut harus dipertimbangkan ketika memilih bahan untuk pembuatan cetakan:

1. Harus mampu melakukan siklus termal berulang. Dikarenakan untuk menjaga kualitas, stabilitas dimensi dan untuk menghindari kerapuhanan tegangan cetakan, suhu cetakan harus dikontrol dalam jangka pendek.
2. Harus mudah dimodifikasi. Proses *thermoforming* menawarkan perputaran yang cepat dan volume produksi yang rendah ini menyebabkan terjadinya perubahan desain.
3. Harus dapat mentransmisikan vakum dari semua area permukaannya.
4. Harus kuat. Kekokohan dapat dicapai melalui kekuatan yang melekat pada material atau sifatnya ketebalan.
5. Harus akurat secara dimensi.
6. Harus memiliki penyusutan yang diketahui.

Setiap desainer harus memikirkan persyaratan dalam mendesain cetakan *vacuum forming* berikut ini beberapa persyaratan singkat, tetapi sangat penting untuk desain cetakan *vacuum forming*:

1. Draft Angles.

Saat mendesain cetakan, penting untuk berpikir tentang mengerjakan sudut draf ke dalam desain. Direkomendasikan bahwa sudut draf harus a minimal 3° - 5°.

2. Venting

Pembentukan vakum sangat bergantung pada aliran udara untuk menarik plastik yang dipanaskan di atas cetakan semakin besar jumlah aliran udara, semakin lebih sukses proses pembentukan vakum.

3. Undercuts

Undercut adalah bentuk lekukan atau tonjolan pada cetakan yang dapat mencegah penarikannya atau keluarnya produk dari cetakan.

4. *Male and Female Mold*

Male and Female Molds adalah dua kategori yang termasuk dalam cetakan, kadang-kadang disebut sebagai positif dan cetakan negatif.

5. Bahan cetakan.

2.4 Design for Manufacture and Assembly (DFMA)

Design for Manufacture and Assembly (DFMA) adalah merupakan kombinasi dari *Design for Assembly* (DFA) dan *Design for Manufacture* (DFM). DFA apabila diartikan merupakan sebuah metode yang digunakan dalam merancang suatu produk atau komponen yang akan diproduksi dengan biaya minimum dan mempermudah dalam proses perakitan. Sedangkan DFM merupakan metode dalam proses merancang komponen atau produk yang dapat memudahkan proses manufaktur serta untuk mengurangi biaya produksinya (Anderson, 2020).

2.5 *Design for Assembly* (DFA)

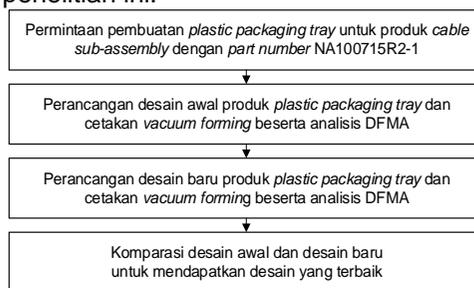
Menurut Xie (2003) dalam Ngatilah dkk. (2018) *Design for Assembly* (DFA) merupakan paradigma desain dimana para insinyur menggunakan beberapa metode seperti analisis, estimasi, perencanaan, dan simulasi untuk menghitung segala kemungkinan yang terjadi selama proses perakitan kemudian menyesuaikan bentuk komponen agar mudah dan cepat dirakit sehingga meminimalkan waktu perakitan yang pada akhirnya dapat mengurangi biaya produk.

2.6 *Design for Manufacture* (DFM)

Design for Manufacture (DFM) adalah suatu pendekatan dalam hal mengestimasi biaya pada suatu proses manufaktur awal desain. *Design for Manufacture* adalah salah satu praktik

paling integratif yang terlibat dalam pengembangan produk. DFM termasuk dalam bagian DFMA yang menyiapkan seputar informasi dalam hal manufaktur kedalam analisis pengurangan biaya untuk tahap DFA (Batan, 2012).

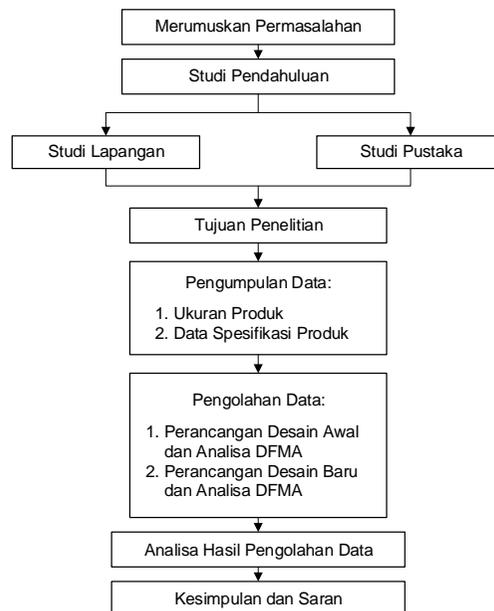
Berikut kerangka pemikiran dari penelitian ini:



Gambar 2. Kerangka Pemikiran (Sumber: Data Penelitian, 2021)

METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian



Gambar 3. Desain Penelitian (Sumber: Data Penelitian, 2021)

3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah variabel bebas (independen) dan variabel terikat (dependen). Adapun variable independen dalam penelitian ini adalah desain *plastic packaging tray* dan variable dependen dari penelitian ini adalah cetakan *vacuum forming*.

3.3 Populasi dan Sampel

Populasi dari penelitian ini adalah produk *cable sub-assembly* dengan *part number* NA100715R2-1. Teknik pengambilan sampel dari penelitian ini adalah *purposive sampling*, yaitu sampel dipilih sesuai dengan kebutuhan dalam perancangan *plastic packaging tray*.

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, teknik pengumpulan data yang dilakukan adalah:

1. Wawancara

Peneliti melakukan wawancara langsung dengan pihak perusahaan terutama pada bagian departemen engineering dan *vacuum forming* yang memiliki peranan penting dalam proses penelitian ini.

2. Dokumentasi

Peneliti melakukan pengumpulan data yaitu berupa dokumentasi dengan cara mengumpulkan berbagai data yang berkaitan dengan objek penelitian.

3.5 Teknik Analisis Data

Adapun teknik analisis data yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Menentukan konsep desain produk *plastic packaging tray*
2. Perancangan desain awal
Berdasarkan konsep desain yang telah didapatkan, selanjutnya dilakukan proses desain awal untuk produk *plastic packaging tray* beserta

cetakan *vacuum forming* sesuai spesifikasi produk. Setelah desain awal diperoleh kemudian desain tersebut di analisis dengan menggunakan metode DFMA.

3. Perancangan desain baru

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari analisis dan DFMA pada desain awal beberapa saran *redesign* diperoleh, selanjutnya dilakukan perancangan desain baru. Selanjutnya dilakukan kembali tahapan analisis DFMA pada desain baru yang telah dirancang.

4. Analisis dan pemilihan desain terbaik
Setelah pengolahan analisis DFMA. Selanjutnya setelah dianalisis masing-masing desain dilakukan komparasi. Komparasi dilakukan untuk mendapatkan hasil desain yang terbaik.

3.6 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di PT SM Engineering yang berada pada kawasan Industri Citra Buana Centre Park III Lot. 8, Jl. Engku Putri, Kelurahan Belian, Kecamatan Batam Kota, Kota Batam, Kepulauan Riau.

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan Data

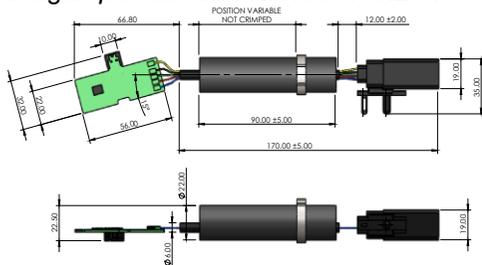
Adapun permintaan dan spesifikasi yang diinginkan pada *plastic packaging tray* yaitu sabagai berikut:

1. Ukuran panjang dan lebar dari *plastic packaging tray* mengikuti ukuran bagian dalam dari *cardboard box* yaitu panjang 540mm, lebar 390mm dan tinggi 35mm.
2. Material *plastic packaging tray* adalah ESD *Antistatic transparent PET (Polyethylene Terephthalate)* dengan ketebalan 0.8mm.
3. Jumlah produk *cable sub-assembly* yang dapat ditampung oleh *plastic*

4. *packaging tray* berjumlah $2 \times 9 = 18$ buah.

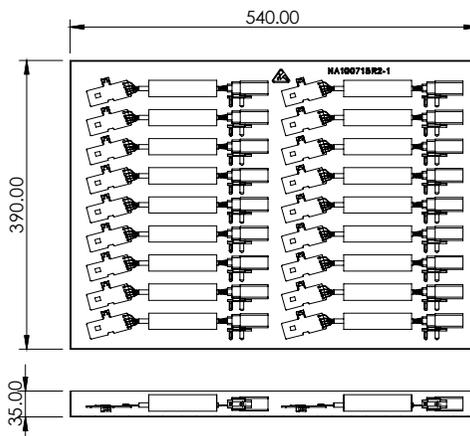
5. Terdapat logo ESD dan *part number* pada *plastic packaging tray*.

Berikut merupakan ukuran atau dimensi dari produk *cable sub-assembly* dengan *part number* NA100715R2-1.



Gambar 4. Desain Penelitian
(Sumber: Data Penelitian, 2021)

Berdasarkan spesifikasi yang diinginkan dan dimensi dari produk *cable sub-assembly* maka didapatkan konsep desain produk *plastic packaging tray*.



Gambar 5. Desain Penelitian
(Sumber: Data Penelitian, 2021)

Adapun mesin yang akan digunakan dalam proses manufaktur cetakan dalam *vacuum forming* adalah dengan menggunakan mesin CNC *Milling*. Berikut spesifikasinya:

Tabel 1. Spesifikasi Mesin CNC *Milling*

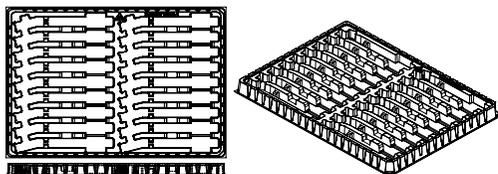
Z-Mat VMC850	
Meja Mesin	Ukuran Meja: 1200*520mm
	Slot T: 18*5*90mm
Pergerakan Mesin	Beban Maksimal: 750Kg
	Pergerakan Sumbu X: 850mm
	Pergerakan Sumbu Y: 500mm
	Pergerakan Sumbu Z: 600mm
	Sumbu X/Y/Z Pergerakan Cepat: 30/30/30m/min
Spindle	<i>Spindle nose</i> ke Meja: 130-700mm
	<i>Spindle center</i> ke <i>column</i> : 580mm
Feed & Magazine	Tipe <i>Guideway</i> : LM: XYZ
	Tipe <i>Spindle</i> : BT40
Ukuran & Berat	Kecepatan <i>Spindle</i> : 12000 rpm
	<i>Servo Motor</i> Utama: 7.5/11kw
	Tipe Kapasitas ATC: 24Arm
	Maksimal berat dari tool: 8Kg
	Ukuran: 3000*2200*2350mm
	Estimasi Berat: 6500Kg

(Sumber: Data Penelitian, 2021)

4.2 Hasil Desain Awal

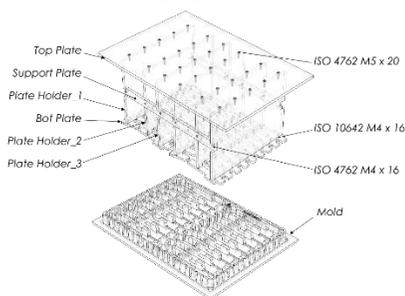
Berdasarkan konsep desain *plastic packaging tray* yang telah di rancang

sebelumnya, sehingga dapat menghasilkan desain awal untuk produk *plastic packaging tray*.



Gambar 6. Desain Awal *Plastic Packaging Tray*
(Sumber: Data Penelitian, 2021)

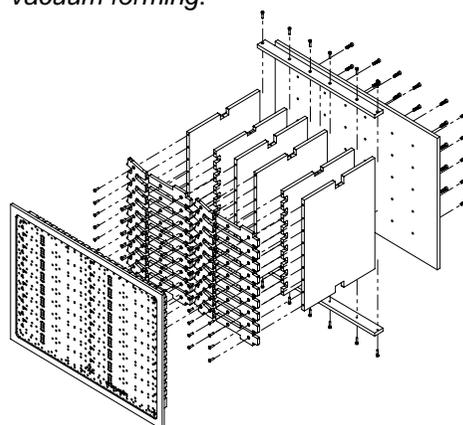
Berikut hasil desain cetakan *vacuum forming* yang sesuai dengan desain awal *plastic packaging tray*.



Gambar 7. Desain Awal *Cetakan Vacuum Forming*
(Sumber: Data Penelitian, 2021)

4.3 Analisis Desain Awal

Untuk dapat melakukan proses analisis, terlebih dahulu dilakukan mengidentifikasi komponen-komponen cetakan *vacuum forming*. Berikut ini adalah *exploded view* dari desain cetakan *vacuum forming*:



Gambar 8. *Exploded View* Desain Awal *Cetakan Vacuum Forming*
(Sumber: Data Penelitian, 2021)

Tabel 2. *Bill of Material* Desain Awal *Cetakan Vacuum Forming*

<i>Bill of Material</i>					
No.	Level	Description	Quantity	Unit of Measurement	Decision
1	0	Cetakan <i>Vacuum Forming</i>	1	Set	Make
2	1	Mold	1	Each	Make
3	1	Plug Assist	1	Set	Make
4	2	Top Plate	1	Each	Make
5	2	Plate Holder_1	2	Each	Make
6	2	Plate Holder_2	2	Each	Make
7	2	Plate Holder_3	2	Each	Make
8	2	Support Plate	2	Each	Make
9	2	Bot Plate	2	Each	Make
10	2	ISO 10642 M4 x 16	54	Each	Buy
11	2	ISO 4762 M5 x 20	30	Each	Buy
12	2	ISO 4762 M4 x 16	12	Each	Buy

(Sumber: Data Penelitian, 2021)

Tabel 3. Jumlah Komponen dan Total Berat Desain Awal

No.	Nama Komponen	Jenis Material	Unit (pcs)	Berat Satuan (kg)	Total Berat (kg)
1	Mold	Aluminium 6061	1	10	10
2	Top Plate	Bakelite	1	3,623	3,623
3	Plate Holder_1	Bakelite	2	1,275	2,55
4	Plate Holder_2	Bakelite	2	1,215	2,43
5	Plate Holder_3	Bakelite	2	1,317	2,634
6	Support Plate	Bakelite	2	0.193	0,386
7	Bot Plate	Aluminium 6061	2	1,142	2,284
8	ISO 10642 M4 x 16	Stainless steel	54	0,00024	0,01296
9	ISO 4762 M5 x 20	Stainless steel	30	0,00059	0,0177
10	ISO 4762 M4 x 16	Stainless steel	12	0,00034	0,00408
			108		23,95

(Sumber: Data Penelitian, 2021)

Tabel 4. Perkiraan Bahan Baku Desain Awal Cetakan *Vacuum Forming*

No.	Nama Komponen	Jenis Material	Ukuran Raw Material (P*L*T) (mm)	Qty.	Harga Satuan (Rupiah)	Jumlah Harga (Rupiah)
1	Mold	Aluminium 6061	610*54*465	1	6.000.000	6.000.000
2	Top Plate	Bakelite	620*420*10	1	840.000	840.000
3	Plate Holder_1	Bakelite	343*270*10	2	470.000	940.000
4	Plate Holder_2	Bakelite	332*270*10	2	455.000	910.000
5	Plate Holder_3	Bakelite	355*270*10	2	480.000	960.000
6	Support Plate	Bakelite	450*32*10	2	80.000	160.000
7	Bot Plate	Aluminium 6061	400*280*8	2	700.000	1.400.000
8	ISO 10642 M4 x 16	Stainless steel		54	2.000	108.000
9	ISO 4762 M5 x 20	Stainless steel		30	2.500	75.000
10	ISO 4762 M4 x 16	Stainless steel		12	2.000	24.000
						11.417.000

(Sumber: Data Penelitian, 2021)

Tabel 5. Total Estimasi Waktu Pemesinan Cetakan *Vacuum Forming* Desain Awal

Nama Komponen	Jumlah	Waktu Set-up (menit)	Waktu Pemesinan (menit)	Total Waktu (jam)
<i>Top Plate</i>	1	5	8,42	0,22
<i>Plate Holder_1</i>	2	6	12,50	0,62
<i>Plate Holder_2</i>	2	7	17,91	0,83
<i>Plate Holder_3</i>	2	6	11,72	0,59
<i>Support Plate</i>	2	4	3,60	0,25
<i>Bot Plate</i>	2	5	27,46	1,08
<i>Mold</i>	1	30	1083,83	18,56
	12			22,16

(Sumber: Data Penelitian, 2021)

Tabel 6. Total Estimasi Biaya Manufaktur Cetakan *Vacuum Forming* Desain Awal

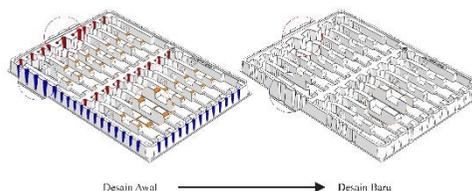
	Jam	Harga
Harga Bahan baku		Rp 11.417.000
<i>Machine hourly Rate + Labor Cost</i> (Rp430.000/jam)	22,16	Rp 9.528.984
Total		Rp 20.945.984

(Sumber: Data Penelitian, 2021)

Berdasarkan table 3 diatas dapat diketahui bahwa total komponen penyusun dari cetakan *vacuum forming* berjumlah 108 komponen dan dengan berat mencapai 24 kg. Berdasarkan tabel 4 diatas dapat diketahui bahwa harga bahan baku atau material yang diperlukan dalam proses pembuatan cetakan *vacuum forming* adalah sebesar Rp11.417.000. Berdasarkan tabel 5 diatas total estimasi waktu pemesinan cetakan *vacuum forming* membutuhkan sekitar 1083,83 menit atau 22,16 jam. Berdasarkan perhitungan tabel 6 total estimasi biaya manufaktur cetakan *vacuum forming* adalah sebesar Rp20.945.984. Biaya tersebut hanya mencakup biaya bahan baku, biaya pemesinan dan biaya tenaga kerja.

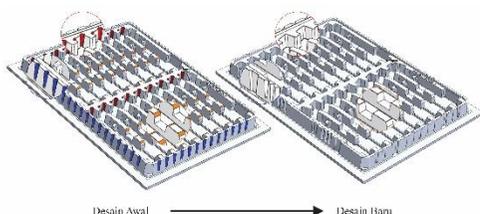
4.4 Perbaikan Desain

Setelah melakukan analisis pada desain awal, diperlukan adanya perbaikan desain tersebut. Perbaikan desain tersebut bertujuan untuk untuk meminimalkan waktu dan biaya manufaktur namun tetap memperhatikan fungsionalitas produk.



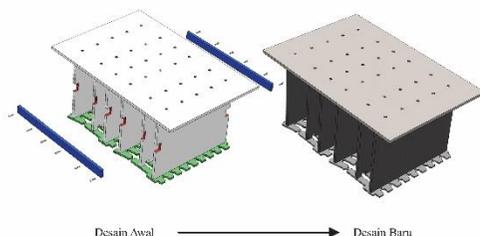
Gambar 9. Perbaikan Desain Produk *Plastic Packaging Tray*
(Sumber: Data Penelitian, 2021)

Berdasarkan gambar 9 perbaikan dilakukan pada desain produk *plastic packaging tray* yaitu menghilangkan dan mengurangi kompleksitas bertujuan memudahkan dan meminimalkan waktu proses pemesinan. Dikarenakan komponen *mold* bentuknya mengikuti produk *plastic packaging tray* maka komponen *mold* mengalami perubahan desain.



Gambar 10. Perubahan Desain Komponen *Mold*
(Sumber: Data Penelitian, 2021)

Berikut perbaikan desain untuk komponen komponen *plug assist*, perbaikan dilakukan untuk meminimalkan jumlah komponen namun tetap memperhatikan fungsionalitas produk.

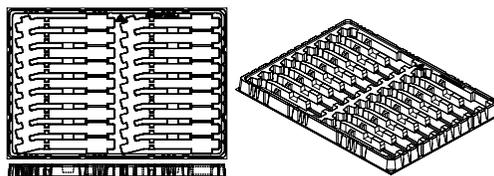


Gambar 11. Perbaikan Desain Komponen *Plug Assist*
(Sumber: Data Penelitian, 2021)

4.5 Hasil dan Analisis Desain Baru

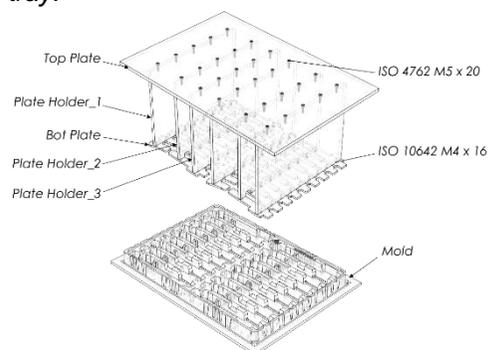
Berdasarkan hasil perbaikan desain awal maka didapatkan hasil desain baru berupa desain baru produk *plastic packaging tray* dan desain cetakan

vacuum forming. Berikut hasil desain baru *plastic packaging tray*.

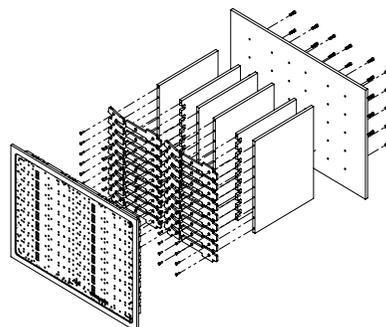


Gambar 12. Desain Baru *Plastic Packaging Tray*
(Sumber: Data Penelitian, 2021)

Berikut hasil desain cetakan *vacuum forming* dan *Exploded view* yang sesuai dengan desain baru *plastic packaging tray*.



Gambar 13. Desain Baru Cetakan *Vacuum Forming*
(Sumber: Data Penelitian, 2021)



Gambar 14. *Exploded View* Desain Baru Cetakan *Vacuum Forming*
(Sumber: Data Penelitian, 2021)

Tabel 7. Bill of Material Desain Baru Cetakan Vacuum Forming

Bill of Material					
No.	Level	Description	Quantity of Each Assembly	Unit of Measurement	Decision
1	0	Cetakan Vacuum Forming	1	Set	Make
2	1	Mold	1	Each	Make
3	1	Plug Assist	1	Set	Make
4	2	Top Plate	1	Each	Make
5	2	Plate Holder_1	2	Each	Make
6	2	Plate Holder_2	2	Each	Make
7	2	Plate Holder_3	2	Each	Make
8	2	Bot Plate	2	Each	Make
9	2	ISO 10642 M4 x 16	54	Each	Buy
10	2	ISO 4762 M5 x 20	30	Each	Buy

(Sumber: Data Penelitian, 2021)

Tabel 8. Jumlah Komponen dan Total Berat Desain Baru

No.	Nama Komponen	Jenis Material	Jumlah	Berat Satuan (kg)	Total Berat (kg)
1	Mold	Aluminium 6061	1	10	10
2	Top Plate	Bakelite	1	3.623	3.623
3	Plate Holder_1	Bakelite	2	1.288	2.576
4	Plate Holder_2	Bakelite	2	1.225	2.45
5	Plate Holder_3	Bakelite	2	1.336	2.672
7	Bot Plate	Aluminium 6061	2	0.852	1.704
8	ISO 10642 M4 x 16	Stainless steel	54	0.00024	0.01296
9	ISO 4762 M5 x 20	Stainless steel	30	0.00059	0.0177
			94		23.05

(Sumber: Data Penelitian, 2021)

Tabel 9. Perkiraan Bahan Baku Desain Baru Cetakan Vacuum Forming

No.	Nama Komponen	Jenis Material	Ukuran Raw Material (P*L*T)	Qty.	Harga Satuan (Rupiah)	Jumlah Harga (Rupiah)
1	Mold	Aluminium 6061	610*54*465mm	1	6.000.000	6.000.000
2	Top Plate	Bakelite	620*420*10mm	1	840.000	840.000
3	Plate Holder_1	Bakelite	343*270*10mm	2	470.000	940.000
4	Plate Holder_2	Bakelite	332*270*10mm	2	455.000	910.000
5	Plate Holder_3	Bakelite	355*270*10mm	2	480.000	960.000
7	Bot Plate	Aluminium 6061	400*280*6mm	2	500.000	1.000.000
8	ISO10642 M4x16	Stainless steel		54	2.000	108.000
9	ISO4762 M5x20	Stainless steel		30	2.500	75.000
						10.833.000

(Sumber: Data Penelitian, 2021)

Tabel 10. Total Estimasi Waktu Pemesinan Cetakan *Vacuum Forming*

Nama Komponen	Jumlah	Waktu Set-up (menit)	Waktu Pemesinan (menit)	Total Waktu (jam)
<i>Top Plate</i>	1	5	8.42	0.22
<i>Plate Holder_1</i>	2	6	6.95	0.43
<i>Plug Assist</i> <i>Plate Holder_2</i>	2	7	15.35	0.75
<i>Plate Holder_3</i>	2	6	6.97	0.43
<i>Bot Plate</i>	2	5	20.43	0.85
<i>Mold</i>	1	30	943.58	16.23
	10			18.91

(Sumber: Data Penelitian, 2021)

Tabel 11. Total Estimasi Biaya Manufaktur Cetakan *Vacuum Forming*

	Jam	Harga
Harga Bahan baku		Rp 10.833.000
<i>Machine hourly Rate + Labor Cost</i> (Rp430.000/jam)	18,91	Rp 8.129.891
Total		Rp 18.962.891

(Sumber: Data Penelitian, 2021)

Berdasarkan table 8 diatas dapat diketahui bahwa total komponen penyusun dari cetakan *vacuum forming* berjumlah 94 komponen dan dengan berat mencapai 23 kg. Berdasarkan tabel 9. diatas dapat diketahui bahwa harga bahan baku atau material yang diperlukan dalam proses pembuatan cetakan *vacuum forming* adalah sebesar Rp10.833.000. Berdasarkan tabel 10 total estimasi waktu pemesinan cetakan *vacuum forming* membutuhkan sekitar 943,58 menit atau 18,91 jam.

Berdasarkan perhitungan tabel 11 total estimasi biaya manufaktur cetakan *vacuum forming* desain baru adalah sebesar Rp18.962.891. Biaya tersebut hanya mencakup biaya bahan baku, biaya pemesinan dan biaya tenaga kerja.

Setelah dilakukan analisis dari masing masing desain mulai dari desain awal dan desain baru yang telah dirancang. Selanjutnya dianalisis masing-masing desain dilakukan komparasi antara desain awal maupun desain baru.

Tabel 12. Parameter Pembandingan Desain Awal dan Desain Baru

Parameter	Desain Awal	Desain Baru
Jumlah Komponen	108 komponen	94 komponen
Berat Total	24kg	23kg
Waktu Pemesinan	22,16 jam	18,91 jam
Total Biaya	Rp20.945.984	Rp18.962.891

(Sumber: Data Penelitian, 2021)

SIMPULAN

Berdasarkan dari analisis DFMA desain awal cetakan *vacuum forming* didapatkan komponen penyusun cetakan *vacuum forming* berjumlah 108 komponen dengan berat 23,95 kg, total waktu pemesinan selama 22,16 jam dan total biaya sebesar Rp20.945.984. Dari hasil evaluasi desain awal didapatkan desain baru cetakan *vacuum forming*. Desain baru dianalisis dengan menggunakan DFMA dan diperoleh hasil komponen penyusun cetakan *vacuum forming* berjumlah 94 komponen dengan berat 23,05 kg, total waktu pemesinan selama 18,91 jam dan total biaya sebesar Rp18.962.891. Dari desain awal dan desain baru *vacuum forming* yang dirancang, setelah dibandingkan berdasar parameter hasil pengolahan dipilih desain baru yang terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, D. M. (2020). *Design for Manufacturability*. Second edition. | Boca Raton: Taylor & Francis, 2020.: Productivity Press. <https://doi.org/10.4324/9780429285981>
- Batan, I. M. L. (2012). *Desain Produk*. Surabaya: Penerbit Guna Widya.
- Carolla, B. (2019). *Perancangan Ulang Desain Mortise Lock Dan Handle Pintu Menggunakan Metode Design For Manufacture And Assembly*. Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Chanda, M. (2017). *Plastics Technology Handbook, Fifth Edition*. In *Plastics Technology Handbook, Fifth Edition*. Milton: CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315155876>
- Irwansyah, D., Budiyanoro, C., & Sunardi. (2017). Perancangan Mesin Vacuum Forming Untuk Material Plastik Polystyrene (Ps) Dengan Ukuran Maksimal Cetakan. *Material Dan Proses Manufaktur*, 1(2), 87–95. Retrieved from <http://journal.umy.ac.id/index.php/jmpm>
- Kotler, P., & Armstrong, G. (2014). *Principle Of Marketing* (15th ed). New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Kotler, P., & Keller, K. L. (2016). *Marketing Management* (15th ed). Harlow: Essex Pearson Education Limited.
- Ngatilah, Y., Pulansari, F., Ernawati, D., Pujiastuti, C., Parwati, C. I., & Prasetyo, B. (2018). Design for Manufacture and Assembly for Product Development (Case study : Emergency Lamp). *Journal of Physics: Conference Series*, 953(1), 012235. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/953/1/012235>



Penulis pertama, Bagus Wibisono, merupakan mahasiswa Prodi Teknik Industri Universitas Putera Batam.



Penulis kedua, Rizki Prakasa Hasibuan, S.T., M.T., ASCA., merupakan Dosen Prodi Teknik Industri Universitas Putera Batam.