

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Teori Dasar

2.1.1. 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. Yang artinya, desain dari suatu produk merupakan satu diantara unsur yang penting dalam suatu produk yang nantinya hendak diproduksi dan diperjualbelikan.

Kotler dan Armstrong (2014) Dalam tiap produk pasti memiliki keunikan desainnya sendiri yang diwujudkan oleh para produsen dalam membuat ciri khas dari suatu produk tersebut dalam upaya untuk menarik ketertarikan dalam melakukan pembelian dari calon konsumen. Konsep desain dari suatu produk itu sendiri menurut adalah desain yang memiliki konsep lebih luas daripada penampilannya. Desain selain meninjau dalam faktor penampilan, desain harus dapat memiliki tujuan dalam memperbaiki fungsionalitas produk, meminimasi dalam hal biaya produksi, serta meningkatkan keutamaan dalam bersaing.

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.

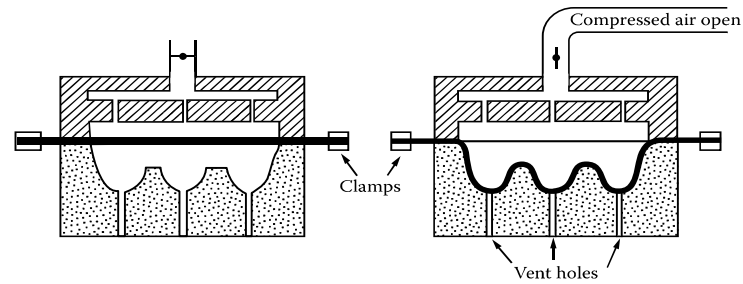
Dengan adanya desain produk kegagalan atau kesalahan yang dapat saja terjadi ketika proses pembuatan produk tersebut dapat dihindarkan, dapat menggunakan metode tepat dan yang paling baik serta mempertimbangkan faktor ekonomis dalam pengerjaan suatu produk, dapat mencocokkan spesifikasi dari produk yang akan kerjakan, dan dapat menghitung biaya dan memutuskan harga serta kepantasan produk tersebut. Dengan maksud lain, satu diantara beberapa faktor keberhasilan pemasaran produk berawal dari desain produk.

2.1.2. *Thermoforming*

Thermoforming merupakan suatu proses pembentukannya lembaran plastik yang terlebih dahulu dilakukannya pemanasan dan kemudian dilakukannya proses pembentukannya lembaran plastik menggunakan cara penghisapan (*vacuum*) atau penekanan (*pressure*) ke dalam cetakan yang sesuai bentuk produk akhir yang diinginkan. Menurut prosesnya *thermoforming* dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. Pressure Forming

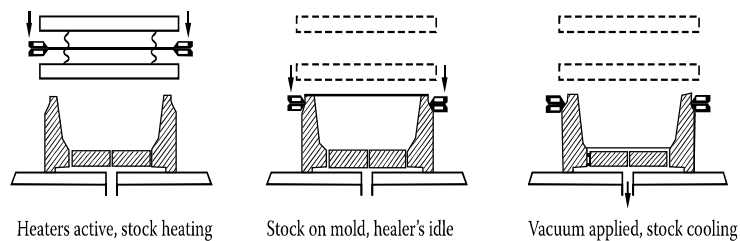
Pressure Forming merupakan suatu proses dalam manufaktur pembentukan plastik yang berupa lembaran plastik yang terlebih dahulu dilakukan pemanasan kemudian ditekan kedalam cetakan dan ditahan dalam beberapa waktu sampai lembaran plastik tersebut membentuk sesuai dengan bentuk cetakan (Irwansyah, Budiyantoro,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



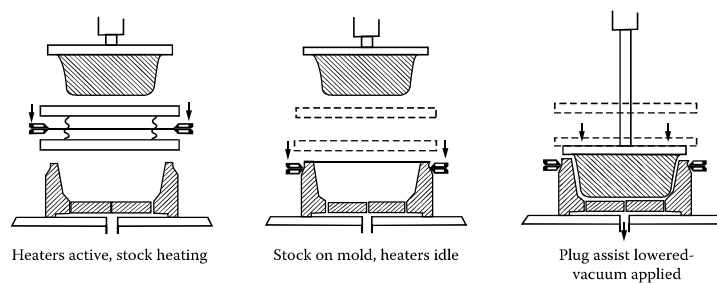
Gambar 2.1 Proses *Pressure Forming*

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).



Gambar 2.2 Proses *Vacuum Forming*



Gambar 2.3 Proses *Plug-assist Vacuum Forming*

Dengan menggunakan bantuan sebuah mesin proses *pressure forming* maupun proses *vacuum forming* dapat dilakukan dengan cepat. Material atau bahan yang sering dipakai pada proses *thermoforming* adalah termoplastik seperti polistirena, selulosa asetat, selulosa asetat butirat, PVC, ABS, poli (metil metakrilat), polietilen densitas rendah dan tinggi, dan poli propilena. Teknik *thermoforming* paling cocok untuk memproduksi cetakan dari area yang luas dan sangat cetakan berdinding tipis, atau dimana hanya diperlukan jangka pendek. Pengaplikasian terbesar untuk hasil proses *thermoforming* adalah untuk kemasan makanan. Industri lainnya termasuk perlengkapan mandi, farmasi dan elektronik.

2.1.3. 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:

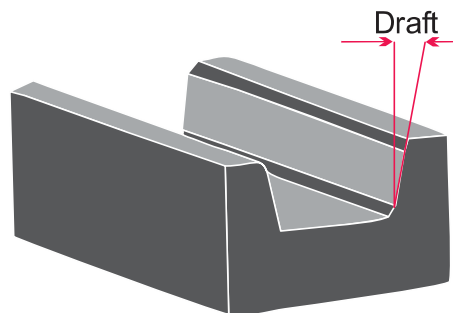
1. Harus mampu melakukan siklus termal berulang. Dikarenakan untuk menjaga kualitas, stabilitas dimensi dan untuk menghindari kerapuhan tegangan cetakan, suhu cetakan harus dikontrol dalam jangka pendek.
2. Harus mudah dimodifikasi. Proses *thermoforming* menawarkan perputaran yang cepat dan volume produksi yang rendah ini menyebabkan terjadinya perubahan desain.
3. Harus dapat mentransmisikan vakum dari semua area permukaannya. Dalam kebanyakan aplikasi lubang vakum harus sekecil mungkin. Itu kepraktisan mengebor lubang yang sangat kecil ke dalam cetakan mempengaruhi pemilihan cetakan bahan dan ketebalan material.

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. Plastik akan mereplikasi dimensi cetakan sehingga desain cetakan harus mengenali susut bahan dan plastik.

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

1. *Draft Angles*

Saat mendesain cetakan, penting untuk berpikir tentang mengerjakan sudut draf ke dalam desain. Ini sangat sedikit lancip yang diterapkan ke luar tepi cetakan, dan setiap sudut substansial di dalam. Mereka membantu distribusi plastik bahan selama proses pembentukan vakum, dan pelepasan cetakan. Direkomendasikan bahwa sudut draf harus a minimal 3° - 5° .

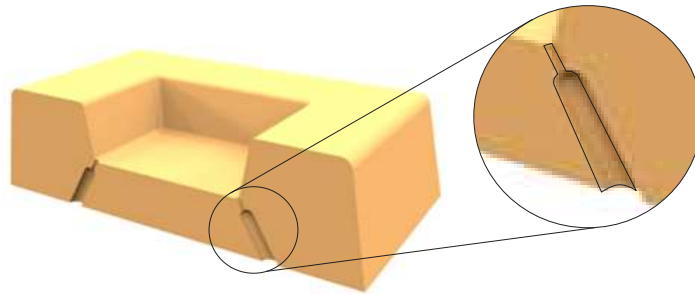


Gambar 2.4 *Draft Angles*

2. *Venting*

Pembentukan vakum sangat bergantung pada aliran udara untuk menarik plastik yang dipanaskan di atas cetakan semakin besar jumlah aliran udara,

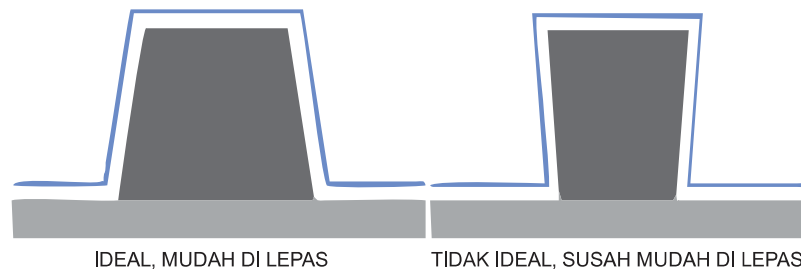
semakin lebih sukses proses pembentukan vakum Dengan pemikiran ini, setiap cetakan yang diproduksi harus memiliki lubang ventilasi tidak perlu berdiameter besar cukup dengan diameter 1,5mm. Lubang kecil ini tidak akan terlihat pada produk akhir vakum yang terbentuk.



Gambar 2.5 *Venting*

3. *Undercuts*

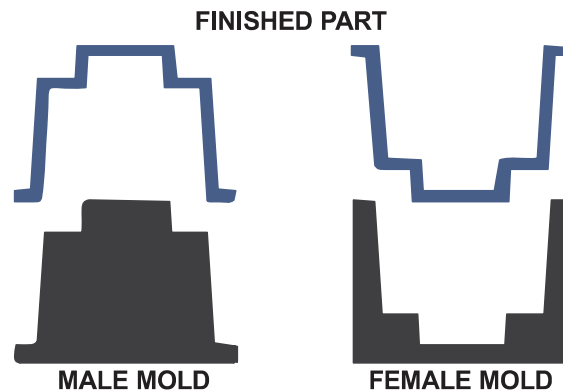
Undercut adalah bentuk lekukan atau tonjolan pada cetakan yang dapat mencegah penarikannya atau keluarnya produk dari cetakan.



Gambar 2.6 *Undercuts*

4. *Male and Female Mold*

Male and Female Molds adalah dua kategori yang termasuk dalam cetakan, kadang-kadang disebut sebagai positif dan cetakan negatif. Sederhananya, perbedaan antara keduanya adalah apakah bahan plastik yang dipanaskan akan dibentuk di atas atau di dalam cetakan.



Gambar 2.7 Male and Female Mold

5. Bahan cetakan

Ada berbagai macam bahan cetakan yang tersedia untuk dipilih, secara umum ada dua kategori cetakan. Cetakan prototipe digunakan untuk menghasilkan beberapa hingga seratus produk. Cetakan ini umumnya dibuat dengan bahan yang mudah dikerjakan, seperti plester, kayu, dan bahkan kertas. Cetakan produksi digunakan untuk proses produksi jangka panjang. Aluminium adalah bahan yang disukai pada produksi jangka panjang baik untuk material tipis dan maupun tebal (Chanda, 2017).

2.1.4. *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).

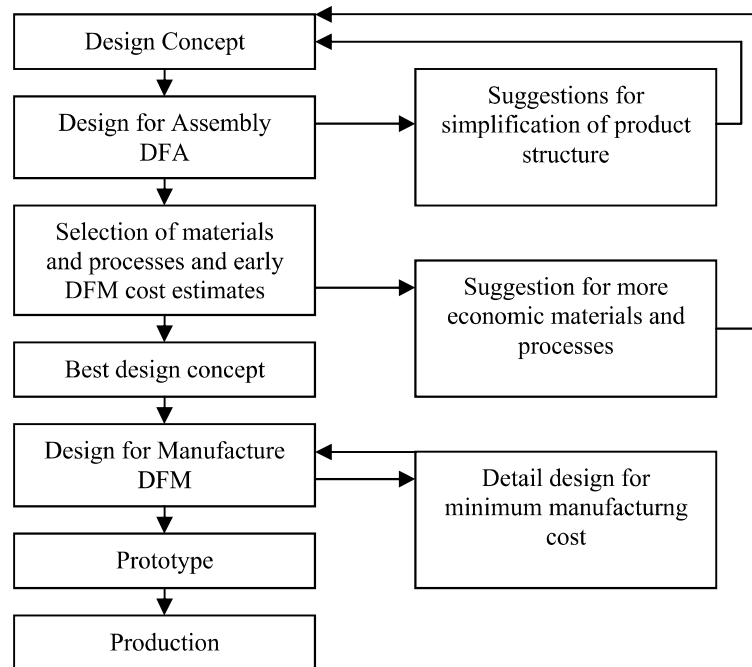
Jadi dengan kata lain *Design for Manufacture and Assembly* (DFMA) merupakan proses perancangan atau desain komponen atau produk yang dapat memudahkan proses manufakturnya dengan tujuan akhir membuat produk menjadi lebih baik serta biaya yang lebih rendah, dan proses perakitannya pada komponen lain untuk menjadi satu kesatuan pada produk.

DFMA sering diterapkan pada tiga aktivitas pokok yang telah di jabarkan oleh Boothroyd dkk (2010) dalam Zulkarnain & Ganda Sirait, (2020) sebagai berikut:

1. Sebagai dasar untuk studi *concurrent engineering* sebagai petunjuk kepada desainer dalam dalam menghasilkan produk, mengurangi biaya dalam hal manufaktur serta perakitan dan juga untuk patokan dalam mengukur perbaikan (*improvement*).
2. Sebagai *tools* atau alat perbandingan dalam mempelajari produk yang dihasilkan pesaing serta mengukur tingkat kesulitan pada proses manufaktur dan perakitan.
3. Sebagai alat penentuan atau patokan harga pada produk dalam bernegosiasi dengan vendor (*sub contractor*).

Tahapan yang biasa di lakukan ketika menganalisis produk menggunakan DFMA yaitu diawali dengan konsep desain kemudian dilanjutkan dengan *Design for assembly* untuk mengoptimalkan desain dalam hal jumlah komponen penyusun produk dan waktu perakitan. Selanjutnya proses *Design for Manufacturing* untuk optimalkan desain untuk meminimalisasi dalam proses manufaktur dan selanjutnya diakhiri dengan *detail design*.

Berikut ini adalah tahapan pada analisis DFMA yang telah di gambarkan oleh Boothroyd dkk (2010) dalam Zulkarnain & Ganda Sirait, (2020).



Gambar 2.8 Flowchart Tahap Penerapan Metode DFMA

Analisis pertama yaitu DFA yang dapat mempelajari penyederhanaan pada struktur produk. Berikutnya dilanjutkan dengan analisis DFM dengan memperkirakan suatu harga komponen yang didapat pada desain awal maupun desain alternatif. Dalam tahap ini material serta proses yang merupakan terbaik untuk berbagai jenis komponen akan ditentukan. Sebagai contoh, apakah akan menjadi lebih baik jika *mould* pada desain alternatif berasal dari aluminium? Ketika pemilihan terhadap maerial dan proses sudah didapatkan, selanjutnya analisis yang lebih mendalam dengan menggunakan metode DFM dapat dilaksanakan untuk mengetahui detail dan hasil desain komponen.

Dalam pendekatan yang serupa dengan *lean manufacturing*, penerapan DFMA memungkinkan melakukan identifikasi, kuantifikasi dan penghapusan pemborosan atau inefisiensi dalam pembuatan dan perakitan produk. Hal ini juga dapat digunakan sebagai alat atau *tools benchmarking* untuk mempelajari produk pesaing.

2.1.5. Design for Assembly (DFA)

Design for Assembly (DFA) merupakan satu metode dari kumpulan metode perancangan yang diterapkan untuk mengurangi biaya dalam hal perakitan dengan cara meminimalisir banyaknya komponen yang akan dirakit pada produk. 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. Metode DFA dilakukan dengan cara mengukur suatu indeks perancangannya serta menunjukkan berapa persen efisiensi dari suatu desain biasa disebut dengan DFA indeks. Indeks tersebut akan diukur berdasarkan jumlah waktu perakitan yang telah diubah dalam bentuk unit biaya. Hal yang dilakukan dalam meningkatkan jumlah indeks DFA dapat dilakukan dengan cara meminimalisir banyaknya komponen yang tidak memiliki peranan penting pada struktur produk atau dengan menggabungkan dua atau lebih komponen serta mengurangi lamanya waktu total dalam perakitan (Batan, 2012).

Metode DFA dari Boothroyd dkk (2010) dalam Pranastya (2017) memiliki tahapan yaitu sebagai berikut:

1. Pilihlah metode perakitan pada setiap komponen.
2. Analisis dan pelajari komponen sesuai dengan metode perakitan yang telah dipilih.
3. Perbagus rancangan untuk menggantikan kekurangan yang sudah teridentifikasi sebelumnya.
4. Ulangi kembali langkah kedua hingga mendapatkan hasil analisis yang lebih baik.

2.1.6. *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 menggunakan informasi dari beberapa jenis, seperti yang dijelaskan oleh Ulrich Eppinger dan Steven D. (2012) yaitu sebagai berikut:

1. Sketsa, gambar, spesifikasi produk, dan alternatif desain.
2. Pemahaman rinci tentang produksi dan proses perakitan.
3. Perkiraan biaya produksi, volume produksi, dan waktu *ramp-up*.

Oleh karena itu, DFM membutuhkan kontribusi dari sebagian besar anggota tim pengembangan serta ahli dari luar. Upaya DFM biasanya memanfaatkan keahlian dari insinyur manufaktur, akuntan biaya, dan personel produksi, selain desainer produk. Dalam hal ini DFM dapat membantu dalam hal mengestimasi lebih awal biaya sehingga dapat memutuskan alternatif pengerjaan serta material

lebih tepat tanpa dikerjakan secara langsung. DFM termasuk dalam bagian DFMA yang menyiapkan seputar informasi dalam hal manufaktur kedalam analisis pengurangan biaya untuk tahap DFA (Batan, 2012).

2.2. Penelitian Terdahulu

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

1	Judul Penelitian	<i>DFMA analysis of front axle assembly of an excavator</i>
	Nama Peneliti	Venkatean & Palaniswamy (2021)
	Masalah	Terdapat banyaknya jumlah <i>front axle assembly of an excavator</i> yang mengalami <i>reject</i> menyebabkan biaya dan waktu henti yang lebih tinggi karena pengerjaan ulang atau pergantian suku cadang.
	Metodologi	<i>Design for Manufacture and Assembly (DFMA)</i>
	Hasil Penelitian	<ol style="list-style-type: none"> 1. Variasi celah (maksimum ke minimum) dalam rakitan berkurang 0,100 mm untuk dimensi nominal dan 0,400 mm untuk dimensi yang diukur dari garis tengah 2. Probabilitas suku cadang yang tidak dapat dirakit pada percobaan pertama adalah 2,8%, sedangkan untuk toleransi termodifikasi yang diperoleh dalam penelitian ini hampir direduksi menjadi 0%. 3. Desain yang dimodifikasi memiliki kemampuan pertukaran yang lebih baik untuk suku cadang, mudah untuk dirakit dan lebih sedikit penggunaan shim dan selain itu tidak ada bagian yang dipilih secara acak yang mengakibatkan gangguan.
2	Judul Penelitian	<i>Design for Manufacturing and Assembly (DFMA): Redesign of Joystick</i>
	Nama Peneliti	Nor Nasyitah Mohammad et al, (2020)
	Masalah	Desain <i>joystick</i> yang tidak efisien sehingga terdapat banyaknya suku cadang, lamanya waktu.
	Metodologi	<i>Design for Manufacture and Assembly (DFMA)</i>
	Hasil Penelitian	Hasil penelitian yaitu waktu perakitan untuk mendesain ulang kemudian meningkat sebesar 21% dengan penurunan waktu perakitan dari 294,2 detik menjadi 232,44 detik dan peningkatan efisiensi desain sebesar 26,5% dari 20,4% menjadi 25,8%.

Tabel 2.1 lanjutan

3	Judul Penelitian	<i>Redesigning of Agarwood Extracting Machine Applying DFMA Principle</i>
	Nama Peneliti	M S Salim et al (2019)
	Masalah	Desain <i>Agarwood Extracting Machine</i> yang tidak efisien sehingga menyebabkan tingginya biaya produksi dan lamanya waktu perakitan.
	Metodologi	<i>Design for Manufacture and Assembly (DFMA)</i>
	Hasil Penelitian	Jumlah total komponen untuk komponen produk asli meningkat dari 17 komponen menjadi 26 dan total waktu perakitan meningkat dari 291,65 detik menjadi 301,76 detik itulah sebabnya proyek-proyek ini hanya fokus pada DFM yang total biayanya berkurang dari RM 38.568.84 menjadi RM 36.137.71. Ini jelas memotong biaya sekitar RM 2423.31.79 atau 16%.
4	Judul Penelitian	<i>The utilisation of DFMA and FEA method towards sustainable design improvement: A case study of air freshener</i>
	Nama Peneliti	Effendi et al., (2021)
	Masalah	Desain pengharum ruangan yang tidak efisien sehingga menyebabkan tingginya biaya produksi dan lamanya waktu perakitan
	Metodologi	<i>Design for Manufacture and Assembly (DFMA) & Finite Element Analysis (FEA)</i>
	Hasil Penelitian	1. Jumlah total komponen berkurang yang awalnya 23 menjadi 16. Total waktu perakitan berkurang yang awalnya 254,53 detik menjadi 151,38 detik 2. Efisiensi desain produk yang ditingkatkan 16,43% lebih tinggi dibandingkan dengan desain yang ada yaitu 21,22% dan 37,65% untuk desain baru.
5	Judul Penelitian	<i>Implementation of DFMA and FEA method as a combination approach in sustainable design: A case study of hair dryer design</i>
	Nama Peneliti	Effendi, et al., (2021)
	Masalah	Desain <i>hair dryer</i> yang tidak efisien sehingga menyebabkan tingginya biaya produksi dan lamanya waktu perakitan
	Metodologi	<i>Design for Manufacture and Assembly (DFMA) & Finite Element Analysis (FEA)</i>

Tabel 2.1 lanjutan

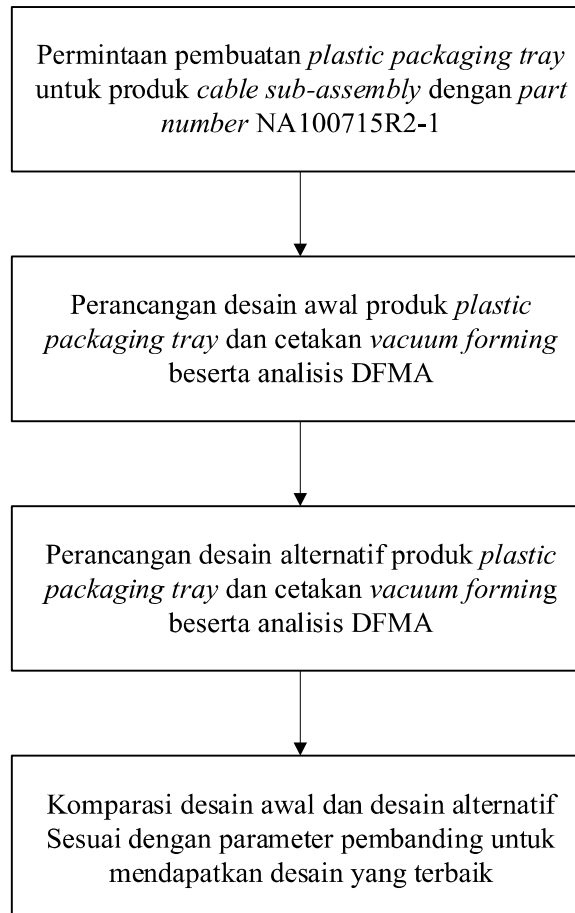
	Hasil Penelitian	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengurangan biaya dan peningkatan komponen berhasil dalam hal ini analisis sebelum mendesain ulang 18 hingga 19 bagian secara keseluruhan. 2. Total waktu perakitan berkurang yang awalnya 347,43 detik menjadi 85,11 detik 3. Efisiensi desain setelah desain ulang dapat dikurangi dari 54,11% menjadi 0,28%.
6	Judul Penelitian	Pengembangan Produk Wastafel Portable Secara Manual Dengan <i>Metode Design For Manufacture And Assembly</i> (DFMA)
	Nama Peneliti	Nazarudin & Suryadi, (2021)
	Masalah	Produk wastafel semi otomatis yang dijual dipasaran menggunakan pompa berdaya listrik yang besar dan harganya mahal.
	Metodologi	<i>Design for Manufacture and Assembly</i> (DFMA)
	Hasil Penelitian	Pengembangan produk wastafel portable ini memiliki harga yang relative murah daripada produk yang beredar dipasaran dengan harga Rp645.000,00 dan Rp570.000,00 untuk produk inovasi. Total waktu pembuatan wastafel ini memakan waktu 65 menit.
7	Judul Penelitian	Manufaktur Alat Bantu Tangkap Ikan Tipe Hidrolik Untuk Kapal Kapasitas 5-10 GT
	Nama Peneliti	Rudiansyah & Suwandi, (2020)
	Masalah	Masih banyak para nelayan yang tidak dapat menangkap ikan secara maksimal sehingga diperlukan alat bantu penangkap ikan.
	Metodologi	<i>Design for Manufacture and Assembly</i> (DFMA)
	Hasil Penelitian	Total komponen alat bantu penangkap ikan berjumlah 19 komponen. Terdapat 51 proses dalam pembuatan alat dengan memakan waktu selama 1379 menit. Biaya bahan baku dalam pembuatan satu set menghabiskan biaya Rp8.635.000,00, biaya produksi Rp540.000,00 dan perencanaan laba Rp775.000,00. Sehingga ditaksir harga penjualan alat bantu sebesar Rp9.950.000,00

Tabel 2.1 lanjutan

8	Judul Penelitian	Perencanaan Pembuatan Mesin <i>Thermoforming</i> Untuk Produk Tutup Plastik Cup
	Nama Peneliti	Nugraha & Hariri, (2020)
	Masalah	PT X membutuhkan mesin yang dapat memproduksi produk tutup <i>cup</i> plastik dengan proses <i>thermoforming</i> .
	Metodologi	<i>Design for Manufacture and Assembly</i> (DFMA)
	Hasil Penelitian	Total waktu yang dibutuhkan dalam perakitan satu unit mesin <i>thermoforming</i> termasuk waktu pembelian, perakitan komponen dan test uji coba selama 52 hari dua jam. Biaya pembelian komponen sebesar Rp110.342.100, biaya manufaktur sebesar Rp3.050.000, dan biaya tak terduga sebesar Rp5.000.000. sehingga total biaya yang dikeluarkan untuk pembuatan satu unit sebesar Rp118.392.100.
9	Judul Penelitian	<i>Design of the Vertical Roundness Tester Machine Using the AHP Method (Analytical Hierarchy Process) Through the DFM Approach (Design for Manufacturing)</i>
	Nama Peneliti	Reforiandi & Arief (2021)
	Masalah	Diperlukannya sebuah alat <i>The Roundness Tester Machine</i> dalam hal memeriksa kebulatan (<i>roundness</i>) suatu benda
	Metodologi	<i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP) & <i>Design for Manufacture and Assembly</i> (DFMA)
	Hasil Penelitian	Berdasarkan hasil kuisisioner, indikator yang mempengaruhi pemilihan desain <i>Vertical Roundness Tester Machine</i> dari yang tertinggi sampai yang terendah adalah akurasi 48,52%, akurasi 27,18%, akurasi 18,16%, dan <i>serviceability</i> 6,14%. Berdasarkan hasil perhitungan DFM, maka biaya pembuatan komponen <i>Vertical Roundness Tester Machine</i> terendah berada pada Alternatif Desain 3 Rp4.468.000, dibandingkan dengan Desain Alternatif 2 dan Desain Alternatif 1.

2.3. Kerangka Berfikir

Untuk memperjelas penelitian ini, peneliti mengembangkan kerangka pemikiran. Berikut ini adalah bentuk kerangka berpikir yang dapat dilihat dari bagan di bawah ini:



Gambar 2.9 Kerangka Berfikir