

Design Analysis of Bottle Leaktester Machine through DFMA Method

Mukhamad R. S. Fahmi¹, Dhika A. Purnomo¹, Anda I. Juniani^{1*}, Cahya A. Firmansyah²

¹ Design and Manufacture Study Program, Department of Mechanical Engineering
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

² HSSE Department, PT Terminal Petikemas, Surabaya, Indonesia

Email: andaiviana@ppns.ac.id

Abstract

This article describes the design analysis process for bottle leak detection machine components using the Design for Manufacturing and Assembly (DFMA) approach. The Boothroyd-Dewhurst DFMA approach was used to verify existing design efficiency, handling ratios, and fitting ratios. SolidWorks is used to represent study objects in three dimensions. The results of this study, the assembly time for the existing design is 30,53 minutes, the manufacturing time is 20,19 minutes and the total cost is \$1819,58. The DFA Index of a bottle leak detection machine is 13,3. The implementation of the DFMA method provides recommendations for design improvements with the aim of reducing manufacturing costs and improving design efficiency.

Keywords: DFMA, Design Efficiency, Bottle Leak Detection Machine, Assembly time, Total Cost

1. Pendahuluan

Kapasitas produk impor yang masuk di Indonesia masih sangat besar dan terus meningkat di beberapa jenis produk. Badan Pusat Statistik (BPS) melaporkan total nilai impor Indonesia selama tahun 2022 mencapai US\$237,52 miliar. Menurut golongan barang, porsi terbesar kelompok barang utama impor selama tahun 2022 adalah mesin atau peralatan mekanis dan bagianya sebesar US\$31,57 miliar atau berperan 16,02% terhadap total impor nasional. Bahkan untuk porsi terbesar kedua kelompok barang utama impor tahun 2022 adalah mesin atau perlengkapan elektrik dan sebesar US\$26,48 miliar atau 13,43% (Badan Pusat Statistik, 2022).

Mesin menjadi jenis barang tertinggi yang diimpor untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Hal ini dikarenakan Indonesia belum bisa memproduksi mesin sendiri dengan harga dan kualitas yang dapat bersaing dengan mesin impor. Mesin hasil produksi dalam negeri biasanya tidak melewati tahapan perancangan yang terintegrasi sehingga mesin yang dihasilkan pun tidak bisa bersaing di pasaran. Oleh karena itu, mesin-mesin tersebut harus dianalisa kembali agar bisa terwujud produk yang baik sehingga menarik minat konsumen khususnya konsumen dalam negeri atau bahkan mampu bersaing dalam skala global.

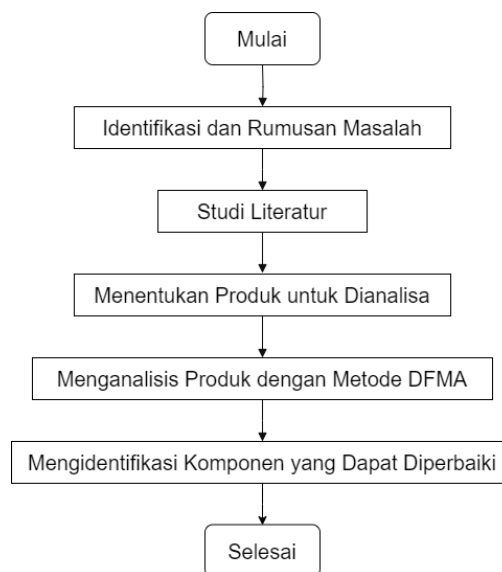
Terdapat banyak metode analisa yang bisa menjadi pilihan dalam merancang ulang sebuah produk atau mesin sehingga mampu mencapai kualitas optimalnya. Beberapa diantaranya seperti *Value Engineering* (VE) yang berkonsentrasi pada seberapa berguna produk untuk konsumen atau biasa disebut analisis fungsi (Park, 1999), *Quality Function Deployment* (QFD) yang memungkinkan produsen untuk mengukur keinginan konsumen dan mengkonversikannya menjadi aspek teknis produk (Vonderembse, Van Fossen, 1998), *Life Cycle Assessment* (LCA) yang berfokus untuk menilai efek lingkungan dan biaya sumber daya yang terkait dengan produk (Browne, M., Rizet, C., Anderson, S., Allen, J. and Keita, B. 2005), lalu *Design for Manufacture and Assembly* (DFMA) yang berfokus pada efektifitas waktu perakitan dan proses manufaktur (Boothroyd, 1994). Dari beberapa metode tersebut dipilihlah metode DFMA karena metode ini yang paling sesuai dengan masalah yang dihadapi dalam penelitian sehingga diharapkan permasalahan yang ada dapat teratasi dengan sebaik mungkin.

DFMA merupakan kombinasi dari 2 metode, yakni *Design for Manufacture* (DFM) dan *Design for Assembly* (DFA). *Design for Manufacture* merupakan desain yang mempertimbangkan kemudahan saat proses manufaktur komponen yang akan membentuk sebuah produk, sedangkan *Design for Assembly* merupakan desain yang mempertimbangkan kecepatan perakitan komponen yang akan membentuk sebuah produk. Secara umum, perangkat lunak yang dikembangkan oleh Boothroyd Dewhurst, Inc. terbagi atas DFA, yaitu *Product Simplification* dan DFM, sebagai *Concurrent Costing* (Boothroyd, 1994). Penerapan DFMA ini bertujuan untuk mengurangi jumlah operasi perakitan dengan mengurangi jumlah komponen dan membuat proses perakitan lebih mudah dilakukan yang berdampak pada reduksi waktu perakitan dengan hasil pengurangan pengeluaran yang terjadi pada produk tersebut.

PT. Mokko Otomasi Indonesia adalah perusahaan yang berdiri sejak 2016 bergerak di bidang otomasi, sistem kontrol, dan rancang bangun mesin. Salah satu produk yang telah diproduksi adalah mesin *Bottle Leak Tester*. Mesin *Bottle Leaktester* hasil produksi PT. Mokko telah terjual di beberapa perusahaan industri minuman dan produsen botol plastik. Namun, masih terdapat keluhan dari konsumen tentang harga yang tinggi jika dibandingkan dengan mesin dengan spesifikasi yang sama produksi kompetitor dari negara ASEAN lain seperti Taiwan yang kini telah berkembang pesat industri manufakturnya. Selain itu, terdapat beberapa kekurangan pada komponen mesin seperti letak motor yang mempengaruhi panjang dan tipe *Belt Conveyour* yang mana berpengaruh pada keseluruhan proses perakitan mesin, lalu pemilihan material penyangga *head* yang kurang tepat dimana terdapat material lain yang mampu memberi fungsi sama dengan harga yang lebih terjangkau, serta kekurangan lainnya yang menyebabkan biaya produksi yang digunakan semakin tinggi. Dengan demikian, analisa DFMA pada mesin *Bottle Leaktester* perlu diterapkan agar produksi PT. Mokko lebih efisien dalam proses perakitan serta adanya penurunan pada biaya produksinya dengan mempertahankan fungsi dan spesifikasi sehingga mampu bersaing dengan mesin produksi luar negeri.

2. Metode Penelitian

Studi literatur bertujuan untuk mencari penelitian terkini, isu terkini dari berbagai referensi sebagai pedoman pengerjaan analisis metode DFMA pada produk terpilih. Penentuan produk dilakukan dengan melihat permasalahan pada produk lalu melakukan proses analisis DFMA untuk selanjutnya bisa dilakukan identifikasi komponen yang dapat diperbaiki.

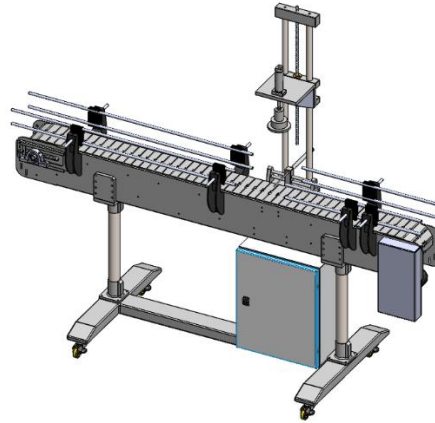


Gambar 1. Alur Penelitian

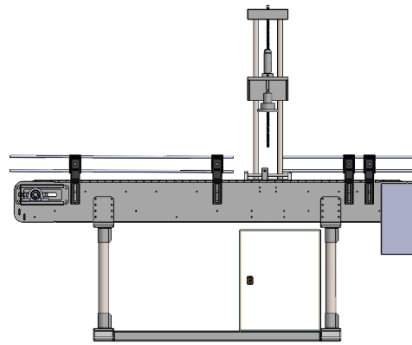
3. Hasil dan Diskusi

Berikut ini merupakan data-data yang digunakan dalam penelitian meliputi komponen penyusun mesin, dimensi serta urutan perakitan mesin *Bottle Leaktester*. Mesin *Bottle Leaktester* atau mesin pendeteksi kebocoran botol merupakan mesin yang bekerja dengan sistem pres menggunakan tekanan angin untuk mendeteksi terjadinya kebocoran pada botol plastik. Dalam industri pembuatan botol plastik mesin ini berperan penting karena terjadinya kebocoran pada botol dengan cacat yang sangat kecil akan sulit dideteksi secara kasat mata dan jika hal ini terjadi maka isi dalam botol akan terkontaminasi dengan udara yang mengakibatkan penurunan kualitas dan jika isinya adalah minuman maka akan basi sehingga tidak layak dikonsumsi.

Prosedur analisis DFMA mengharuskan untuk merekonstruksi mesin *Bottle Leaktester* yang telah dimodelkan dalam perangkat lunak CAD agar selanjutnya bisa diketahui jumlah komponen, waktu perakitan tiap komponen hingga total waktu perakitan mesin. Selain itu, analisis DFMA juga akan memberi data terkait rincian biaya manufaktur tiap komponen dan total biaya manufaktur yang nantinya dari data-data ini akan terlihat komponen mana saja yang tidak efektif baik dari segi biaya maupun waktu perakitanya. Proses analisis dan pengolahan data dilakukan menggunakan bantuan perangkat lunak DFM *Concurrent Costing 2.3*, *Design for Assembly 9.4*, dan *Solidworks*. Untuk kebutuhan pengolahan data dengan perangkat DFMA, maka proses *disassembly* produk dilakukan terlebih dulu guna mendeskripsikan data geometri komponen, informasi proses manufaktur ataupun menggunakan supplier komponen, serta urutan perakitan dari setiap komponen hingga menjadi *finished good* (Tabel 1).



Gambar 2. 3D Initial Design Mesin Bottle Leaktester (Isometric View)



Gambar 3. 3D Initial Design Mesin Bottle Leaktester (Front View)

Tabel 1. Detail Komponen Penyusun Mesin Bottle Leaktester

Sequence	Part Name	Sub-part Name	Quantity	Dimension (mm)	Material	Make /Buy	Manufacture Process
1	Kerangka Kaki	Hollow 1	1	50 x 100 x 700 ; t = 3	SS 304	Make	Cutting, Welding
		Hollow 2	2	50 x 100 x 1020 ; t = 3	SS 304	Make	Cutting, Welding
2	Penghubung Pipa		4	100 x 100 x 85	SS 304	Make	Cutting, Welding
3	Pipa		2	Ø50 x 500	SS 304	Make	Cutting
4	Conveyor Housing	Plat 1	2	194 x 100 x 16	SS 304	Make	Cutting, Welding
		Plat 2	4	194 x 100 x 16	SS 304	Make	Cutting, Welding
5	Konveyor	Plat Body Konveyor	2	2000 x 200 x 3	SS 304	Make	Cutting, Bending
		Stansioner	23	Ø12 x 156	SS 304	Make	Cutting
6	Table Top Chain	Sprocket	2	Ø127 x 53	Plastic	Buy	Subcontract
		Chain	127	152 x 40 x 4	Plastic	Buy	Subcontract
7	Bearing Housing		2	200 x 100 x 2	SS 304	Make	Cutting, Bending
8	Bearing	BLP 204	2	133 x 32 x 63	Cast Iron	Buy	Subcontract
		UCF 204	1	86 x 86 x 25	Cast Iron	Buy	Subcontract
9	Servo Motor		1	170 x 130 x 130		Buy	Subcontract
10		Bracket	6	130 x 40	Plastic	Buy	Subcontract

	<i>Conveyor Guide Rail</i>			x 30			
		Nok	6	90 x 55 x 27	<i>Plastic</i>	<i>Buy</i>	<i>Subcontract</i>
11	<i>Conveyor Rail</i>	<i>Long Rail</i>	4	Ø12 x 1190	<i>Steel</i>	<i>Buy</i>	<i>Subcontract</i>
		<i>Short Rail</i>	4	Ø12 X 500	<i>Steel</i>	<i>Buy</i>	<i>Subcontract</i>
12	Balok Bawah Pipa Penyangga		1	200 x 110 x 60	SS 304	<i>Make</i>	<i>Cutting</i>
13	Pipa Penyangga		2	Ø25 x 1000 ; t = 2	SS 304	<i>Make</i>	<i>Cutting</i>
14	Balok Tengah Pipa Penyangga		1	200 x 110 x 60	SS 304	<i>Make</i>	<i>Cutting</i>
15	Balok <i>Pneumatic Head Housing</i>		2	200 x 40 x 30	SS 304	<i>Make</i>	<i>Cutting</i>
16	<i>Pneumatic Head Housing</i>	Plat 1	1	200 x 100 x 15	SS 304	<i>Make</i>	<i>Cutting, Drilling</i>
		Plat 2	1	200 x 100 x 15	SS 304	<i>Make</i>	<i>Cutting, Drilling</i>
		Plat 3	2	165 x 100 x 10	SS 304	<i>Make</i>	<i>Cutting, Welding</i>
17	<i>Pneumatic Head</i>		1	Ø100 x 300		<i>Buy</i>	<i>Subcontract</i>
18	Balok Atas Pipa Penyangga		1	200 x 50 x 40	SS 304	<i>Make</i>	<i>Cutting</i>
19	<i>Ejector Housing</i>		1	75 x 30 x 30	SS 304	<i>Make</i>	<i>Cutting</i>
20	<i>Ejector</i>		1	Ø5 ; p = 350		<i>Buy</i>	<i>Subcontract</i>
21	<i>Lead Screw</i>		1	Ø12 x 700		<i>Buy</i>	<i>Subcontract</i>
22	<i>Lead Screw Nut</i>		1	Ø37 x 39		<i>Buy</i>	<i>Subcontract</i>
23	<i>Panel Box</i>	Box	1	500 x 400 x 210	<i>Steel</i>	<i>Buy</i>	<i>Subcontract</i>
		Monitor	1	200 x 145 x 35		<i>Buy</i>	<i>Subcontract</i>
24	Roda		4	Ø50 x 18	<i>Plastic</i>	<i>Buy</i>	<i>Subcontract</i>

Analisis komponen mesin *Bottle Leaktester* difokuskan pada komponen yang melalui proses manufaktur, bukan dari pihak ketiga (*Buy*) melainkan pada komponen yang diproses manufaktur secara mandiri (*Make*). Adapun hasil analisis DFMA dari produk terpilih dirangkum dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis DFMA Mesin *Bottle Leaktester*

<i>Analysis Totals</i>	<i>Value</i>
Jumlah Komponen	174
Total Waktu Perakitan (s)	1832,27
Total Biaya (\$)	1829,58
Total Berat (Kg)	78,99
DFA Indeks	13,5

Dengan persamaan berikut, nilai DFA *Index* bisa diperoleh :

$$E_m = \frac{N_{min} \times t_a \times 100}{t_m}$$

$$E_m = \frac{84 \times 3 \times 100}{1832,27}$$

$$E_m = 13,7$$

Dimana :

N_{min} = Jumlah minimum teoritis bagian

T_a = Waktu normal perakitan 1 komponen (3 detik)

T_m = Estimasi waktu yang dibutuhkan untuk merakit 1 produk

Setelah semua data komponen mesin *Bottle Leaktester* telah dianalisis pada perangkat lunak DFM *Concurrent Costing* 2.3 dan *Design for Assembly* 9.4, kemudian dapat diidentifikasi komponen yang dapat diperbaiki. Mesin *Bottle Leaktester* memiliki total komponen sebanyak 174 komponen dan jumlah komponen teoritis sebanyak 84 komponen. Perbandingan jumlah komponen teoritis dengan jumlah total komponen yang bernilai 1:2 menunjukkan bahwa rata-rata setiap komponen dasar terdiri dari 2 komponen penyusun. Total biaya yang diperlukan untuk membuat Mesin *Bottle Leaktester* sebesar \$1819,58. Biaya ini terdiri dari biaya tenaga kerja sebesar \$17,96 dan biaya manufaktur sebesar \$1801,09. Total waktu perakitan yang diperlukan untuk merakit Mesin *Bottle Leaktester* yaitu 1832,27 detik. Total waktu tersebut terdiri dari waktu operasi sebesar 583,71 detik, perakitan komponen *subassembly* 37,25 detik dan perakitan komponen 1211,31 detik. Berat total Mesin *Bottle Leaktester* yaitu 78,99 kg. Adapun nilai indeks kemudahan perakitan Mesin *Bottle Leaktester* sebesar 13,5. Detail komponen yang berpotensi untuk diperbaiki berdasarkan hasil analisis mesin *Bottle Leaktester* ditampilkan pada Tabel 3 sebagai berikut :

Tabel 3. Data Komponen yang Dapat Diperbaiki

Nama Komponen	Jumlah
As Silinder Penyangga	2
Plat Kerangka Konveyor	2
As Stasioner	23
Penghubung Pipa	4
Kerangka Kaki	1

Komponen yang dimuat dalam Tabel 3 memiliki ketidaksesuaian yang mengharuskan dilakukannya perbaikan. As silinder penyangga yang berfungsi menopang *assembly* komponen *pneumatic head* dan *ejector* dinilai kurang efektif. Adapun saran yang diberikan dari hasil analisis adalah untuk menggabungkan atau mengeliminasi komponen. Plat kerangka konveyor juga dinilai kurang efektif karena mengharuskan mesin *Bottle Leaktester* menggunakan banyak pengencang yang mana hal ini berkaitan dengan penggunaan komponen as stasioner yang menjadi bagian dari peletakan pengencang tersebut sehingga disarankan untuk merancang ulang agar dapat diminimalisir jumlahnya. Lalu disarankan untuk penghubung pipa agar dikombinasi atau dipertimbangkan untuk merancang ulang struktur produk sehingga komponen dapat dieliminasi atau dicari alternatif komponen lain.

4. Kesimpulan

Hasil analisis mesin *Bottle Leaktester* dengan metode *Design for Manufacturing Assembly* (DFMA) menunjukkan bahwa mesin *Bottle Leaktester* memiliki 174 komponen dengan estimasi waktu pengerjaan selama 1832,27s. Total biaya produk sebesar \$1819,58 atau Rp27.632.687,- (dengan kurs 1\$ = 15.186 IDR) dan berat total produk sebesar 78,99 Kg. DFA Index atau *assembly efficiency index* sebesar 13,5. Saran perbaikan desain yang diperoleh terdapat pada beberapa

komponen antara lain pada bagian as silinder penyangga, plat kerangka konveyor, as stasioner, penghubung pipa, dan kerangka kaki. 2. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan penambahan metode yang terkait dengan DFMA agar parameter perbaikan yang diperoleh lebih beragam dan mencakup banyak aspek perbaikan.

Daftar Pustaka

- Boothroyd Dewhurst, Inc. (n.d.). DFMA software and services. DFMA® Software and Services | Boothroyd Dewhurst, Inc. Retrieved January 10, 2023, from <https://www.dfma.com/software/dfma.asp>
- BPS (2022) Ekspor Desember 2022 mencapai US\$23,83 miliar, turun 1,10 persen dibanding November 2022 dan Impor Desember 2022 senilai US\$19,94 miliar, naik 5,16 persen dibanding November 2022 <https://www.bps.go.id/pressrelease/2023/01/16/1961/ekspor-desember-2022-dan-impor-desember-2022.html>
- DFA Boothroyd, G., Dewhurst, P., & Knight, W. (2002). Product Design for Manufacture and Assembly, USA, Marcel Dekker, Inc.
- DFM Boothroyd Dewhurst, Inc. (2016). DFA Product Simplification. Retrieved January 10, 2023, from DFMA: <http://www.dfma.com/software/dfma.htm>
- Jumandono, M., & Juniani, A. I. (2017). Analisa Pembuatan dan Perakitan Kerangka Chassis Mobil Minimalis Roda Tiga Menggunakan Metode AHP (Analytical Hierarchy Process). Proceedings Conference on Design and Manufacture Engineering and Its Application, 1509, 11–14. <http://journal.ppns.ac.id/index.php/CDMA/article/download/311/264>
- Juniani, A., Singgih, M., & Karningsih, P. (2022). Proposed Framework of Product Redesign Need Assessment based on Customer Requirement, Complaint and Failure Analysis. 12th Annual International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. <https://doi.org/https://doi.org/10.46254/AN12.20220115>.
- Juniani, A. I., Singgih, M. L., & Karningsih, P. D. (2021). Design for Manufacturing, Assembly and Reliability on Product Redesign: Literature Review and Research Direction. 2nd Asia Pacific Conference on Industrial Engineering and Operations Management, 218–231. <http://ieomsociety.org/indonesia2021/proceedings/>
- Juniani, A. I., Singgih, M. L., & Karningsih, P. D. (2022). Design for Manufacturing, Assembly, and Reliability: An Integrated Framework for Product Redesign and Innovation. Designs, 6(5). <https://doi.org/10.3390/designs6050088>
- Setiawan et al. (2017). How To Utilize Autodesk Fusion 360 That Reinforces Product Redesign Simulation? Journal of Industrial and System Optimization, Vol.6, No.1, Page 48-54, ISSN 2622-898X, <http://dx.doi.org/10.51804/jiso.v6i1.48-54>
- Zhang, L., Chu, X., & Xue, D. (2019). Identification of the to-be-improved product features based on online reviews for product redesign. International Journal of Production Research, 57(8), 2464–2479. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1521>

