



PAPER – OPEN ACCESS

Perancangan Ulang Mixer dengan Metode Design for Manufacturing and Assembly

Author : Akbar Gading Alfadli Harahap, dkk.
DOI : 10.32734/ee.v7i1.2215
Electronic ISSN : 2654-704X
Print ISSN : 2654-7031

Volume 7 Issue 1 – 2024 TALENTA Conference Series: Energy and Engineering (EE)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/).

Published under licence by TALENTA Publisher, Universitas Sumatera Utara



Perancangan Ulang Mixer dengan Metode Design for Manufacturing and Assembly

Akbar Gading Alfadli Harahap*, Mentari Oktaria Gurusinga, Rosnani Ginting

Magister Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Medan 20155, Indonesia
akbargading2003@gmail.com, mentarigurusingaa@gmail.com, rosnani@usu.ac.id

Abstrak

Desain ulang diperlukan ketika timbul masalah selama fungsi produk. *Mixer* merupakan suatu alat listrik yang digunakan untuk mengaduk adonan pada industri kuliner. Dinamo mengubah energi listrik menjadi energi mekanik untuk menggerakkan pengaduk dan roda gigi dengan kecepatan tinggi. Perancangan ulang produk *mixer* diperlukan karena getaran dari gerakan pengaduk melemahkan sambungan mur dan membuatnya lebih mudah lepas. *Design for Manufacturing and Assembly (DFMA)* digunakan untuk meminimalkan jumlah komponen penghubung. Pada desain usulan, lubang mur pada *body cover* diubah menjadi konsep *snap-fit locking* sehingga menjadi satu kesatuan dengan bagian *body cover*. Konsep *snap-fit* mengurangi waktu perakitan meningkatkan efisiensi perakitan, dan menurunkan biaya perakitan.

Kata Kunci: *Mixer*; *Design for Manufacturing and Assembly*; *Snap-fit*

Abstract

Redesign is required when issues arise during functioning of the product. Mixer is an electrical appliance used to stir dough in culinary industry. The dynamo transforms electrical energy into mechanical energy to drive the stirrer and gears at a fast pace. Redesigning the mixer product is necessary since vibrations from the stirrer's movement weaken the nut connection and make it fall off more easily. In mixer goods, Design for Manufacturing and Assembly (DFMA) is utilized to minimize the amount of connecting components. The nut hole on the body cover is changed to a snap-fit locking concept with printing features so that it becomes an integral part of the body cover part. The snap-fit concept reduces assembly time from 227.11 seconds to 209.92 seconds, increases assembly efficiency from 39.62% to 40.02%, and reduces assembly costs from IDR 758.25 to IDR 740.56.

Keywords: *Mixer*; *Design for Manufacturing and Assembly*; *Snap-fit*

1. Pendahuluan

Alat elektronik mudah ditemukan dalam kehidupan sehari-hari. Seluruh rumah tangga telah mengaplikasikan peralatan elektronik beragam jenis penggunaan dengan spesifikasi, fungsi dan beragam bentuk [1]. Kebutuhan barang elektronik menjadi esensial bagi banyak orang. Pada tahun 2020 terjadi peningkatan penjualan alat elektronik rumah tangga sebesar 80% dari tahun sebelumnya. Seiring dengan peningkatan penggunaannya, muncul berbagai masalah fungsional terkait alat elektronik sehingga permintaan untuk memperbaikinya meningkat secara signifikan setiap tahun [2]

Mixer adalah alat elektronik pada bidang kuliner yang berfungsi mengaduk adonan. Energi gerak dihasilkan melalui hasil konversi energi listrik menjadi energi gerak oleh dinamo ke roda gigi menggerakkan pengaduk. *Mixer* dirakit dengan penyambung mur. Ketika beroperasi pada kecepatan tinggi dan terus-menerus, getaran kuat dapat mengurangi kekuatan sambungan mur menjadi lemah dan produk mudah lepas dan terpisah. Berdasarkan permasalahan tersebut dilakukan proses desain ulang produk.

Pembaharuan desain produk ialah metode untuk menghadirkan produk baru setelah produk tersebut telah ada di pasar untuk jangka waktu tertentu. Tujuan dari desain ulang ini adalah untuk mengatasi masalah dalam proses manufaktur, kinerja produk, dan pengembangan atau perancangan ulang bagian produk tertentu [3]. Proses perancangan ulang dimulai dengan metode wawancara untuk mendapatkan part kritis produk [4].

Design for Manufacturing and Assembly (DFMA) adalah gabungan antara istilah, *Design for Manufacture* (DFM) berkenaan menghasilkan komponen individual produk dan *Design for Assembly* (DFA) berkenaan dengan penambahan dan penggabungan *part* agar menjadi produk jadi atau disingkat perancangan untuk memudahkan proses manufaktur *part* untuk dirakit [5]. Metode ini dapat mengurangi jumlah komponen penyambung dalam produk [6], [7], menyederhanakan metode pembuatan dan perakitan produk [8], pengurangan pemborosan, cacat, dan waktu serta penundaan secara signifikan [7], [9], [10], mengidentifikasi dan mengurangi kesalahan perakitan [11] mengurangi biaya dan meninjau kegiatan yang tidak memiliki nilai tambah [12].

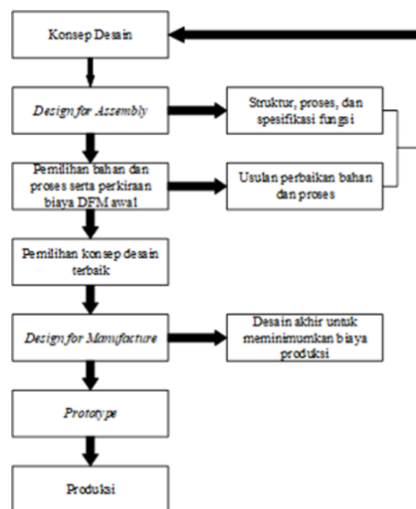
Snap-fit digunakan pada part dengan tingkat perubahan tinggi sehingga kunci snap-fit biasanya dicetak dan dibentuk sebagai bagian integral dari suatu part. Fitur kunci ini menahan satu part dengan lainnya dengan tidak memberikan tekanan bagian lain [13], mengurangi jumlah material, efisiensi biaya, perubahan dimensi, dan pengurangan waktu perancangan produk.

2. Design for Manufacturing and Assembly (DFMA)

Design for Manufacturing and Assembly (DFMA) adalah perancangan untuk memudahkan proses manufaktur *part* untuk dirakit. DFMA digunakan untuk 3 hal, yaitu sebagai dasar dalam studi rekayasa serempak untuk menjadi arahan kepada tim perancang pada simplifikasi struktur produk, menekan biaya produksi dan perakitan, sebagai bentuk benchmarking kepada produk kompetitor dan mengkuantifikasi kesulitan manufaktur dan perakitan produk, dan sebagai alat usulan untuk bernegosiasi kontrak dengan pemasok.

Hal penting dalam DFA adalah menggunakan pengukuran indeks DFA atau efisiensi perakitan dari desain usulan. Dua faktor utama dapat memengaruhi biaya perakitan, yaitu jumlah *part* dalam produk dan kemudahan pemindahan, memasukkan, dan mengencangkan part. Penerapan DFMA membutuhkan perancang untuk memberikan waktu dan tenaga spesifik sebagai informasi terintegrasi dapat berhubungan dengan alternatif dalam proses manufaktur dan perakitan, segmentasi pasar untuk produk, dan memberikan optimalisasi desain. Informasi terintegrasi ini mengindikasikan pengaplikasian DFMA dapat mengurangi aktivitas *trial and error* dalam uji coba produk, seperti produk rumah tangga dan produk dengan kebutuhan ribuan komponen.

Kompleksitas produk memengaruhi biaya manufaktur dan waktu perakitan, dimana efisiensi perakitan ditentukan oleh kombinasi kompleksitas produk, pemindahan bahan, jenis penyambung, dan waktu penyusunan. Langkah-langkah DFMA terlihat pada Gambar 1.

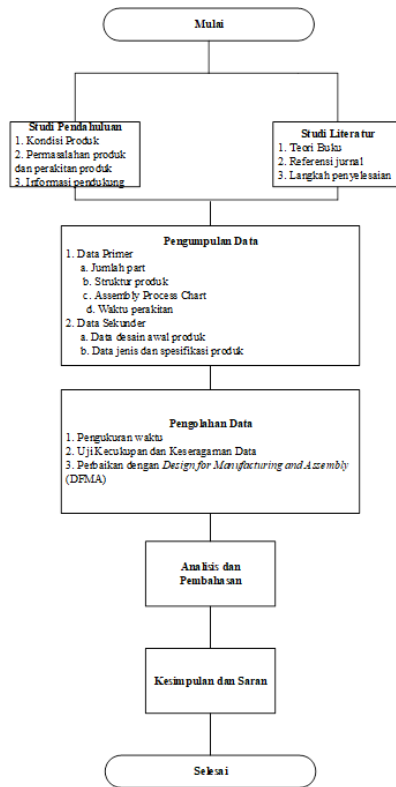


Sumber: Boothroyd. 2002. *Product Design for Manufacture and Assembly*

Gambar 1. Alur DFMA

3. Langkah-langkah Pemecahan Masalah

Tindakan-tindakan penyelesaian masalah adalah serangkaian langkah yang diambil untuk menyelesaikan masalah tertentu. Untuk memperoleh penelitian yang berkualitas, langkah-langkah penyelesaian masalah yang dijelaskan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Langkah Pemecahan Masalah

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Pengumpulan Data

Mixer ialah perangkat Listrik domestik yang dipakai untuk melakukan pengadukan dengan mengonversikan energi listrik menjadi energi gerak dalam mekanisme kerjanya. Spesifikasi produk terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Produk Mixer

Faktor	Keterangan
Tipe	Mixer tangan
Merk	Miyako HM-620
Daya	190 Watt
Harga Pasar	Rp157.000
Ukuran	21 x 10 x 18 cm
Kecepatan Putaran	Maksimal hingga level 5
Voltase	220 V

Proses perakitan produk mixer terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Proses Perakitan *Mixer*

No	Keterangan
1	Disolder kabel dengan rotor
2	Disolder resistor dengan kabel
3	Dirakit rotor dengan dinamo
4	Dirakit rotor dan dinamo dengan mesin
5	Dirakit kipas dengan mesin
6	Dirakit mesin ke dalam <i>body casing</i> dengan mur E-1
7	Dirakit <i>accelerator</i> dengan <i>gear</i>
8	Disambungkan <i>accelerator</i> dengan mesin melalui kabel
9	Dirakit <i>accelerator</i> dengan mur D-4
10	Dirakit <i>holder</i> mesin dengan mur D-2
11	Dimasukkan <i>ring</i> besar ke <i>ejector</i>
12	Dimasukkan <i>ring</i> kecil ke <i>ejector</i>
13	Dimasukkan <i>spring</i> ke dalam <i>ejector</i>
14	Disambungkan <i>ejector</i> ke dalam <i>body</i> dengan set mesin
15	Dirakit antara <i>body cover</i> dengan menggunakan mur A-1
16	Dirakit pengaduk dengan badan <i>mixer</i>

Data waktu perakitan menggunakan data waktu perakitan operator dengan kemampuan normal. Tingkat ketelitian dan keyakinan dalam penelitian didapatkan berdasarkan banyaknya jumlah pengukuran berdasarkan pengukuran pendahuluan. Hasil pengukuran data waktu perakitan terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Waktu Perakitan

Elemen Kegiatan	Pengukuran				
	1	2	3	4	5
1	52	51	51	52	52
2	12	11	12	12	11
3	9	8	9	8	9
4	9	10	9	9	10
5	10	11	11	11	11
6	12	11	12	13	12
7	7	8	7	7	7
8	10	9	8	9	9
9	13	12	11	12	12
10	15	16	16	17	16
11	10	10	11	10	11
12	8	7	8	8	9
13	9	9	8	8	9
14	4	5	5	4	5
15	20	21	21	21	20
16	8	7	8	7	8

4.2. Pengolahan Data

4.2.1. Pengolahan Data Waktu

Uji keseragaman data dilakukan untuk mengetahui keadaan data waktu perakitan di antara batas atas, batas bawah, dan tidak mengalami *out of control*. Uji kecukupan berfungsi untuk mengetahui apakah jumlah data hasil observasi sudah sesuai atau belum dengan tingkat keyakinan 95% dan ketelitian 5%. Hasil uji keseragaman dan kecukupan data waktu perakitan seragam dan cukup seperti pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Hasil Uji Keseragaman Data Perakitan *Mixer*

No	Pengukuran					Total	Average	BKA	BKB	STDDEV	Keterangan
	1	2	3	4	5						
1	52	51	51	52	52	258	51,6	52,7	50,5	0,55	Seragam
2	12	11	12	12	11	58	11,6	12,7	10,5	0,55	Seragam
3	9	8	9	8	9	43	8,6	9,7	7,5	0,55	Seragam
4	9	10	9	9	10	47	9,4	10,5	8,3	0,55	Seragam
5	10	11	11	11	11	54	10,8	11,7	9,9	0,45	Seragam

No	Pengukuran					Total	Average	BKA	BKB	STDDEV	Keterangan
	1	2	3	4	5						
6	12	11	12	13	12	60	12	13,42	10,58	0,71	Seragam
7	7	8	7	7	7	36	7,2	8,1	6,3	0,45	Seragam
8	7	8	7	7	7	36	7,2	8,1	6,3	0,45	seragam
9	13	12	11	12	12	60	12	13,42	10,58	0,71	Seragam
10	15	16	16	17	16	80	16	17,42	14,58	0,71	Seragam
11	10	10	11	10	11	52	10,4	11,5	9,3	0,55	seragam
12	8	7	8	8	9	40	8	9,42	6,58	0,71	Seragam
13	9	9	8	8	9	43	8,6	9,7	7,5	0,55	Seragam
14	4	5	5	4	5	23	4,6	5,7	3,5	0,55	seragam
15	20	21	21	21	20	103	20,6	21,7	19,5	0,55	Seragam
16	8	7	8	7	8	38	7,6	8,7	6,5	0,55	Seragam

Tabel 5. Hasil Uji Kecukupan Data Waktu Perakitan *Mixer*

Elemen Kegiatan	N*	N	Keterangan
1	2,56	5	Cukup
2	2,56	5	Cukup
3	2,56	5	Cukup
4	2,56	5	Cukup
5	1,71	5	Cukup
6	4,27	5	Cukup
7	1,71	5	Cukup
8	2,56	5	Cukup
9	4,27	5	Cukup
10	4,27	5	Cukup
11	4,27	5	Cukup
12	2,56	5	Cukup
13	4,27	5	Cukup
14	2,56	5	Cukup
15	2,56	5	Cukup
16	2,56	5	Cukup

Perhitungan waktu normal dan waktu standar diperlukan untuk mengetahui waktu hasil penelitian secara menyeluruh. Waktu normal adalah perhitungan waktu siklus yang mempertimbangkan aspek *rating factor*, sedangkan untuk waktu standar adalah perhitungan waktu normal dengan mempertimbangkan aspek *allowance* atau kelonggaran. Hasil perhitungan setiap waktu terlihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Waktu Normal dan Waktu Standar Perakitan *Mixer*

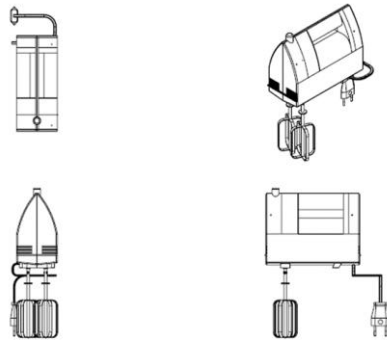
Elemen Kegiatan	Waktu Siklus	Rating Factor	Waktu Normal	Allowance	Waktu Standar
1	51,6	1,01	52,116	7,50%	56,34
2	11,6	1,01	11,716	7,50%	12,67
3	8,6	1,01	8,686	7,50%	9,39
4	9,4	1,01	9,494	7,50%	10,26
5	10,8	1,01	10,908	7,50%	11,79
6	12	1,01	12,12	7,50%	13,1
7	7,2	1,01	7,272	7,50%	7,86
8	9	1,01	9,09	7,50%	9,83
9	12	1,01	12,12	7,50%	13,1
10	16	1,01	16,16	7,50%	17,47
11	10,4	1,01	10,504	7,50%	11,36
12	8	1,01	8,08	7,50%	8,74
13	8,6	1,01	8,686	7,50%	9,39
14	4,6	1,01	4,646	7,50%	5,02
15	20,6	1,01	20,806	7,50%	22,49
16	7,6	1,01	7,676	7,50%	8,3

4.2.2. Perbaikan Desain dengan Design for Manufacture and Assembly

Perbaikan desain *mixer* berdasarkan part kritis produk, yaitu berupa perbaikan terhadap *body cover* dan *handle*. Part kritis tersebut diperbaiki dengan metode DFMA untuk mengubah bentuk, mengurangi komponen, dan meningkatkan efisiensi dalam perakitan produk.

4.2.2.1. Konsep Desain Komponen

Komponen dengan tingkat kepentingan tertinggi pada produk *mixer* adalah *body cover*, yaitu part penyusun dengan fungsi untuk menutup bagian *spare part* dan mesin pada *mixer*. Komponen ini terdiri atas 2 bagian dengan komponen penyambung berupa 2 buah mur untuk menyambungkan bagian kiri dan kanan produk. Desain komponen tertera pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain Aktual *Mixer*

4.2.2.2. Evaluasi Komponen Penyusun Produk serta Pengembangan DFMA Worksheet dari Desain Aktual

Pengaplikasian *Design for Manufacture and Assembly* (DFMA) bertujuan untuk memengaruhi biaya perakitan, pengurangan jumlah part, dan kemudahan pemindahan, memasukkan, dan mengencangkan part agar dapat mengurangi waktu perakitan [5]. Solusi perbaikan komponen penyusun terhadap produk *mixer* terlihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Solusi Perbaikan dalam Masalah Perakitan *Mixer*

No.	Nama Komponen	Solusi Perbaikan
1	<i>Body Cover</i>	<p>Komponen <i>body cover</i> mengeliminasi penggunaan mur dan diubah menjadi model <i>molding snap-fit</i> untuk menggantikan mur sebagai bentuk pengunci (Bonenberg, 2016).</p>

4.3. Hasil

Perbaikan terhadap produk *mixer* akan berpengaruh terhadap proses perakitannya. Hal ini dikarenakan adanya identifikasi terhadap pemborosan waktu dan biaya, hingga dapat diperbaiki dengan metode *Design for Manufacture and Assembly*. Proses perakitan desain usulan *mixer* terlihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Urutan Proses Perakitan Desain Usulan *Mixer*

No.	Elemen Perakitan	Waktu Perakitan
1	Disolder kabel dengan rotor	56,34
2	Disolder resistor dengan kabel	12,67
3	Dirakit rotor dengan dinamo	9,39
4	Dirakit rotor dan dinamo dengan mesin	10,26
5	Dirakit kipas dengan mesin	11,79
6	Dirakit mesin ke dalam <i>body casing</i> dengan mur E-1	13,1
7	Disambungkan <i>accelerator</i> dengan mesin melalui kabel	7,86
8	Disambungkan <i>accelerator</i> dengan mesin melalui kabel	13,1
9	Dirakit <i>accelerator</i> dengan mur D-4	17,47
10	Dirakit <i>holder</i> mesin dengan mur D-2	11,36
11	Dimasukkan <i>ring</i> besar ke <i>ejector</i>	8,74
12	Dimasukkan <i>ring</i> kecil ke <i>ejector</i>	9,39

No.	Elemen Perakitan	Waktu Perakitan
13	Dimasukkan <i>spring</i> ke dalam <i>ejector</i>	8,3
14	Disambungkan <i>ejector</i> ke dalam <i>body</i> dengan set mesin	5,02
15	Dirakit antara <i>body cover</i> dengan <i>snap-fit</i>	5,30
16	Dirakit pengaduk dengan badan <i>mixer</i>	8,3
Total		209,92

Berdasarkan urutan elemen perakitan di atas, diketahui bahwa terjadi perubahan waktu perakitan dikarenakan adanya percepatan elemen perakitan, yaitu perakitan *body cover* dengan mur. Waktu perakitan berubah menjadi 209,92 detik dengan 16 elemen kegiatan. Dalam Design for Manufacture and Assembly (DFMA), perlu dilakukan pengukuran indeks efisiensi perakitan terhadap desain usulan. Perhitungan efisiensi perakitan dari rancangan dapat dilakukan dengan:

$$EM = ((3 \times NM))/TM$$

Perhitungan efisiensi desain aktual dengan jumlah komponen (NM) sebanyak 30 unit dan total waktu perakitan (TM) sebesar 227,11 detik adalah 39.62% sedangkan efisiensi desain usulan dengan jumlah komponen (NM) sebanyak 28 unit dan total waktu perakitan (TM) sebesar 209,92 detik adalah 40.01%.

Biaya perakitan dalam merakit *mixer* tipe Miyako HM-620 diperoleh dari perkiraan gaji operator *mixer* Miyako HM-620 dengan jumlah operator sebanyak 1 orang. Perhitungan biaya perakitan elemen dapat dilakukan dengan:

$$\text{Biaya perakitan} = \text{Biaya perakitan/detik} \times \text{Waktu perakitan}$$

Biaya perakitan desain aktual *mixer* dapat dilihat pada Tabel 9 dan biaya perakitan desain usulan *mixer* terlihat pada Tabel 10.

Tabel 9. *Assembly Cost* Produk Rancangan Aktual *Mixer*

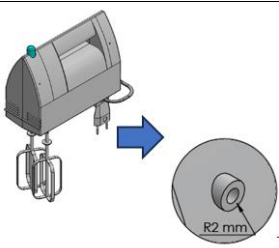
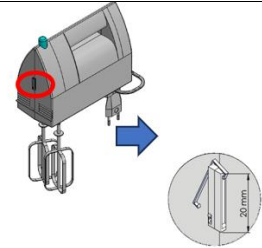
No.	Elemen Perakitan	Waktu Perakitan	Biaya Perakitan
1	Disolder kabel dengan rotor	56,34	188,1
2	Disolder resistor dengan kabel	12,67	42,3
3	Dirakit rotor dengan dinamo	9,39	31,35
4	Dirakit rotor dan dinamo dengan mesin	10,26	34,25
5	Dirakit kipas dengan mesin	11,79	39,36
6	Dirakit mesin ke dalam <i>body casing</i> dengan mur E-1	13,1	43,74
7	Disambungkan <i>accelerator</i> dengan mesin melalui kabel	7,86	26,24
8	Dirakit <i>accelerator</i> dengan mur D-4	13,1	43,74
9	Dirakit <i>holder</i> mesin dengan mur D-2	17,47	58,33
10	Dimasukkan <i>ring</i> besar ke <i>ejector</i>	11,36	37,93
11	Dimasukkan <i>ring</i> kecil ke <i>ejector</i>	8,74	29,18
12	Dimasukkan <i>spring</i> ke dalam <i>ejector</i>	9,39	31,35
13	Dirakit antara <i>body cover</i> dengan menggunakan mur A-1	22,49	75,09
14	Disambungkan <i>ejector</i> ke dalam <i>body</i> dengan set mesin	8,3	27,71
15	Dirakit antara <i>body cover</i> dengan menggunakan mur A-1	22,49	34,39
16	Dirakit pengaduk dengan badan <i>mixer</i>	8,3	27,71
Total	227,11	758,25	

Tabel 10. *Assembly Cost* Produk Rancangan Usulan *Mixer*

No.	Elemen Perakitan	Waktu Perakitan	Biaya Perakitan
1	Disolder kabel dengan rotor	56,34	188,1
2	Disolder resistor dengan kabel	12,67	42,3
3	Dirakit rotor dengan dinamo	9,39	31,35
4	Dirakit rotor dan dinamo dengan mesin	10,26	34,25
5	Dirakit kipas dengan mesin	11,79	39,36
6	Dirakit mesin ke dalam <i>body casing</i> dengan mur E-1	13,1	43,74
7	Disambungkan <i>accelerator</i> dengan mesin melalui kabel	7,86	26,24
8	Dirakit <i>accelerator</i> dengan mur D-4	13,1	43,74
9	Dirakit <i>holder</i> mesin dengan mur D-2	17,47	58,33
10	Dimasukkan <i>ring</i> besar ke <i>ejector</i>	11,36	37,93
11	Dimasukkan <i>ring</i> kecil ke <i>ejector</i>	8,74	29,18
12	Dimasukkan <i>spring</i> ke dalam <i>ejector</i>	9,39	31,35
13	Dirakit pengaduk dengan badan <i>mixer</i>	8,3	27,71
14	Disambungkan <i>ejector</i> ke dalam <i>body</i> dengan set mesin	5,02	16,76
15	Dirakit antara <i>body cover</i> dengan <i>snap-fit</i>	5,30	17,69
16	Dirakit pengaduk dengan badan <i>mixer</i>	8,3	27,71
Total	209,92	740,56	

Rancangan desain terbaik dipilih berdasarkan 3 faktor, yaitu waktu perakitan, efisiensi desain, dan biaya perakitan produk dengan membandingkan antara desain produk aktual dan desain produk usulan. Desain usulan produk mixer memiliki efisiensi perakitan desain tertinggi dan waktu perakitan dengan biaya perakitan terendah dibandingkan dengan desain aktual.

Tabel 11. Perbandingan Desain Aktual dan Desain Usulan

No.	Nama Komponen	Desain Aktual	Desain Usulan
1	Body Cover		
	Spesifikasi	<ul style="list-style-type: none"> - Panjang: 21 cm - Lebar: 10 cm - Tinggi: 18 cm - Jenis kunci: Mur - Jumlah komponen: 32 unit - Jari-jari Lubang mur: 2mm 	<ul style="list-style-type: none"> - Panjang: 21 cm - Lebar: 10 cm - Tinggi: 18 cm - Jenis kunci: Snap-Fit - Jumlah komponen: 30 unit - Panjang kunci: 20 mm

5. Kesimpulan

Desain aktual pada *mixer* memiliki kendala berupa kedalaman lubang mur dan penggunaan jumlah komponen mur sehingga diperlukan perbaikan terhadap rancangan aktual dengan mengubah konsep kunci dengan pendekatan snap-fit untuk mengurangi jumlah pengencang. Perbandingan antara desain aktual dan desain usulan dibandingkan dengan 3 parameter, yaitu waktu perakitan, efisiensi perakitan, dan biaya perakitan. Hasil perbaikan dengan desain usulan memungkinkan terjadinya penurunan waktu perakitan dari 227,11 detik menjadi 209,92 detik, peningkatan efisiensi perakitan dari 39,62% menjadi 40,02%, dan penurunan biaya perakitan dari Rp758,25 menjadi Rp740,56.

Referensi

- [1] D. T. P. Yanto and Ahyanuardi, "Pelatihan Reparasi dan Perawatan Peralatan Elektronik Rumah Tangga untuk Meningkatkan Lifeskill Masyarakat di Kenagarian Kapau Alam Pauh Duo," *JTEV (JURNAL TEKNIK ELEKTRO DANVOKASIONAL)*, vol. 5, 2019.
- [2] A. Syarif *et al.*, "SISTEM PAKAR KERUSAKAN BARANG RUMAH TANGGA (MESIN CUCI, AC & KULKAS) BERBASIS FORWARD CHAINING," *Kumpulan jurnaL Ilmu Komputer (KLIK)*, vol. 08, no. 2, 2021.
- [3] S. Smith, G. Smith, and Y. T. Shen, "Redesign for Product Innovation," *Des Stud*, vol. 33, no. 2, pp. 160–184, Mar. 2012, doi: 10.1016/j.destud.2011.08.003.
- [4] R. Ginting and M. G. Fattah, "Optimisasi Proses Manufaktur Menggunakan DFMA Pada Pt. Xyz," *Jurnal Sistem Teknik Industri (JSTI)*, vol. 21, no. 1, pp. 42–50, 2019.
- [5] G. Boothroyd, "Design For Manufacture And Assembly," *Marcel Dekker, Inc.*, 2002, doi: 10.13140/2.1.4108.9285.
- [6] A. Suwandi, M. P. Rachmawanto, W. Libyawati, and J. P. Siregar, "The Development of Exhaust Fan Housing with Ceiling Mounting for High Rise Buildings by Using DFMA," *Journal of Applied Engineering and Technological Science*, vol. 4, no. 2, pp. 895–907, May 2023.
- [7] P. Vaz-Serra, M. Wasim, and S. Egglestone, "Design for Manufacture and Assembly: A Case Study for a Prefabricated Bathroom Wet Wall Panel," *Journal of Building Engineering*, vol. 44, Dec. 2021, doi: 10.1016/j.job.2021.102849.
- [8] J. Volotinen and M. Lohtander, "The Re-design of the Ventilation Unit with DFMA Aspects: Case Study in Finnish Industry," *8th Swedish Production Symposium*, 2018.
- [9] M. Wasim, T. M. Han, H. Huang, M. Madivey, and T. D. Ngo, "An Approach For Sustainable, Cost-Effective and Optimised Material Design for the Prefabricated Non-Structural Components of Residential Buildings," *Journal of Building Engineering*, 2020.
- [10] M. Wasim, K. Wang, Z. Yuan, M. Jin, A. Abadel, and M. L. Nehdi, "An Optimized Energy Efficient Design of A Light Gauge Steel Building," *Case Studies in Construction Materials*, 2023.
- [11] D. C. Nguyen, C. H. Jeon, G. Roh, and C. su Shim, "BIM-Based Preassembly Analysis for Design for Manufacturing and Assembly of Prefabricated Bridges," *Autom Constr.*, vol. 160, Apr. 2024, doi: 10.1016/j.autcon.2024.105338.
- [12] S. Sudiro, "Optimasi Desain dan Rekayasa Lori Fast Track dengan Metode DFMA pada Kasus Perbaikan Bodi Kendaraan Roda Empat," 2021.
- [13] Bonenberger, "The First Snap-Fit Handbook," in *Hanser Publishers*, 2016.