



PAPER – OPEN ACCESS

Solusi Snap-Fit dalam Perakitan Kipas Portabel: Penerapan Metode Design for Assembly untuk Mengurangi Biaya dan Meningkatkan Kualitas Produk

Author : Victor Frans, dkk
DOI : 10.32734/ee.v8i1.2649
Electronic ISSN : 2654-704X
Print ISSN : 2654-7031

Volume 8 Issue 1 – 2025 TALENTA Conference Series: Energy & 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



Solusi *Snap-Fit* dalam Perakitan Kipas Portabel: Penerapan Metode *Design for Assembly* untuk Mengurangi Biaya dan Meningkatkan Kualitas Produk

Victor Frans^{a*}, Rosnani Ginting, Anisa Khairani, Christy Uliarta Naibaho, Tiffany Aurelia Telaumbanua

^aProgram Studi Sarjana Teknik Industri, Universitas Sumatera Utara, Jl. Dr. Mansyur No. 9, Kota Medan 20222, Indonesia
victorfrans651@gmail.com, rosnani@usu.ac.id, anisakhairani3x@gmail.com, christy.naibaho2@gmail.com, tiffannyaureliaa@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi perakitan kipas angin portabel dengan mengurangi penggunaan mur yang berlebihan dan mengganti sistem penguncian tradisional dengan mekanisme *Snap-Fit*. Penerapan mekanisme *Snap-Fit* diharapkan dapat mempercepat proses perakitan, mengurangi jumlah komponen, menurunkan biaya produksi, dan meningkatkan kualitas produk. Desain kipas angin portabel saat ini melibatkan penggunaan empat mur yang menghambat proses perakitan, membutuhkan waktu sekitar 90 detik untuk setiap unit. Dengan mengganti mur dengan mekanisme *Snap-Fit*, waktu perakitan diperkirakan berkurang sebesar 90 detik per unit, dari 455 detik menjadi 365 detik. Selain itu, jumlah komponen yang digunakan berkurang dari 25 menjadi 21. Implementasi sistem *Snap-Fit* juga mengurangi kebutuhan alat bantu tambahan, meminimalkan kesalahan dalam perakitan, dan meningkatkan efisiensi biaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan *Design for Assembly* (DFA) dengan menggunakan *Snap-Fit* tidak hanya meningkatkan efisiensi perakitan, tetapi juga mengurangi biaya produksi dan meningkatkan kualitas produk. Penerapan DFA ini memberikan dampak positif terhadap daya saing produk di pasar dan praktik manufaktur yang lebih efisien di masa depan.

Kata Kunci: Design for Assembly; Snap-Fit; Kipas Portabel; Efisiensi Produksi

Abstract

This study aims to improve the Assembly efficiency of portable fans by reducing the excessive use of bolts and replacing the traditional fastening system with a Snap-Fit mechanism. The implementation of the Snap-Fit mechanism is expected to accelerate the Assembly process, reduce the number of components, lower production costs, and enhance product quality. The current portable fan design involves the use of four bolts, which hinder the Assembly process, taking approximately 90 seconds per unit. By replacing the bolts with a Snap-Fit mechanism, the Assembly time is estimated to be reduced by 90 seconds per unit, from 455 seconds to 365 seconds. Additionally, the number of components used is reduced from 25 to 21. The Snap-Fit system also eliminates the need for additional tools, minimizes Assembly errors, and improves cost efficiency. The results show that applying Design for Assembly (DFA) with the Snap-Fit mechanism not only improves Assembly efficiency but also reduces production costs and enhances product quality. The implementation of DFA has a positive impact on product competitiveness in the market and on more efficient manufacturing practices in the future.

Keywords: Design for Assembly; Snap-Fit; Portable Fan; Production Efficiency

1. Introduction

Perkembangan teknologi yang pesat berdampak signifikan terhadap meningkatnya permintaan konsumen akan produk elektronik rumah tangga, termasuk kipas angin portabel yang menawarkan mobilitas dan kemudahan penggunaan. Kipas angin portabel, dengan desain yang ringan dan penggunaan baterai, memungkinkan konsumen memindahkan dan menggunakannya di berbagai lokasi tanpa ketergantungan pada sumber listrik [1]. Hal ini tidak hanya meningkatkan kenyamanan pengguna, tetapi juga memperkuat tren penggunaan alat-alat yang lebih ramah lingkungan dan hemat energi [2]. Fitur-fitur seperti pengendalian via aplikasi pintar semakin menambah nilai praktis dari produk ini, menjadikannya pilihan yang sangat dicari di pasar saat ini [3], [4]. Diharapkan, inovasi ini akan terus mendorong pertumbuhan dalam sektor elektronik rumah tangga yang semakin intuitif dan efisien [5], [6].

Tantangan utama dalam proses manufaktur termasuk efisiensi produksi, di mana desain produk yang rumit dapat menyebabkan penambahan waktu, biaya, dan menurunkan kualitas akhir produk. Penggunaan komponen tambahan yang tidak diperlukan pada bagian seperti penutup kipas dan kabel memperlambat proses perakitan, meningkatkan risiko kesalahan dan biaya yang tidak perlu [7]. Dengan menerapkan prinsip *Design for Assembly* (DFA), efisiensi dapat ditingkatkan dengan menyederhanakan desain produk, sehingga mengurangi jumlah komponen serta waktu dan biaya yang terkait dengan perakitan [8], [9]. Hal ini menunjukkan pentingnya penyederhanaan desain dan pemilihan komponen yang efisien dalam mencapai keberhasilan dalam industri manufaktur [10], [11].

Design for Assembly (DFA) merupakan pendekatan yang efektif untuk meningkatkan efisiensi produksi dengan menyederhanakan desain produk, yang pada gilirannya membantu mengurangi kompleksitas komponen dalam perakitan. Dengan meminimalkan jumlah bagian dan operasi perakitan yang diperlukan, DFA tidak hanya membuat proses perakitan lebih mudah dan cepat tetapi juga meningkatkan kualitas produk dengan mengurangi potensi kesalahan yang dapat terjadi selama perakitan [12], [13]. Implementasi DFA memungkinkan perusahaan untuk menganalisis dan mengatasi tantangan dalam desain dan proses perakitan pada tahap awal, sehingga memberikan kontribusi positif terhadap pengurangan biaya produksi dan waktu yang dibutuhkan untuk pemasaran produk [13], [14]. Selain itu, penggunaan metodologi DFA dalam berbagai industri telah terbukti menghasilkan penghematan biaya yang signifikan dan peningkatan efisiensi dalam jangka panjang, seperti yang terlihat dalam studi mengenai produk kendaraan dan peralatan rumah tangga [15], [16]. Dengan demikian, pengintegrasian DFA dalam proses desain menjadi sangat penting untuk mencapai produk yang lebih kompetitif, berkualitas tinggi, dan dengan biaya yang lebih rendah [17].

Penggunaan mur yang berlebihan pada komponen seperti penutup kipas dan penutup kabel menimbulkan masalah efisiensi yang signifikan, termasuk peningkatan waktu perakitan dan potensi kesalahan akibat penguncian yang tidak perlu. Keterlibatan komponen yang terlalu banyak dapat menyebabkan proses perakitan yang rumit dan mahal, sehingga meningkatkan biaya serta waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan produk. Konsep *Design for Assembly* (DFA) menunjukkan bahwa pengurangan jumlah komponen dapat memperbaiki efisiensi perakitan dan mengurangi biaya [18], [19].

Sebagai kelanjutan dari permasalahan yang dihadapi dalam proses perakitan, tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan efisiensi perakitan kipas angin portabel dengan mengurangi penggunaan mur yang berlebihan dan mengganti sistem penguncian dengan mekanisme *Snap-Fit* yang lebih efisien. Diharapkan, perubahan desain ini dapat mengurangi waktu perakitan, mengurangi jumlah komponen yang digunakan, dan menurunkan biaya produksi secara keseluruhan. Perubahan desain ini diharapkan tidak hanya mempercepat waktu perakitan, mengurangi jumlah komponen, dan menurunkan biaya produksi, tetapi juga meningkatkan kualitas produk, yang pada gilirannya dapat memperkuat daya saing di pasar. Selain itu, perbaikan desain ini berpotensi memberikan dampak positif terhadap praktik manufaktur di masa depan, dengan meningkatkan efisiensi produksi serta kualitas dan kepuasan konsumen.

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi perakitan kipas angin portabel dengan mengurangi penggunaan mur yang berlebihan dan mengganti sistem penguncian dengan mekanisme *Snap-Fit*. Diharapkan, perubahan desain ini dapat mempercepat perakitan, mengurangi jumlah komponen, menurunkan biaya produksi, serta meningkatkan kualitas produk, yang pada akhirnya memperkuat daya saing di pasar dan membawa dampak positif bagi praktik manufaktur di masa depan, termasuk peningkatan efisiensi dan kepuasan konsumen.

2. Tinjauan Pustaka

Penerapan *Design for Assembly* (DFA) adalah pendekatan yang menyederhanakan desain produk dengan mengurangi jumlah komponen, menyederhanakan langkah perakitan, dan meminimalkan potensi kesalahan, sehingga dapat meningkatkan efisiensi proses produksi [20], [21]. Penerapan DFA telah terbukti mengurangi biaya produksi dan waktu perakitan tanpa mengorbankan fungsi dan kualitas produk. Misalnya, penerapan metode DFA pada desain oven menunjukkan peningkatan efisiensi dalam hal komponen dan waktu perakitan [20] dan pada alat pencuci pakaian secara manual menunjukkan hasil yang serupa [21].

Prinsip-prinsip DFA mencakup penyederhanaan desain, integrasi fungsi dengan komponen standar, penerapan desain modular, serta optimalisasi gerakan perakitan untuk efisiensi. [22] menjelaskan pengurangan waktu dan biaya perakitan melalui teknik DFA, sementara [23] mendukung pentingnya integrasi desain dan perencanaan urutan perakitan untuk efisiensi proses.

Dalam pendekatan DFA, Bill of Materials (BOM) yang mencakup seluruh komponen produk beserta fungsinya dan *Assembly Process Chart* (APC) yang menggambarkan urutan langkah perakitan digunakan untuk mengidentifikasi komponen yang tidak esensial dan menyederhanakan proses perakitan guna meningkatkan efisiensi produksi [18], [24].

Salah satu solusi populer dalam penerapan DFA adalah penggunaan mekanisme *Snap-Fit* yang menggantikan sistem penguncian tradisional seperti mur dan mur, karena memungkinkan penyatuan komponen tanpa alat bantu tambahan sehingga dapat mempercepat proses perakitan, mengurangi waktu serta biaya produksi, dan meningkatkan kualitas produk dengan menurunkan potensi kesalahan perakitan [25], [26].

Dalam desain kipas meja portabel, penerapan DFMA dengan mengganti mur tradisional menggunakan mekanisme *Snap-Fit* terbukti menyederhanakan proses perakitan melalui pengurangan jumlah komponen, yang mengakibatkan pengurangan waktu perakitan dan biaya produksi serta peningkatan efisiensi. Penerapan DFA pada desain kipas meja portabel mengurangi jumlah komponen melalui penyederhanaan desain, meningkatkan efisiensi perakitan dengan penggunaan mekanisme *Snap-Fit* tanpa alat tambahan, dan meningkatkan kualitas produk melalui pengurangan potensi kesalahan pemasangan yang berdampak langsung pada pengurangan waktu perakitan dan biaya produksi [27], [28].

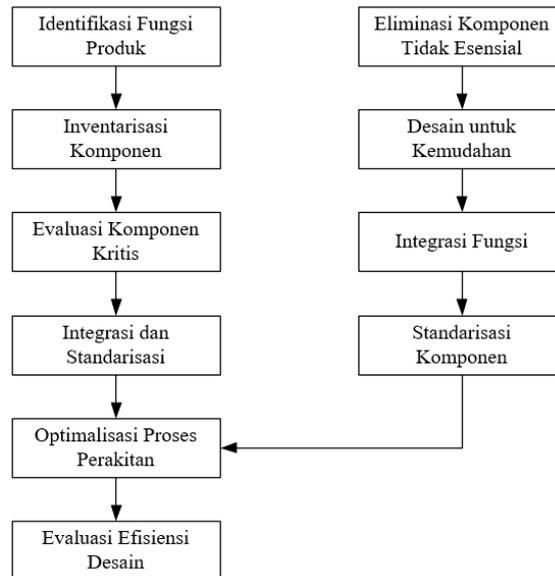
3. Metodologi Penelitian

Pendekatan *Design for Assembly* (DFA) bertujuan untuk menyederhanakan desain produk dengan mengurangi kompleksitas manufaktur dan perakitan melalui integrasi prinsip perakitan sejak tahap perancangan, sehingga menghasilkan produk yang lebih efisien dan hemat biaya [29]. Penerapan DFA diwujudkan dengan mengurangi jumlah komponen yang tidak esensial serta mengoptimalkan tata letak dan proses perakitan, yang terbukti dapat mempersingkat waktu perakitan dan menurunkan biaya produksi, seperti yang diungkap dalam penelitian tentang desain ulang tas pancung multifungsi [30].

Prinsip utama DFA adalah meminimalkan jumlah komponen dan menyederhanakan proses perakitan tanpa mengorbankan fungsi atau kualitas produk; hal ini dicapai melalui desain yang mengintegrasikan komponen secara efisien sehingga hanya komponen yang benar-benar diperlukan yang digunakan, seperti dijelaskan oleh Boothroyd [25]. Penelitian Ginting et al. menunjukkan bahwa eliminasi komponen-komponen yang tidak memberikan nilai tambah dapat mempercepat proses perakitan sekaligus mengurangi waktu dan biaya produksi tanpa mengurangi

kinerja produk [26] Selain itu, Teguh dan Ernawati menekankan pentingnya evaluasi mendalam pada tahap perancangan dan restrukturisasi komponen untuk memastikan bahwa penyederhanaan desain tidak mengurangi keandalan atau fungsi, melainkan menghasilkan produk yang lebih efisien dan mudah dirakit [31].

Berdasarkan buku Boothroyd, "*Product Design for Manufacture and Assembly*," langkah-langkah DFA dapat dilihat pada Gambar 1.[25].



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Berikut adalah prinsip-prinsip DFA menurut buku Boothroyd "*Design for Manufacture and Assembly: The Boothroyd-Dewhurst Experience*" [32].

- Eliminasi Komponen Tidak Esensial
- Desain untuk Kemudahan Penanganan
- Integrasi Fungsi
- Standarisasi Komponen
- Optimalisasi Proses Perakitan

Salah satu rumus dasar dalam DFMA untuk mengukur efisiensi perakitan adalah [33].

$$Ema = \frac{3 \times N_{min}}{T_{ma}} \times 100\% \quad (1)$$

Ema adalah *Assembly Efficiency*, N_{min} adalah Jumlah Minimum Part Teoritis, dan T_{ma} adalah Total Waktu Perakitan Aktual

Penerapan desain *Snap-Fit* dalam DFMA menggantikan fastener tradisional seperti mur dan mur dengan komponen yang mengunci tanpa alat bantu, sehingga menyederhanakan proses perakitan dengan mengurangi jumlah komponen yang diperlukan, seperti yang dijelaskan oleh Ginting et al. [26]. Mekanisme *Snap-Fit* yang memungkinkan penyatuan komponen secara langsung juga berkontribusi pada pengurangan waktu perakitan secara signifikan, sebagaimana diungkap oleh Nurohmah dan Santoso dalam studi mereka mengenai perbaikan proses perakitan [34]. Pengurangan waktu perakitan ini pada gilirannya menurunkan biaya produksi serta meningkatkan efisiensi operasional, seperti dilaporkan oleh Teguh dan Ernawati yang menunjukkan bahwa penyederhanaan sistem perakitan berdampak positif terhadap penghematan biaya dan waktu [31].

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Desain Awal

Desain saat ini dari kipas portabel menggunakan pengikat tradisional seperti mur dan mur, yang menyebabkan proses perakitan yang lebih kompleks dengan 13 operasi dalam *Asseby Process Chart* (APC) atau dapat dilihat pada Gambar 2. Waktu total produksi untuk desain ini adalah 455 detik, dengan waktu yang signifikan dihabiskan pada langkah-langkah yang memerlukan pengikat, seperti pemasangan tutup bawah dengan tubuh bawah, yang memakan waktu sekitar 90 detik. Penggunaan pengikat yang berlebihan di area yang tidak memerlukan gaya penjepit tinggi, seperti tutup bawah dan penutup kabel, mengakibatkan waktu perakitan yang lebih lama, jumlah komponen yang lebih banyak, dan meningkatnya risiko kesalahan perakitan. Kompleksitas ini juga menyebabkan biaya produksi yang lebih tinggi, karena dibutuhkan alat tambahan dan lebih banyak tenaga kerja untuk mengencangkan pengikat, yang berkontribusi pada ketidakefisienan dan biaya manufaktur yang lebih tinggi secara keseluruhan.

Gambar 2. Uraian Operasi

No Elemen	Elemen Perakitan	Waktu Perakitan
1	Disatukan Tiang 2, Tiang 1, dan Kabel Dinamo menjadi Tiang	15
2	Disatukan Penutup Tiang 2 dan Penutup Tiang 1 menjadi Penutup Tiang	20
3	Disatukan Tiang dan Penutup Tiang	15
4	Dikunci Tiang dan Penutup Tiang dengan Mur menjadi Leher <i>Body</i>	50
5	Dirangkai Bateriao, Papan PCB, dan Kabel Baterai menjadi Set Kelistrikan	40
6	Disatukan Set Kelistrikan Dengan Leher <i>Body</i>	20
7	Disatukan Dinamo dengan Casing Fan menjadi Kepala Fan	20
8	Disatukan Leher <i>Body</i> dengan Kepala Fan	20
9	Dilanjutkan dengan Disatukan dengan Cover Kabel Dinamo dan Cover Dinamo menjadi <i>Body</i> Kipas 3	15
10	Disatukan <i>Body</i> Kipas 3 dengan <i>Body</i> Bawah dan Mur menjadi <i>Body</i> Kipas 2	70
11	Disatukan <i>Body</i> Kipas 2 dengan Baling-Baling	15
12	Dilanjutkan dengan disatukan <i>Body</i> Kipas 2 dengan Penutup Bawah menjadi <i>Body</i> Kipas	25
13	Disatukan <i>Body</i> Kipas dengan Penutup Kipas dan Mur menjadi Kipas Angin	90
Total		455

4.2. Identifikasi Komponen Kritis

Pada bagian ini, komponen-komponen kritis yang berdampak signifikan pada proses perakitan diidentifikasi untuk perbaikan yang potensial. Komponen-komponen seperti Badan Bawah, Penutup Bawah, dan mur telah diidentifikasi sebagai area utama untuk perancangan ulang. Identifikasi komponen kritis dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Identifikasi Komponen Kritis

Nama Part	Part	Fungsi Komponen	Permasalahan
Badan Bawah		Sebagai Tempat duduk untuk set kelistrikan	Menggunakan 4 mur untuk menyatukan kedua part yang membutuhkan 90 detik untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut
Penutup Bawah			
Mur M2			

Badan Bawah dan Penutup Bawah, yang berfungsi sebagai dasar untuk mendukung setel listrik, saat ini dipasang menggunakan empat mur dalam desain yang ada. Proses ini memerlukan waktu sekitar 90 detik per unit untuk diselesaikan. Penggunaan mur di area ini dianggap tidak perlu, karena tutup bawah tidak memerlukan gaya penjepit yang tinggi. Hal tersebut ini meningkatkan waktu perakitan dan membuka potensi terjadinya kesalahan selama proses perakitan. Mur M2 memiliki diameter 2 mm dengan panjang 6 mm. Mur ini dilengkapi dengan kepala *hexagon*, terbuat dari bahan *stainless steel*, dengan kelas kekuatan 8.8. Ulir mur ini menggunakan ulir metrik dengan *pitch* ulir 0.4 mm.

Demikian pula, penggunaan pengikat untuk mengamankan komponen-komponen menambah kompleksitas perakitan. Untuk mengatasi hal ini, pengikat akan digantikan dengan mekanisme *Snap-Fit* yang lebih efisien, yang akan mengurangi waktu perakitan, menyederhanakan proses, dan menurunkan biaya produksi secara keseluruhan.

4.3. Implementasi *Snap-Fit*

Mekanisme *Snap-Fit* diterapkan sebagai solusi untuk mengatasi ketidakefisienan yang disebabkan oleh penggunaan pengikat yang berlebihan dalam proses perakitan kipas portabel. Salah satu area utama di mana perbaikan ini diterapkan adalah pada Penutup Bawah. Dalam desain saat ini, Penutup Bawah memerlukan penggunaan empat mur (pengikat) untuk menghubungkan bagian-bagian tersebut. Langkah ini menghabiskan waktu yang cukup besar selama perakitan, sekitar 90 detik per unit. Kebutuhan akan alat eksternal untuk mengencangkan mur juga meningkatkan kompleksitas proses dan menambah risiko kesalahan.

Untuk meningkatkan efisiensi proses perakitan, solusi yang diusulkan melibatkan penggantian empat mur dengan mekanisme *Snap-Fit*. Perubahan ini menghilangkan kebutuhan akan pengikat dan alat tambahan, memungkinkan bagian-bagian tersebut untuk dipasang dengan cepat dan mudah, sehingga mengurangi waktu perakitan. Implementasi sistem *Snap-Fit* diharapkan membawa dua manfaat utama:

- Efisiensi Waktu: Mekanisme *Snap-Fit* akan mempersingkat waktu perakitan dengan menghilangkan langkah pengencangan pengikat, yang saat ini memakan waktu yang cukup lama..
- Efisiensi Biaya: Dengan lebih sedikit komponen yang dibutuhkan (tanpa mur) dan proses perakitan yang lebih cepat, biaya produksi secara keseluruhan akan berkurang, menjadikan produk lebih efisien dalam hal biaya pembuatan.

Implementasi *Snap-Fit* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Implementasi *Snap-Fit*

Nama	Part	Desain Aktual	Desain Usulan	Keuntungan
Penutup Bawah		4 mur (<i>fasteners</i>)	Mekanisme <i>Snap-Fit</i>	Mengurangi waktu perakitan, menghilangkan kebutuhan akan alat eksternal, dan mengurangi jumlah komponen.

Efisiensi Desain Spesifikasi ukuran *Snap-Fit* untuk menggantikan fungsi mur pada perakitan kipas portabel adalah diameter luar 2 mm, tebal dinding 1-2 mm, panjang penonjolan 4-5 mm, toleransi ± 0.2 mm, tinggi alur pengunci 0.4-0.6 mm, lebar alur pengunci 1.2-1.4 mm, radius lengkung bagian fleksibel 0.3-0.5 mm, ketahanan tarik 5-10 N, dan material plastik ABS dengan ketahanan terhadap stres mekanis dan suhu lingkungan.

Pada bagian ini, dampak dari penerapan mekanisme *Snap-Fit* terhadap proses perakitan dianalisis dalam hal pengurangan waktu, pengurangan biaya, dan efisiensi secara keseluruhan.

4.3.1. Time Reduction

Pengenalan mekanisme *Snap-Fit* secara signifikan mengurangi waktu perakitan. Dalam desain saat ini, Tutup Bawah memerlukan penggunaan empat mur untuk pemasangan, yang memakan waktu sekitar 90 detik per unit. Dengan mengganti pengikat ini dengan desain *Snap-Fit*, waktu perakitan untuk komponen ini diperkirakan akan berkurang secara drastis.

Mekanisme *Snap-Fit* menghilangkan kebutuhan akan alat, seperti kunci pas atau obeng, yang biasanya diperlukan untuk mengencangkan mur. Sebagai gantinya, komponen-komponen tersebut cukup disambungkan dengan cara dicap, yang mengarah pada proses perakitan yang lebih cepat dan efisien. Sebagai contoh:

- Waktu sebelum *Snap-Fit*: 90 detik (karena kebutuhan akan mur dan alat).
- Waktu setelah *Snap-Fit*: Sekitar 15-20 detik (karena kemudahan dalam menyambungkan komponen tanpa alat tambahan).

Penghematan waktu ini sangat penting dalam mengurangi siklus produksi secara keseluruhan, yang dapat langsung berhubungan dengan peningkatan produktivitas di jalur manufaktur.

4.3.2. Pengurangan Biaya

Penerapan *Snap-Fit* tidak hanya mengurangi waktu perakitan tetapi juga menghasilkan penghematan biaya yang substansial. Dalam desain saat ini, setiap produk memerlukan empat mur dan bahan terkait, serta tenaga kerja untuk perakitan. Biaya pengikat ini, ditambah dengan alat tambahan dan tenaga kerja yang diperlukan untuk merakitnya, berkontribusi pada biaya produksi yang lebih tinggi.

Dengan menghilangkan kebutuhan akan pengikat dan alat, biaya material dapat dikurangi secara signifikan. Selain itu, biaya tenaga kerja juga berkurang karena waktu yang dibutuhkan untuk merakit setiap unit menjadi lebih sedikit.

Sebagai contoh:

- Desain Saat Ini: Waktu perakitan total untuk setiap unit adalah 455 detik, yang mengarah pada biaya tenaga kerja yang lebih tinggi. Biaya 4 mur per unit menambah biaya material.
- Desain yang Dimodifikasi: Dengan sistem *Snap-Fit*, waktu per unit berkurang menjadi 365 detik, dan kebutuhan akan pengikat dan alat dihilangkan, yang menghasilkan pengurangan biaya langsung.

4.3.3. Efficiency Analysis

Efisiensi keseluruhan dari proses perakitan dianalisis dengan membandingkan Rasio Efisiensi Perakitan (*Ema*) antara desain saat ini dan desain *Snap-Fit*. Rasio Efisiensi Perakitan (*Ema*) dihitung dengan menggunakan persamaan (1) yang mempertimbangkan total waktu perakitan dan jumlah komponen yang terlibat dalam proses.

- Efisiensi Desain Saat Ini: (a) Jumlah Komponen adalah 25 bagian, (b) Waktu Perakitan Total adalah 455 detik, (c) Rasio Efisiensi Perakitan (*Ema*) sekitar 16,4%.
- Efisiensi Desain yang Dimodifikasi: (a) Jumlah Komponen adalah 21 bagian (karena pengurangan jumlah pengikat), (b) Waktu Perakitan Total adalah 365 detik, (c) Rasio Efisiensi Perakitan (*Ema*) sekitar 17,2%.

Rasio Efisiensi Perakitan pada desain yang dimodifikasi lebih tinggi, yang menunjukkan bahwa proses perakitan lebih efisien setelah penerapan *Snap-Fit*. Ini berarti bahwa desain yang dimodifikasi memungkinkan lebih banyak bagian untuk dirakit dalam waktu yang lebih singkat, menghasilkan throughput produksi yang lebih baik.

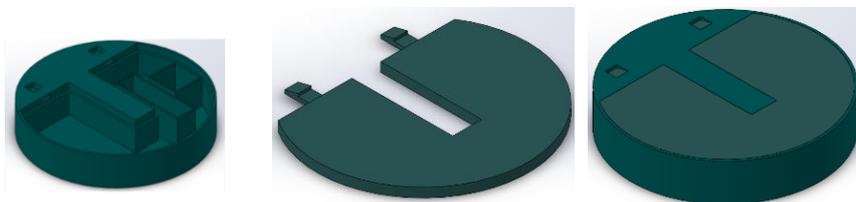
4.4. Desain Akhir DFA

Penilaian akhir DFA mengevaluasi dampak dari desain ulang terhadap efisiensi perakitan. Penerapan mekanisme *Snap-Fit* pada Tubuh Bawah dan Tutup Bawah menggantikan pengikat tradisional, mengurangi jumlah komponen, dan menyederhanakan proses perakitan. Perbandingan antara desain awal dan desain yang dimodifikasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan desain aktual dengan desain usulan

Part	Desain Aktual	Desain Usulan	Catatan
<i>Body</i> Bawah	Menggunakan mur untuk penguncian	Lubang <i>Snap-Fit</i> untuk perakitan yang lebih mudah	Menghilangkan pengikatm mengurangi waktu perakitan.
Penutup Bawah		Kunci <i>Snap-Fit</i> untuk pengaman	Perakitan lebih cepat tanpa komponen tambahan.

Pada desain yang dimodifikasi, lubang *Snap-Fit* dan pengunci *Snap-Fit* menyederhanakan perakitan, memungkinkan komponen-komponen untuk dengan cepat dipasang tanpa alat. Hal ini mengurangi waktu perakitan, meminimalkan kesalahan, dan menurunkan biaya produksi, yang menghasilkan proses manufaktur yang lebih efisien dan hemat biaya. Desain perakitan akhir dapat dilihat pada Gambar 3.



(a)

(b)

(c)

Gambar 3. (a) Badan Bawah (b) Penutup Bawah (c) *Assembly* Badan Bawah dan Penutup Bawah

5. Kesimpulan

Penerapan metode *Design for Assembly* (DFA) pada desain kipas portabel menghasilkan peningkatan efisiensi yang signifikan dalam proses produksi. Dengan menggantikan sistem pengikat tradisional seperti mur dengan mekanisme *Snap-Fit*, perakitan menjadi lebih sederhana dan lebih cepat. *Snap-Fit* menghilangkan kebutuhan akan alat bantu tambahan seperti obeng atau kunci pas, yang umumnya digunakan untuk mengencangkan mur. Hasilnya, waktu perakitan berkurang sebanyak 90 detik per unit produk, mengurangi total waktu perakitan dari 455 detik menjadi 365 detik. Proses perakitan yang lebih cepat ini juga mengurangi potensi kesalahan yang sering terjadi akibat penggunaan alat bantu.

Dengan mengganti mur dengan *Snap-Fit*, jumlah komponen dalam perakitan berkurang, menyederhanakan desain produk dan meningkatkan efisiensi waktu perakitan, yang turun signifikan dari 455 detik menjadi 365 detik. Proses perakitan menjadi lebih efisien karena tidak memerlukan alat bantu untuk mengencangkan mur, mengurangi risiko kesalahan dalam pemasangan. Selain itu, pengurangan komponen dan waktu perakitan menghasilkan penghematan biaya produksi. Dalam perubahan *Assembly Process Chart* (APC), jumlah elemen berkurang dari 13 menjadi 12, mencerminkan proses perakitan yang lebih efisien. Desain yang lebih sederhana dan penggunaan *Snap-Fit* juga meningkatkan kualitas produk dengan mengurangi potensi cacat perakitan. Dengan pengurangan biaya dan waktu perakitan yang lebih cepat, daya saing produk di pasar meningkat.

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan mekanisme *Snap-Fit* pada desain kipas angin portabel berhasil meningkatkan efisiensi perakitan. Dengan mengganti penggunaan 4 mur dengan mekanisme *Snap-Fit*, waktu perakitan per unit berkurang sebesar 90 detik, dari 455 detik menjadi 365 detik. Selain itu, jumlah komponen yang digunakan berkurang dari 25 menjadi 21. Perubahan desain ini juga meningkatkan efisiensi produksi dan kualitas produk, yang pada gilirannya memperkuat daya saing produk di pasar dan memberikan dampak positif pada praktik manufaktur.

Referensi

- [1] Y. Jayusman, L. Apriyanti, and R. Saporuly, "Prototype Smarthome Berbasis Internet of Things (Iot)," *Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, vol. 12, no. 1, pp. 37–45, 2024, doi: 10.58761/juristikstmikbandung.v12i1.3745.
- [2] F. Masykur and F. Prasetyowati, "Aplikasi Rumah Pintar (Smart Home) Pengendali Peralatan Elektronik Rumah Tangga Berbasis Web," *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, vol. 3, no. 1, p. 51, 2016, doi: 10.25126/jtiik.201631156.
- [3] M. N. Hafidz and I. Sulistiyowati, "Rancang Bangun Multivoltage Input Output Pada Inverter Skala Kecil (Studi Kasus: Panel Surya Dan Baterai VRLA)," *Innovative Technologica Methodical Research Journal*, vol. 2, no. 4, 2024, doi: 10.47134/innovative.v2i4.94.
- [4] B. Basri, A. Qashlim, and S. Suryadi, "Relay Kontrol Menggunakan Google Firebase Dan Node MCU Pada Sistem Smart Home," *Technomedia Journal*, vol. 6, no. 1 Agustus, pp. 15–29, 2021, doi: 10.33050/tmj.v6i1.1432.
- [5] A. D. Santoso and M. A. Salim, "Penghematan Listrik Rumah Tangga Dalam Menunjang Kestabilan Energi Nasional Dan Kelestarian Lingkungan," *Jurnal Teknologi Lingkungan*, vol. 20, no. 2, p. 263, 2019, doi: 10.29122/jtl.v20i2.3242.
- [6] S. A. Zuhria and S. Azmi, "Strategi Peningkatan Produktivitas Dari Penggunaan Listrik Dengan Analisis Jejak Karbon Pada Produksi Tepung Karagenan," *Jurnal Optimalisasi*, vol. 9, no. 1, p. 01, 2023, doi: 10.35308/jopt.v9i1.5761.
- [7] K. Annamalai, C. D. Naiju, S. Karthik, and M. M. Prashanth, "Early Cost Estimate of Product During Design Stage Using Design for Manufacturing and Assembly (DFMA) Principles," *Adv Mat Res*, vol. 622–623, pp. 540–544, 2012, doi: 10.4028/www.scientific.net/amr.622-623.540.

- [8] R. Shah, H. Park, and G. B. Lee, "Design for Assembly: An Approach to Increase Design Efficiency of Electronics Home Appliance," pp. 0877–0882, 2016, doi: 10.2507/26th.daaam.proceedings.122.
- [9] Y. Liu *et al.*, "Study on Complexity of Precast Concrete Components and Its Influence on Production Efficiency," *Advances in Civil Engineering*, vol. 2022, no. 1, 2022, doi: 10.1155/2022/9926547.
- [10] T. S. Singhal *et al.*, "Eco-Design of Products and Processes: A Review on Principles and Tools for Sustainable Manufacturing," *E3s Web of Conferences*, vol. 505, p. 01033, 2024, doi: 10.1051/e3sconf/202450501033.
- [11] L. F. Hourani, "Optimizing Customer Satisfaction by Using Kano's Model for Eco-Efficiency and Green Design," *Journal of Investment and Management*, vol. 4, no. 5, p. 285, 2015, doi: 10.11648/j.jim.20150405.30.
- [12] Y. Torres, S. Nadeau, and K. Landau, "Applying AcciMap and STAMP to the Analysis of Human Error in Complex Manual Assembly," *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, vol. 32, no. 6, pp. 462–481, 2022, doi: 10.1002/hfm.20964.
- [13] Moh. M. H. Alim and M. Rusindiyanto, "Product Development of Motorcycles Emergency Wheels Equipment Using the Design for Assembly (Dfa) Method," *Journal of Industrial Engineering Management*, vol. 8, no. 1, pp. 15–21, 2023, doi: 10.33536/jiem.v8i1.1407.
- [14] N. N. Johnson and S. Sanket, "Design for Assembly (DFA) of Hand Trolley," *ECS Trans*, vol. 107, no. 1, pp. 17093–17104, 2022, doi: 10.1149/10701.17093ecst.
- [15] J. G. de Azevedo, A. C. A. Filho, and L. E. V. L. da Costa, "Fins Module Conception of the Microsatellite Launch Vehicle Based on Design for Manufacture and Assembly Method," *Journal of Aerospace Technology and Management*, vol. 7, no. 1, pp. 93–100, 2015, doi: 10.5028/jatm.v7i1.435.
- [16] R. Ginting and R. Silalahi, "Redesign of Iron for Assembly Cost and Time Reduction Using DFA," *Journal of Achievements of Materials and Manufacturing Engineering*, vol. 117, no. 1, pp. 15–24, 2023, doi: 10.5604/01.3001.0053.5954.
- [17] J. D. Booker, "Team-Based Design Method Teaching Using Product Dissection and Design Metrics," *International Journal of Mechanical Engineering Education*, vol. 39, no. 2, pp. 114–129, 2011, doi: 10.7227/ijmee.39.2.3.
- [18] Y. Zhai, Y. Sun, Y. Li, and S. Tang, "Design for Assembly (DFA) Evaluation Method for Prefabricated Buildings," *Buildings*, vol. 13, no. 11, p. 2692, 2023, doi: 10.3390/buildings13112692.
- [19] T. Wu and P. O'Grady, "A Concurrent Engineering Approach to Design for Assembly," *Concurrent Engineering*, vol. 7, no. 3, pp. 231–243, 1999, doi: 10.1177/1063293x9900700305.
- [20] M. M. Firmansyah and R. B. Jakaria, "Implementasi Design for Assembly (DFA) Pada Desain Produk Oven," *Jurnal Pasti (Penelitian Dan Aplikasi Sistem Dan Teknik Industri)*, vol. 17, no. 2, p. 271, 2023, doi: 10.22441/pasti.2023.v17i2.012.
- [21] E. L. Nainggolan, A. Suryadi, and T. Tranggono, "Pengembangan Produk Alat Pencuci Pakaian Secara Manual Dengan Metode Design for Assembly (Dfa)," *Juminten*, vol. 1, no. 5, pp. 156–167, 2020, doi: 10.33005/juminten.v1i5.169.
- [22] S. A. Jaiswal and G. S. Darius, "An Over-View of the Applications of Dfa (Design for Assembly) Techniques on Automobile Components for Reducing Assembly Time and Cost," *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 1123, no. 1, p. 012003, 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1123/1/012003.
- [23] M. Toi, K. Sawai, M. Kobayashi, Y. NOMAGUCHI, and K. FUJITA, "Integrative Design of Product Architecture and Assembly Process Plan," 2019, doi: 10.1115/detc2019-97338.
- [24] A. F. B. Sulo, A. F. V. Bataralipu, and A. Ansori, "Efficient Development of Applied Technology Innovation Through Design for Manufacture and Assembly," *International Journal of Science Technology & Management*, vol. 4, no. 1, pp. 23–29, 2023, doi: 10.46729/ijstm.v4i1.743.
- [25] G. Boothroyd, "Product Design for Manufacture and Assembly," *Computer-Aided Design*, vol. 26, no. 7, pp. 505–520, 1994, doi: 10.1016/0010-4485(94)90082-5.
- [26] R. Ginting, I. Siregar, and A. B. Nasution, "Rancangan Perbaikan Produk Saklar Dengan Integrasi Metode QFD Dan Dfma Di Pt XXX," *J Ti Undip Jurnal Teknik Industri*, vol. 8, no. 3, 2013, doi: 10.12777/jati.8.3.203-208.

- [27] K. Jorabchi and K. Suresh, "Nonlinear Algebraic Reduction for *Snap-Fit* Simulation," *Journal of Mechanical Design*, vol. 131, no. 6, 2009, doi: 10.1115/1.3116342.
- [28] H. Taguchi, Y. Kunimatsu, and H. Narahara, "Effect of FDM Processing Conditions on *Snap-Fit* Characteristic in *Assembly*," *International Journal of Automation Technology*, vol. 17, no. 4, pp. 326–334, 2023, doi: 10.20965/ijat.2023.p0326.
- [29] Moh. W. Rohmatuka, A. I. Juniani, P. D. Karningsih, and R. Indrawan, "Design Efficiency and Early Cost Estimation of Dual-Function Waste Chopper Machine Through Dfma Approach," *Jiso Journal of Industrial and Systems Optimization*, vol. 7, no. 2, pp. 54–61, 2024, doi: 10.51804/jiso.v7i2.54-61.
- [30] R. Hardianto and R. B. Jakaria, "Redesign Tas Pancing Multifungsi Dengan Metode *Design for Assembly* (Dfa)," vol. 1, no. 2, pp. 109–123, 2024, doi: 10.61796/ijecep.v1i2.19.
- [31] N. T. Teguh and D. Ernawati, "Redesign Penyemprot Desinfektan Dengan Metode *Design for Assembly*," *Juminten*, vol. 2, no. 2, pp. 25–35, 2021, doi: 10.33005/juminten.v2i2.236.
- [32] G. Boothroyd, "Design for Manufacture and *Assembly*: The Boothroyd-Dewhurst Experience," pp. 19–40, 1996, doi: 10.1007/978-94-011-3985-4_2.
- [33] Moh. W. Rohmatuka, A. I. Juniani, P. D. Karningsih, and R. Indrawan, "Design Efficiency and Early Cost Estimation of Dual-Function Waste Chopper Machine Through Dfma Approach," *Jiso Journal of Industrial and Systems Optimization*, vol. 7, no. 2, pp. 54–61, 2024, doi: 10.51804/jiso.v7i2.54-61.
- [34] S. Nurohmah and D. T. Santoso, "Analisis Gigi Perontok Pada Mesin Power Thresher Dengan Metode DFMA," *Jurnal Mettek*, vol. 7, no. 2, p. 100, 2021, doi: 10.24843/mettek.2021.v07.i02.p06.