

Design Development of a Briquette Feeding System using the DFMA Method

[Pengembangan Desain Feeding Briket dengan Metode DFMA]

Ahmad Nuril Fahmi¹⁾, Mulyadi²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: mulyadi@umsida.ac.id

Abstract. . *Briquettes can be used as an alternative energy source because they can be produced from industrial waste materials. Therefore, a briquette feeding machine design was developed. In general, a feeding machine is an automated device used to regulate, distribute, and supply materials to the next stage of the production process. In this study, only a specific component of the feeding machine, namely the guiding part, was analyzed using the Design for Manufacturing and Assembly (DFMA) method. DFMA is a combination of the Design for Manufacturing (DFM) and Design for Assembly (DFA) methods. From the DFM perspective, the analysis was conducted using SolidWorks. The evaluation results indicate that Concept Design 1 has a higher number of components and is more difficult to manufacture compared to Concept Design 2. From the DFA aspect, the analysis focused on ease of assembly, number of components, assembly direction, and joining methods between parts. The results show that Concept Design 1 has a relatively large number of components with more varied assembly orientations compared to Concept Design 2. The cost analysis results show that Concept Design 1 requires $2.63 \times 26,700$ IDR, resulting in a total cost of 70,221 IDR, while Concept Design 2 requires $1.28 \times 26,700$ IDR, resulting in a total cost of 34,176 IDR. Based on the combined DFMA analysis, it can be concluded that Concept Design 2 is the most efficient design. This design is considered the most effective and efficient in improving product competitiveness, optimizing resource utilization, and supporting an efficient, economical, and sustainable manufacturing system.*

Keywords - *briquettes, Feeding machine, Efficiency.*

Abstrak. Briket dapat digunakan sebagai pengganti energi alternatif karena bisa dibuat dari bahan limbah industri. Untuk itu dikembangkan sebuah desain mesin feeding briket, Secara umum, mesin feeding adalah perangkat otomatis yang digunakan untuk mengatur, menyalurkan, dan memasok bahan ke tahap proses berikutnya di lini produksi dari feeding itu diteliti bagian tertentu yakni bagian pengarahnya saja dengan menggunakan metode DFMA. DFMA Adalah gabungan dari metode DFM dan DFA. Dari sisi (DFM) analisa menggunakan solid work dari Hasil evaluasi menunjukkan bahwa desain konsep 1 memiliki komponen yang lebih banyak, serta manufacture yang lebih sulit dibandingkan dengan desain konsep 2,. Dari aspek (DFA), analisa difokuskan pada kemudahan perakitan, jumlah komponen, arah perakitan, serta metode penyambungan antar bagian. Hasil analisa menunjukkan bahwa desain konsep 1 memiliki jumlah komponen yang relatif banyak dengan orientasi pemasangan yang beragam dibandingkan dengan desain konsep 2, dengan hasil Jadi untuk desain konsep 1 = $2,63 \times 26.700 = 70.221$ Rp dan desain konsep 2 = $1,28 \times 26,700 = 34,176$ Rp dari hasil penggabungan metode tersebut disimpulkan bahwa desain konsep 2 dilihat sebagai desain paling efisien jika dianalisa menggunakan metode DFMA. Desain tersebut dinilai paling efektif dan efisien dalam meningkatkan daya saing produk, mengoptimalkan sumber daya, serta mendukung sistem manufaktur yang efisien, ekonomis, dan berkelanjutan.

Kata Kunci – *Briket, Mesin Feeding, Efisiensi.*

I. PENDAHULUAN

Di era globalisasi Dimana teknologi memiliki peran penting dalam kehidupan sehari-hari baik dalam bidang industri Kesehatan, ekonomi, dan energi[1]. Teknologi juga menjadi salah satu penggerak utama perekonomian suatu negara. Tidak hanya menciptakan lapangan kerja, tetapi juga berkontribusi terhadap pertumbuhan ekonomi[2]. Disektor energi optimalisasi dan efisiensi menjadi fokus utama seiring naiknya harga energi di pasar global, kecenderungan ini membuat banyak orang mulai mencari energi alternatif untuk memenuhi kebutuhannya Briket dapat digunakan sebagai pengganti energi alternatif karena bisa dibuat dari bahan limbah industri seperti sisa industri mebel, batok kelapa, sekam padi atau limbah biomasa lainnya[3].

Karena kelebihan tersebut permintaan briket dipasar internasional terus meningkat, negara-negara di Timur Tengah, Eropa, Amerika, dan Asia timur merupakan pasar utama produk briket, di Indonesia bahan baku briket tersedia dalam jumlah besar dapat dijadikan sumber pendapatan dengan prospek bisnis yang menjanjikan. Namun perlu diketahui Indonesia bukan pemasok satu-satunya produk briket, masih ada negara seperti Thailand yang menjadi

Kompetitor bisnis briket di pasar internasional, Untuk itu diperlukan efisiensi, efektifitas, serta kualitas produk agar briket Indonesia tidak kalah saing di pasar internasional, Dengan potensi ekonomi yang ada, perlu pengembangan dan aplikasi teknologi dalam proses produksi briket agar dapat bersaing, teknologi yang dapat digunakan berupa pembaruan mesin yang lebih efektif dan efisien. Untuk itu dikembangkan sebuah desain mesin briket yang dirancang menggunakan metode *Design for Manufacture and Assembly* (DFMA). DFMA merupakan metode yang menggabungkan antara *Design for Manufacture* dan *Design for Assembly* (DFA) yang sangat relevan dalam pengembangan mesin pemrosesan briket karena memungkinkan perancang untuk mengevaluasi dan menyederhanakan desain[4].

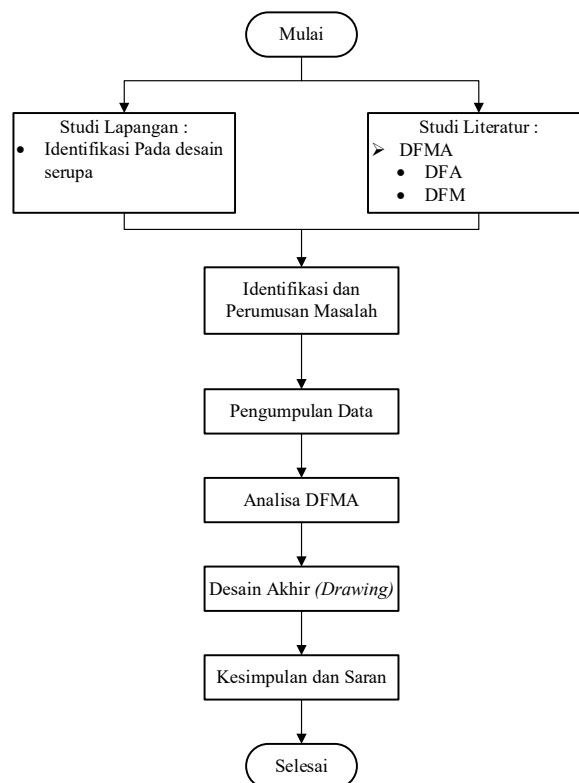
Untuk mempermudah penelitian bagian yang akan diteliti dari mesin feeding briket tersebut adalah bagian pengarah atau pembagi pada conveyornya saja. Dengan demikian penerapan metode ini, diharapkan mesin pemrosesan briket yang dihasilkan memiliki kinerja tinggi, biaya produksi rendah, dan mampu memenuhi kebutuhan industri secara optimal.

II. METODE

A. Diagram Alir Penelitian

Dalam penelitian menggunakan metode DFMA Diagram alir penelitian berfungsi menggambarkan tahapan analisis sejak pengumpulan data, evaluasi desain, hingga rekomendasi perbaikan[5]. Diagram alir penelitian ini penting karena membantu penulis dan pembaca dalam memahami urutan penelitian, menghindari kesalahan dalam tahapan penulisan, serta mempermudah pembaca dalam memahami hasil penelitian secara menyeluruh. Secara umum, Diagram alir penelitian DFMA tersusun atas beberapa blok proses utama[6]. Tahap pertama adalah Studi literatur atau Studi Kepustakaan merupakan proses sistematis untuk mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan penelitian melalui karya tulis, jurnal, buku maupun yang bersumber dari internet atau sumber-sumber tertulis lainnya[7].

Tujuan akhirnya adalah membandingkan antara desain lama dan desain baru untuk mendapatkan desain paling efektif dan efisien. Berikut merupakan **Gambar 1.** yang menampilkan Diagram alir penelitian pada proses penelitian kali ini :



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

B. Studi Literatur

Studi literatur atau Studi Kepustakaan merupakan proses sistematis untuk mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan penelitian melalui karya tulis, jurnal, buku maupun yang bersumber dari internet atau sumber-sumber tertulis

lainya. Studi Metode ini penting untuk menemukan kebaruan (*novelty*) penelitian, menghindari plagiarisme, dan menjadi dasar teoritis bagi penelitian[8].

C. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Identifikasi dan Perumusan Masalah dilakukan setelah mempelajari studi lapangan dan studi literatur. Studi langkah dilakukan untuk mengetahui dan mempelajari literatur yang menjadi landasan penelitian seperti DFMA, Pada studi lapangan dilakukan identifikasi pada desain mesin feeder yang serupa karena mesin yang akan dibuat benar-benar baru, kemudian mengolah dan merumuskan masalah yang terjadi serta menentukan tujuan dilakukannya penelitian, serta pembuatan ruang lingkup penelitian sehingga penelitian menjadi lebih fokus dan tepat sasaran.

D. Pengumpulan data

Pengumpulan data yang didapat dari identifikasi masalah akan menjadi acuan dalam membuat konsep desain, kemudian dibuat beberapa sistem dan konsep desain awal produk dan membandingkan desain tersebut menggunakan metode DFMA[9]. Pada tahap ini, penulis dapat mengevaluasi kinerja desain dan mengidentifikasi potensi masalah yang dapat terjadi selama proses perakitan. Dalam DFMA, pengumpulan data bertujuan untuk memperoleh informasi teknis maupun non-teknis yang berhubungan dengan desain produk, proses manufaktur, dan proses perakitan[10]. Data tersebut diperlukan untuk mengevaluasi performa desain, menentukan langkah efisiensi perakitan, mengidentifikasi potensi pengurangan biaya, serta mengoptimalkan struktur produk secara keseluruhan.

Tahapan pengumpulan data biasanya dimulai dengan identifikasi dan perumusan masalah berdasarkan tujuan penelitian atau pengembangan produk[11]. Pada tahap ini, penulis menentukan jenis data apa saja yang diperlukan, seperti data geometri komponen, jumlah part, jenis material, urutan perakitan, waktu penanganan, waktu pemasangan, serta informasi mengenai kendala manufaktur[12]. Pengumpulan data ini sangat penting untuk melihat apakah desain memenuhi prinsip-prinsip DFMA, yaitu kesederhanaan, efisiensi, kemudahan perakitan, dan ekonomi pada proses produksi.

E. Analisa DFMA

Analisa DFMA (Design for Manufacturing and Assembly) merupakan pendekatan sistematis dalam perancangan produk yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi proses manufaktur dan perakitan sejak tahap awal desain. DFMA merupakan gabungan dari dua metode utama, yaitu Design for Manufacturing (DFM) dan Design for Assembly (DFA)[13]. Metode ini digunakan untuk mengevaluasi dan menyempurnakan desain agar produk dapat diproduksi dengan biaya rendah, waktu singkat, serta kualitas yang optimal tanpa mengurangi fungsi utama produk.

Design for Manufacturing (DFM) berfokus pada kemudahan proses pembuatan komponen. Analisa DFM mencakup pemilihan material, proses manufaktur yang sesuai, toleransi dimensi, serta bentuk geometri komponen. Dalam analisa DFM, desain yang kompleks dan membutuhkan banyak proses tambahan seperti machining berulang, pengelasan berlebihan, atau perlakuan khusus akan diidentifikasi untuk kemudian disederhanakan. Tujuannya adalah mengurangi biaya produksi, meminimalkan limbah material, dan meningkatkan konsistensi kualitas produk. Dengan penerapan DFM, komponen dirancang agar mudah diproduksi menggunakan proses manufaktur yang umum dan tersedia, sehingga risiko kegagalan produksi dapat ditekan.

F. Desain Akhir

Tahapan desain akhir merupakan fase penutup dalam proses perancangan yang bertujuan untuk menghasilkan desain yang akan digunakan dalam produksi mesin feeding briket. Pada tahap ini, seluruh konsep, referensi, serta alternatif desain yang telah dikembangkan sebelumnya dievaluasi dan disempurnakan hingga mendapatkan desain yang efektif dan efisien. Proses desain akhir diawali dengan pemilihan alternatif desain terbaik berdasarkan kriteria fungsi, kemudahan produksi, keamanan, dan efisiensi biaya. Pemilihan ini dilakukan melalui evaluasi terhadap beberapa alternatif desain yang telah dibuat pada tahap sebelumnya.

Tahap evaluasi meliputi jumlah komponen, analisis DFM, analisis DFA serta perhitungan biaya. Hasil analisis ini menjadi dasar untuk memastikan bahwa desain mampu berfungsi dengan baik dan aman saat digunakan.

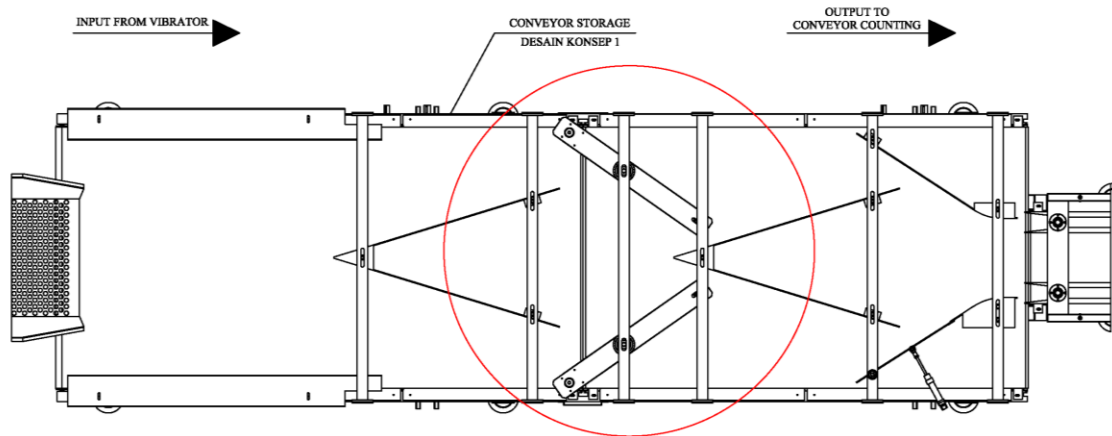
Tahap selanjutnya adalah penentuan material dan spesifikasi teknis. Pada tahap ini ditetapkan jenis material, ukuran, ketebalan, metode penyambungan, serta standar yang digunakan, seperti SNI atau ISO. Penentuan spesifikasi ini bertujuan agar desain dapat diproduksi secara konsisten dan memenuhi standar mutu yang ditetapkan. Setelah spesifikasi ditentukan, dilakukan pembuatan gambar kerja (final drawing) yang mencakup gambar tampak, gambar potongan, gambar detail, serta gambar perakitan jika diperlukan. Gambar kerja ini berfungsi sebagai pedoman utama dalam proses produksi atau pelaksanaan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Refrensi Desain

Referensi desain merupakan elemen penting dalam proses perancangan suatu produk, atau sistem. Referensi desain berfungsi sebagai sumber acuan yang membantu desainer dalam arah perancangan agar hasil desain sesuai dengan tujuan awal desain tersebut dikembangkan. Tanpa adanya referensi yang jelas, proses desain berpotensi menghasilkan produk yang tidak efektif dan sulit diproduksi pada tahapan ini desain yang akan diuji tidak semua bagian mesin feeding hanya pada bagian pengarahnya saja yang akan diuji dapat dilihat pada lingkaran di merah pada gambar dibawah, menunjukkan bahwa bagian *conveyor storage* memiliki pengarah yang akan dikembangkan desanya dibagi menjadi desain konsep 1 dan konsep 2:

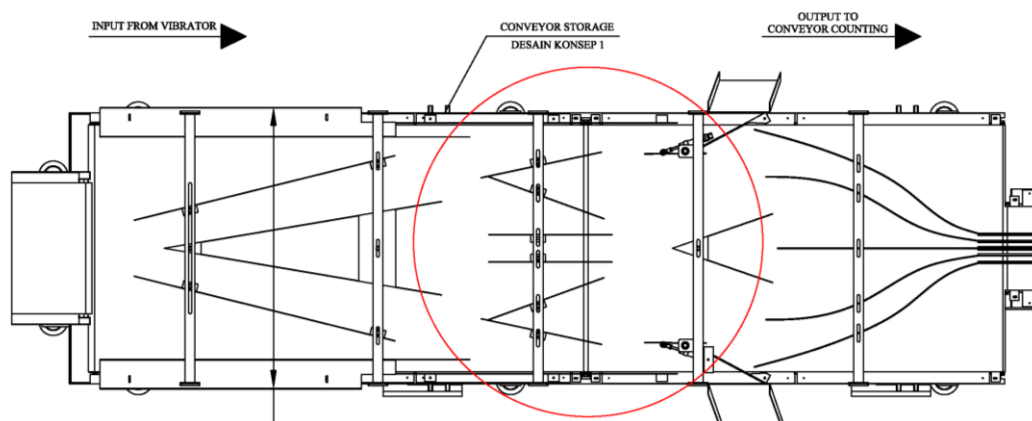
1. Desain konsep 1 menggunakan motor (oriental 8 watt)



Gambar 2. Gambar pengarah konsep 1

Pada **Gambar 2.** Menunjukkan pengarah pada *conveyor storage* berpenggerak motor oriental 8 watt memiliki jumlah komponen yang lebih banyak

2. Desain konsep 2 menggunakan plat pengarah



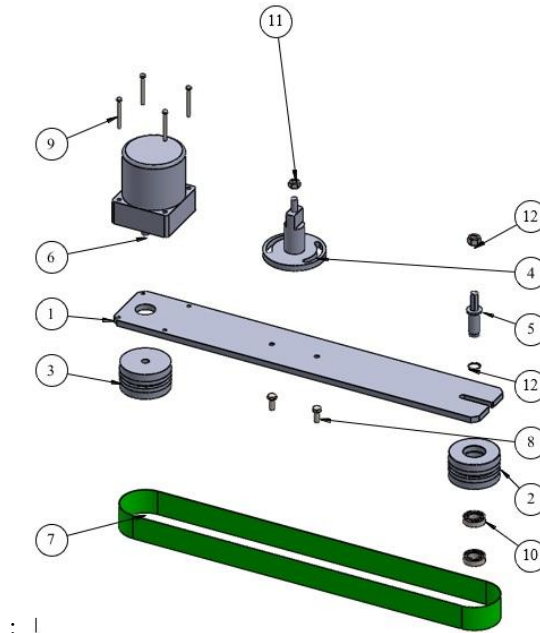
Gambar 3. Gambar pengarah konsep 2

Pada **Gambar 3.** Menunjukkan pengarah pada *conveyor storage* menggunakan plate untuk mengarahkan briket ke conveyor counting. Jumlah komponen yang digunakan lebih sedikit.

B. Bill of Material

Bill of Material (Bom) atau daftar komponen adalah daftar terstruktur yang merinci semua komponen, material, dan sub-rakitan yang dibutuhkan untuk membuat suatu produk. Dokumen ini berfungsi sebagai acuan dalam produksi sebuah produk yang mencakup jumlah, spesifikasi, dan instruksi yang diperlukan untuk merakit sebuah produk, mulai dari bahan baku hingga komponen akhir. BOM digunakan secara luas dalam perencanaan, pengelolaan inventaris, dan memastikan kualitas produksi yang efisien. Berikut merupakan jumlah komponen pada kedua konsep desain yang di Analisa menggunakan metode DFMA

1. Desain konsep 1 (Gambar perakitan)



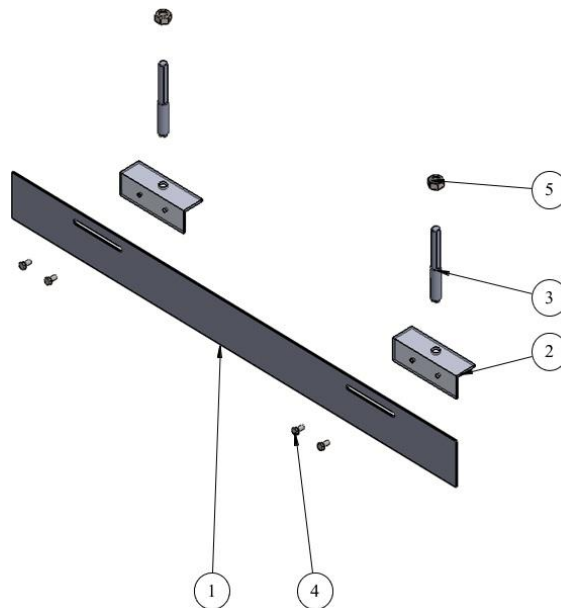
Gambar 4. Pengujian Kekuatan Impak

Tabel 1. Jumlah komponen untuk desain konsep 1

No	Nama komponen	Dimensi (mm)	Material	Jumlah
1	Frame plate	700 x 90 x 10	Alumunium	1 Pcs
2	Roller drive	Ø82 x 40	Alumunium	1 Pcs
3	Roller tention	Ø82 x 40	Alumunium	1 Pcs
4	Pivot	Ø22 x 80	ST 42	1 Pcs
5	Bracket	Ø22 x 100	ST 42	1 Unit
6	Motor drive	90 x 90 x 136	-	1 Unit
7	Bearing	Od Ø35 x Id Ø17	-	2 Pcs
8	Belt	1070 x 40 x 1	Rubber	1 Pcs
9	Baut M5 x 60mm	-	St 42	4 Pcs
10	Baut M8 x 20mm	-	St 42	2 Pcs
11	Mur M10	-	St 42	1 Pcs
12	Mur M12	-	St 42	1 Pcs
13	Snap ring S17	-	St 42	1 Pcs
Total				18 Pcs

Sesuai data pada **Gambar 4.** Dan **Tabel 2.** Menunjukkan jumlah komponen dan sistem perakitan untuk desain konsep 1 yang menggunakan motor AC 8Watt untuk mengarahkan produk menuju *Conveyor Counting*

2. Desain konsep 2 (Gambar perakitan)



Gambar 5. Grafik Nilai Impact

Tabel 2. Jumlah komponen untuk desain konsep 1

No	Nama komponen	Dimensi (mm)	Material	Jumlah
1	Frame plate	700 x 60 x2	Stainlees 304	1 Pcs
2	Plate Bracket	40 x 40 x 3mm	Stainlees 304	2 Pcs
3	Shaft Bracket	Ø12 x 120mm	Stainlees 304	2 Pcs
4	Baut M5 x 10mm	-	ST 42	4 Pcs
5	Mur M10	90 x 90 x136	-	2 Unit
Total				11 Pcs

Berdasarkan pada **Gambar 5.** Dan **Tabel 2** Menunjukkan jumlah komponen dan sistem perakitan untuk desain konsep 2 yang menggunakan plat untuk mengarahkan produk menuju *Conveyor Counting*. Dan dari hasil analisa menunjukkan bahwa desain konsep 2 lebih baik dari segi jumlah komponen karena memiliki lebih sedikit material sehingga biaya yang dibutuhkan untuk pembelian material lebih sedikit

C. Analisa Design for Manufacture (DFM)

Analisis DFM adalah pendekatan yang berfokus pada perancangan produk untuk mempermudah dan meningkatkan efisien produksi, dengan tujuan utama mengurangi biaya produksi dan meningkatkan kualitas produk[14]. Untuk mempermudah Analisa ini penulis menggunakan aplikasi SolidWorks dalam pengerjaanya berikut merupakan hasil Analisa DFM menggunakan aplikasi Solid Works, tapi sebelumnya penulis akan melakukan pengaturan parameter DFM di SolidWork meliputi :

- *Hole Depth to Diameter Ratio (HDDR)*/ (Rasio Kedalaman Lubang terhadap Diameter).
- *Minimum % of Hole Area Inside (MHAI)*
- *Mill Tool Depth to Diameter (MTDD)*

1. Desain konsep 1 (Analisa DFM Express)

Tabel 3. Analisa DFM untuk manufaktur desain konsep 1

No	Nama komponen	HDDR	MHAI	MTDD
1	Frame plate	✓	✓	✓
2	Roller drive	X	✓	✓
3	Roller tention	✓	✓	✓
4	Pivot	✓	✓	✓
5	Bracket	✓	✓	✓

Berdasarkan **Tabel 3**. Simbol (X) Menunjukkan bahwa komponen tersebut sulit untuk dimanufaktur sedangkan untuk simbol (✓) menunjukkan komponen tersebut sesuai dan dapat dimanufaktur dengan metode Analisa DFM menggunakan aplikasi solidwork.

2. Desain Kosep 2 (Analisa DFM Express)

Tabel 4. Analisa DFM untuk manufaktur desain konsep 2

No	Nama komponen	HDDR	MHAI	MTDD
1	Frame plate	✓	✓	✓
2	Plate Bracket	✓	✓	✓
3	Shaft Bracket	✓	✓	✓

Berdasarkan **Tabel 3**. Pada **Tabel 4**. semua komponen dapat dimanufaktur sesuai dengan metode DFM namun pada **Tabel 4** salah satu komponen menunjukkan simbol (X) yang menandakan bahwa komponen tersebut perlu dikerjakan dengan penambahan dan perlakuan khusus

D. Analisa Design for Assembly (DFA)

Analisa *Design for Assembly* (DFA) adalah evaluasi desain produk untuk mengoptimalkan kemudahan dan efisiensi perakitan. Metode umum adalah menghitung Indeks DFA dengan membandingkan waktu perakitan teoretis minimum dengan waktu perakitan aktual yang diperkirakan[15], seringkali dengan menggunakan data seperti jumlah komponen, waktu penanganan (*handling*), dan waktu penyisipan (*insertion*) per komponen, berdasarkan panduan seperti sistem *Boothroyd Dewhurst*. Tujuannya adalah menyederhanakan proses agar lebih cepat, murah, dan berkualitas. Dalam tahapan DFA dibagi menjadi 3 bagian yakni simetri putar, *manual hadling* dan *manul insertation*, berikut merupakan tahapan dari DFA.

1. Simetri putar

Simetri putar "*rotational symmetry*" menggabungkan teknik manufaktur dan geometri. Dalam rekayasa produk, *DFA*, sebuah metodologi yang bertujuan menyederhanakan proses produksi, mengurangi biaya, dan meningkatkan efisiensi. Simetri putar berfungsi sebagai salah satu pilar utama dalam metodologi DFA. prinsip ini sangat penting dalam desain produk modern. Setiap langkah perakitan yang rumit, seperti orientasi ulang komponen, meningkatkan biaya produksi dan potensi kesalahan. Sebuah komponen dikatakan memiliki simetri putar jika komponen tersebut dapat dipasang ke dalam rakitan dalam beberapa orientasi sudut yang berbeda dan tetap berfungsi dengan benar.

Manfaat penerapan simetri putar sangat signifikan. Pertama, membantu mengurangi *handling time* (waktu penanganan). Dalam jalur perakitan, orientasi komponen sering kali menjadi aktivitas yang paling memakan waktu. Pekerja atau mesin harus mengambil komponen, memeriksa orientasinya, dan memutarnya ke posisi yang benar. Dengan mempertimbangkan simetri putar, langkah ini bisa diminimalisir. Komponen dapat langsung diambil dari wadah penyimpanan dan ditempatkan tanpa penyesuaian sudut yang memakan waktu.

Kedua, simetri putar meningkatkan keandalan proses perakitan. robot industri sering kali kesulitan menangani komponen yang asimetris karena membutuhkan sistem penglihatan yang canggih dan mekanisme penjepit (*gripper*) yang kompleks untuk memastikan orientasi yang tepat. Komponen yang memiliki simetri tinggi jauh lebih mudah ditangani oleh robot, sehingga meningkatkan kecepatan siklus mesin dan mengurangi biaya peralatan otomatisasi.

Ketiga, Ketika semua orientasi rotasi yang mungkin valid, kesalahan perakitan akibat orientasi yang salah secara efektif dikurangi. Ini meningkatkan kualitas produk dan mengurangi pengerjaan ulang (*rework*). Dalam praktiknya, pedoman DFA menuntut perancang untuk memaksimalkan simetri putar. Jika orientasi sudut tidak memengaruhi fungsi, komponen harus dirancang se-simetris mungkin (misalnya, membuat lubang bundar daripada persegi panjang, atau menggunakan kepala sekrup heksagonal/bulat daripada kepala sekrup dengan orientasi tunggal). Pada **Tabel 5**. Dan **Tabel 6** Merupakan hasil simetri putar untuk desain konsep 1 dan 2.

Tabel 5. Analisa DFA Tahap simetri putar untuk perakitan desain konsep 1

No	Nama komponen	$(A+B) < 360^\circ$	$360^\circ \leq (A+B) < 540^\circ$	$540^\circ \leq (A+B) < 720^\circ$	$(A+B) = 720^\circ$
1	Frame plate	-	✓	-	-
2	Roller drive	✓	-	-	-
3	Roller tention	-	✓	-	-
4	Pivot	-	✓	-	-
5	Bracket	-	✓	-	-
6	Motor drive	-	-	-	✓
7	Bearing	✓	-	-	-
8	Belt	✓	-	-	-
9	Baut M5 x 60 mm	-	✓	-	-
10	Baut M6 x 20 mm	-	✓	-	-
11	Mur M10	✓	-	-	-
12	Mur M12	✓	-	-	-
13	Snap ring S17	✓	-	-	-

Tabel 6. Analisa DFA Tahap simetri putar untuk perakitan desain konsep 2

No	Nama komponen	$(A+B) < 360^\circ$	$360^\circ \leq (A+B) < 540^\circ$	$540^\circ \leq (A+B) < 720^\circ$	$(A+B) = 720^\circ$
1	Frame plate	-	✓	-	-
2	Plate Bracket	-	-	-	✓
3	Shaft Bracket	✓	-	--	-
4	Baut M5 x 10mm	✓	-	-	-
5	Mur M10	✓	-	-	-

2. Manual Handling

dalam metode (DFA) merupakan aspek penting yang digunakan untuk mengevaluasi kemudahan, efisiensi, dan waktu yang dibutuhkan operator dalam menangani komponen secara manual selama proses perakitan. Manual handling fokus pada aktivitas manusia ketika mengambil (*grasping*), memposisikan (*positioning*), memanipulasi (*manipulating*), dan menyatukan (*assembling*) suatu part ke dalam *sub-assembly* atau produk akhir[16]. Dengan mengevaluasi faktor-faktor ini secara sistematis, perancang dapat mengidentifikasi elemen-elemen desain yang menyebabkan perakitan menjadi lambat, sulit, dan berbiaya tinggi, sehingga dapat dilakukan perbaikan desain untuk meningkatkan efisiensi.

Dalam metode DFA, khususnya dalam model *Boothroyd-Dewhurst*, manual handling memiliki tabel penilaian yang berfungsi untuk memberikan waktu baku atau handling time berdasarkan karakteristik suatu komponen. Ciri-ciri seperti ukuran, berat, bentuk geometri, simetri, kemudahan digenggam, serta kebutuhan orientasi tertentu menentukan waktu yang dibutuhkan operator untuk mengambil dan menempatkan komponen tersebut. Semakin rumit komponen ditangani, semakin besar waktu handling yang diperlukan[17]. Berikut merupakan **Tabel 7.** konsep desain 1 dan **Tabel 8.** konsep desain 2 hasil analisa kedua konsep DFA tahap *Manual Handling* Menurut *Boothroyd Dewhurst*

Tabel 7. Analisa DFA Tahap *Manual Handling* untuk perakitan desain konsep 1

No	Nama komponen	Komponen Mudah Dikerjakan					Komponen Sulit Dikerjakan				
		Tebal > 2MM					Tebal > 2MM				
		X>15	6<X<15	X<6	X>6	X<6	X>15	6<X<15	X<6	X>6	X<6
1	Frame plate	-	1,8	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Roller drive	-	-	-	-	-	-	-	2,65	-	-
3	Roller tention	-	-	-	-	-	-	-	3,06	-	-
4	Pivot	-	-	2,25	-	-	-	-	-	-	-
5	Bracket	-	-	2,25	-	-	-	-	-	-	-
6	Motor drive	-	-	2,71	-	-	-	-	-	-	-
7	Bearing	-	1,14	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Belt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,98

9	Baut M5 x 60 mm	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	Baut M6 x 20 mm	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	Mur M10	-	1,14	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	Mur M12	-	1,14	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	Snap ring S17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,98

Tabel 8. Analisa DFA Tahap *Manual Handling* untuk perakitan desain konsep 2

No	Nama Komponen	Komponen Mudah Dikerjakan					Komponen Sulit Dikerjakan				
		TEBAL > 2MM		TEBAL <2MM			TEBAL > 2MM		TEBAL <2MM		
		X>15	6<X<15	X<6	X>6	X<6	X>15	6<X<15	X<6	X>6	X<6
1	Frame plate	-	-	-	-	2,55	-	-	-	-	-
2	Plate Bracket	-	-	-	-	2,55	-	-	-	-	-
3	Shaft Bracket	1,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Baut M5 x 10mm	-	1,14	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Mur M10	-	1,14	-	-	-	-	-	-	-	-

3. Manual Insertion

Manual Insertion dalam metode (DFA) adalah pendekatan untuk menilai, mengukur, dan mengoptimalkan proses pemasangan komponen secara manual pada suatu produk. Dalam kegiatan perakitan, operator sering kali harus memasukkan, menempatkan, menyusun, atau menggabungkan komponen tertentu sebelum proses perakitan selanjutnya dilakukan. Metode *Manual Insertion* digunakan untuk memberikan estimasi waktu standar bagi setiap langkah pemasangan manual tersebut berdasarkan tingkat kesulitan, aksesibilitas, orientasi, serta karakteristik part yang dirakit. Tujuan utamanya adalah mengidentifikasi komponen mana yang memerlukan waktu lebih lama untuk dipasang dan faktor apa yang menyebabkannya. Dengan demikian, perancang dapat memperbaiki desain agar proses perakitan menjadi lebih cepat, murah, dan efisien. Waktu perakitan yang lambat dapat disebabkan oleh bentuk part yang sulit digenggam, orientasi yang rumit, lokasi pemasangan yang sempit, gesekan atau resistansi saat pemasangan, serta kebutuhan menjaga posisi part sebelum dikunci. Semua faktor ini dinilai dalam tabel *Manual Insertion* DFA yang umum digunakan pada industri manufaktur.

Dalam tabel *Manual Insertion*, setiap part yang ditambahkan dikategorikan berdasarkan beberapa parameter. Parameter pertama adalah aksesibilitas seberapa mudah tangan operator mencapai lokasi pemasangan. Jika part dapat dijangkau dengan mudah, waktu pemasangan lebih singkat. Jika akses terhalang atau visibilitas terbatas, waktu pemasangan meningkat. Parameter kedua adalah kemudahan penyalarsan dan orientasi. Part yang simetris atau memiliki fitur pemandu biasanya mudah diselaraskan, sedangkan part yang kecil, tidak beraturan, atau memerlukan orientasi tertentu cenderung memperlambat proses.

Parameter ketiga adalah resistansi atau tahanan saat pemasangan. Jika part dapat dimasukkan tanpa gaya yang berarti, waktu pemasangan lebih cepat. Namun, jika dibutuhkan gaya tekan, penyetelan, atau part cenderung macet saat masuk, waktu meningkat. Parameter penting selanjutnya adalah apakah part tersebut perlu ditahan setelah dipasang. Dalam beberapa kasus, part belum terkunci dan akan mudah jatuh atau bergeser bila dilepas, sehingga operator harus memegangnya sambil melakukan pemasangan part lainnya. Kondisi ini menyebabkan waktu perakitan menjadi lebih lama. Melalui kombinasi faktor-faktor tersebut, tabel *Manual Insertion* menyediakan estimasi waktu dalam satuan detik untuk setiap variasi kondisi pemasangan. Waktu ini digunakan untuk menghitung total waktu assembly suatu produk. Dengan mengetahui estimasi tersebut, penulis dapat mengidentifikasi part yang membutuhkan waktu lebih lama dalam proses perakitan. Selanjutnya, dilakukan evaluasi apakah part tersebut dapat dibuat lebih besar agar mudah digenggam, dibuat simetris agar mudah diorientasikan, diberi chamfer untuk memudahkan masuk, atau didesain ulang agar langsung terkunci tanpa perlu ditahan.

Selain membantu dalam pengembangan desain, *Manual Insertion* juga penting untuk menentukan jumlah tenaga kerja, keseimbangan lini produksi, dan perhitungan biaya manufacturability. Karena biaya perakitan

sering menjadi komponen besar dalam total biaya produksi, perbaikan sekecil apa pun dalam proses pemasangan dapat menghasilkan penghematan besar dalam skala produksi massal.

Tabel 9. Analisa DFA Tahap *Manual Insertation* untuk perakitan desain konsep 1

No	Nama komponen	Setelah di Pasang Part Tidak Perlu Dikencangkan				Setelah di Pasang Part Perlu Dikencangkan			
		Mudah Diposisikan		Sulit Diposisikan		Mudah Diposisikan		Sulit Diposisikan	
		Tidak Ada Hambatan Saat Memasukkan	Ada Hambatan Saat Memasukkan	Tidak Ada Hambatan Saat Memasukkan	Ada Hambatan Saat Memasukkan	Tidak Ada Hambatan Saat Memasukkan	Ada Hambatan Saat Memasukkan	Tidak Ada Hambatan Saat Memasukkan	Ada Hambatan Saat Memasukkan
1	Frame plate	-	-	-	-	5,5	-	-	-
2	Roller drive	-	-	-	-	-	6,5	-	-
3	Roller tention	-	-	-	-	-	6,5	-	-
4	Pivot	-	-	-	-	-	-	-	7,5
5	Bracket	-	-	-	-	-	-	6,5	-
6	Motor drive	-	-	-	-	5,5	-	-	-
7	Bearing	-	-	-	-	-	-	6,5	-
8	Belt	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Baut M5 x 60 mm	-	-	-	-	-	-	6,5	-
10	Baut M6 x 20 mm	-	-	-	-	5,5	-	-	-
11	Mur M10	-	-	-	-	-	-	6,5	-
12	Mur M12	-	-	-	-	-	-	6,5	-
13	Snap ring S17	-	-	-	-	-	-	6,5	-

Tabel 10. Analisa DFA Tahap *Manual Insertation* untuk perakitan desain konsep 2

No	Nama komponen	Setelah di Pasang Part Tidak Perlu Dikencangkan				Setelah di Pasang Part Perlu Dikencangkan			
		Mudah Diposisikan		Sulit Diposisikan		Mudah Diposisikan		Sulit Diposisikan	
		Tidak Ada Hambatan Saat Memasukkan	Ada Hambatan Saat Memasukkan	Tidak Ada Hambatan Saat Memasukkan	Ada Hambatan Saat Memasukkan	Tidak Ada Hambatan Saat Memasukkan	Ada Hambatan Saat Memasukkan	Tidak Ada Hambatan Saat Memasukkan	Ada Hambatan Saat Memasukkan

1	Frame plate	-	-	-	-	5,5	-	-	-
2	Plate Bracket	-	-	-	-	-	6,5	-	-
3	Shaft Bracket	-	-	-	-	5,5	-	-	-
4	Baut M5 x 10mm	-	-	-	-	-	6,5	-	-
5	Mur M10	-	-	-	-	5,5	-	-	-

Setelah tabel simetri putar, tabel *Manual Handling* dan tabel *Manual Insertatioan* dibuat maka tahapan selanjutnya menggabungkan semua tahapan menjadi tabel DFA secara utuh untuk masing masing konsep seperti pada **Tabel 11** dan **Tabel 12**. Kemudian menghitung waktu pemasangan dengan rumus : Jumlah x (Manual Handling + Manual Insertation)

Tabel 11. Analisa DFA untuk perakitan desain konsep 1

No	Nama komponen	Jumlah	Manual Handling	Manual Insertation	Manual Operation
1	Frame plate	1 Pcs	1,8	5,5	7,3
2	Roller drive	1 Pcs	2,65	6,5	9,15
3	Roller tention	1 Pcs	3,06	6,5	9,56
4	Pivot	1 Pcs	2,25	7,5	9,75
5	Bracket	1 Unit	2,25	6,5	8,75
6	Motor drive	1 Unit	2,71	5,5	8,21
7	Bearing	2 Pcs	1,14	6,5	15,28
8	Belt	1 Pcs	2,98	7,5	10,48
9	Baut M5 x 60 mm	4 Pcs	1,5	6,5	32
10	Baut M6 x 20 mm	2 Pcs	1,5	5,5	14
11	Mur M10	1 Pcs	1,14	6,5	7,64
12	Mur M12	1 Pcs	1,14	6,5	7,64
13	Snap ring S17	2 Pcs	2,98	6,5	18,96
				Jumlah	158,72

Tabel 11. Analisa DFA untuk perakitan desain konsep 1

No	Nama komponen	Jumlah	Manual Handling	Manual Insertation	Manual Operation
1	Frame plate	1 Pcs	2,55	5,5	8,05
2	Plate Bracket	2 Pcs	2,55	6,5	18,1
3	Shaft Bracket	2 Pcs	1,13	5,5	13,26
4	Baut M5 x 10mm	4 Pcs	1,14	6,5	30,56
5	Mur M10	1 Unit	1,14	5,5	6,64
				Jumlah	76,61

Dari tabel diatas diketahui waktu yang dibutuhkan untuk merakit dari masing-masing konsep desain. Setelah diketahui maka dapat dihitung biaya perakitanya dengan rumus sebagai berikut : waktu x upah perjam

$$\text{Upah perjam} = \frac{\text{Upah perbulan}}{(30-8)}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{4.700.000}{22} \\
 &= \frac{213.600}{8} = 26.700 \text{ Rp}
 \end{aligned}$$

Jadi untuk desain konsep 1 = $2,63 \times 26.700 = 70.221 \text{ Rp}$
 desain konsep 2 = $1,28 \times 26.700 = 34.176 \text{ Rp}$

E. Analisa (DFMA)

Hasil analisa DFMA menunjukkan bahwa penerapan prinsip DFMA berperan penting dalam meningkatkan efisiensi desain produk sejak tahap awal pengembangan. Dari sisi (DFM), analisa difokuskan pada kemudahan proses produksi, pemilihan material, serta kesesuaian desain dengan kemampuan manufaktur yang tersedia. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa desain konsep 1 memiliki komponen yang lebih banyak, serta manufaktur yang lebih sulit dibandingkan dengan desain konsep 2, sehingga berpotensi meningkatkan biaya produksi dan waktu pengerjaan. Selain itu, standarisasi ukuran dan jenis komponen terbukti mampu menurunkan biaya tooling, mempercepat proses produksi, serta mengurangi risiko kesalahan manufaktur. Dengan demikian, penerapan DFM memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan produktivitas, efisiensi biaya, dan kualitas produk.

Dari aspek (DFA), analisa difokuskan pada kemudahan perakitan, jumlah komponen, arah perakitan, serta metode penyambungan antar bagian. Hasil analisa menunjukkan bahwa desain konsep 1 memiliki jumlah komponen yang relatif banyak dengan orientasi pemasangan yang beragam dibandingkan dengan desain konsep 2, sehingga memperpanjang waktu perakitan dan meningkatkan potensi kesalahan manusia (*human error*). Hasil evaluasi waktu perakitan menunjukkan desain konsep 2 memiliki efisiensi dan efektifitas yang signifikan jika dibandingkan dengan desain konsep 1 menggunakan prinsip DFA, yang secara langsung berdampak pada peningkatan efisiensi produksi dan penurunan biaya tenaga kerja. Secara keseluruhan setelah menguji setiap konsep desain menggunakan metode DFMA hasil efisiensinya berbeda desain pengarah konsep 2 memiliki efisiensi lebih baik sekitar 25% dibanding menggunakan pengarah desain konsep 1 dengan produk briket berbentuk kubus

IV. SIMPULAN

Setelah melakukan penelitian terhadap desain feeding briket pada bab sebelumnya dengan metode DFMA diharapkan desain yang diteliti dapat mencapai tujuan penelitian yakni menghasilkan "Desain feeding briket yang efektif dan efisien". Hasil penelitian diatas dirangkum sebagai berikut ;

1. Dari segi jumlah material, konsep desain pertama memiliki jumlah material yang lebih banyak dibanding desain ke dua sehingga biaya lebih tinggi dibandingkan desain kedua
2. Dalam metode DFM, salah satu komponen desain pertama tidak memenuhi kriteria metode DFM sehingga mempersulit proses machining komponen tersebut
3. Dalam metode DFA komponen dalam desain pertama memiliki waktu perakitan yang lebih lama dibanding desain kedua dikarenakan memiliki kerumitan dalam proses perakitan yang mengakibatkan biaya jauh lebih mahal

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya ucapkan kepada Progam Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang telah memberikan ilmu dan wawasan yang bermanfaat serta orang tua, mahasiswa teknik mesin angkatan 2019 dan teman-teman yang telah membantu untuk menyelesaikan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] N. Iskandar, "UJI KUALITAS PRODUK BRIKET ARANG TEMPURUNG KELAPA BERDASARKAN STANDAR MUTU SNI," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2019.
- [2] H. D. Anggraini, "Analisis Dampak Industri 4.0 terhadap Produktivitas dan Efisiensi Produksi," *Circ. Arch.*, pp. 2–12, 2023, [Online]. Available: <http://circle-archive.com/index.php/carc/article/view/50>

- [3] M. Razi, T. Turmizi, S. Syukran, and Z. Zulkifli, "Desain dan Pengembangan Mesin Press Biobriket Menggunakan Elektro-Pneumatik Sistem berbasis PLC," ... *Mek. Inov. dan ...*, vol. 10, no. 1, 2024, [Online]. Available: <http://jurnal.utu.ac.id/jmekanova/article/view/9346%0Ahttp://jurnal.utu.ac.id/jmekanova/article/download/9346/pdf>
- [4] A. Sitepu and Brilioneristen, "Penerapan Design for Manufacturing and Assembly (DFMA) pada Jam TALENTA Conference Series Penerapan Design for Manufacturing and Assembly (DFMA) pada Jam Dinding," vol. 6, no. 1, 2023, doi: 10.32734/ee.v6i1.1803.
- [5] W. A. K. Geoffrey Boothroyd, Peter Dewhurst, *Product design for manufacture and assembly third edition*, vol. 7, no. 2. 2020.
- [6] N. Tawaf, "Perancangan Mesin Pemipil Jagung untuk Industri Rumah Tangga," *Indones. J. Appl. Sci. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 47–54, 2020, [Online]. Available: <https://www.journal.publication-center.com/index.php/ijast/article/view/48>
- [7] A. E. Intani, "DESIGN FOR MANUFACTURING (DFM) UNTUK MEMINIMASI BIAYA PRODUKSI DAN KUALITAS (STUDI KASUS PALLET BOX FABRICATION SECTION PT SAPTAINDRA SEJATI)," vol. 9, no. 2, pp. 124–139, 2017.
- [8] M. Syaiful, A. Eka, A. A. Arifin, and D. Arifianto, "Evaluasi Rancangan Mesin Lathe Mini Dengan Metode Design For Manufacture and Assembly (DFMA)," pp. 1–9, 2022.
- [9] M. I. H and W. Budiawan, "ANALISIS MODULARITAS MENGGUNAKAN METODE DFM PADA GENERATOR DESINFEKTAN PT . PG KREBET BARU," pp. 1–12.
- [10] E. Prasetyo, R. Hermawan, M. N. I. Ridho, I. I. Hajar, H. Hariri, and E. A. Pane, "Analisis Kekuatan Rangka Pada Mesin Transverse Ducting Flange (TDF) Menggunakan Software Solidworks," *Rekayasa*, vol. 13, no. 3, pp. 299–306, 2020, doi: 10.21107/rekayasa.v13i3.8872.
- [11] R. Ilyandi *et al.*, "Analisis Design for Assembly (Dfa) Pada Prototipe Mesin Pemisah Sampah Material Ferromagnetik Dan Non Ferromagnetik," *Jom FTEKNIK*, vol. 2, no. 1, pp. 262–288, 2008.
- [12] I. Hafizh, "Re-Desain Produk Wellhead untuk Menurunkan Cost dan Waktu Instalasi dengan Metode DFMA," *J. Tek. Mesin Unsyiah*, vol. 9, no. Juni, pp. 20–24, 2021, [Online]. Available: <http://www.jurnal.unsyiah.ac.id/JTM/article/view/19450>
- [13] W. Ru, R. Ginting, O. Sebastian, and V. Frans, "Aplikasi Snap Fit Joint Untuk Peningkatan Efisiensi Desain Produk MCVP dengan Menggunakan Metode DFMA," *Talent. Conf. Ser. Energy Eng. Apl. Sn. Fit Jt. Untuk Peningkatan Efisiensi Desain Prod. MCVP dengan Menggunakan Metod. DFMA*, vol. 8, no. 1, pp. 1–10, 2025, doi: 10.32734/ee.v8i1.2647.
- [14] Mulyadi, "Evaluasi Perancangan dan Pembuatan Multipurpose Wheelchair dengan Metode DFM".
- [15] E. Appleton, *Product Design for Manufacture and Assembly*, vol. 28, no. 3. 2008. doi: 10.1108/aa.2008.03328cae.001.
- [16] I. Iswanto, R. Bamban Jakaria, B. Isma Putra, and M. Ibrahim, "Washbasin Design with DFMA Approach for Covid-19 Prevention," *R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) J.*, vol. 7, no. 1, pp. 15–18, 2022, doi: 10.21070/r.e.m.v7i1.1642.
- [17] H. A. Putra and R. B. Jakaria, "Analisa Design For Assembly (DFA) Pada Perancangan Produk Knalpot," *Procedia Eng. Life Sci.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–8, 2021.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.