

Pengembangan Produk Alat Pengaduk Pupuk Secara Manual Dengan Metode Desain For Manufacture And Assembly

Fahri Anwar^{1*}, Erniyani²

^{1,2}Jurusan Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Makassar, Indonesia.

*email Koredpondensi: fahri.anwar@unm.ac.id

INFO ARTIKEL

Article history:

Received: 04-10-2025

Accepted: 14-12-2025

Kata Kunci:

Design for Manufacture and Assembly

Operation Process Chart

Inovasi Teknologi

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat pengaduk pupuk manual dengan pendekatan Design for Manufacture and Assembly (DFMA) guna meningkatkan kemudahan proses produksi dan efisiensi perakitan. Alat ini dirancang menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor, dengan sistem penggerak mekanik sederhana yang terdiri atas sepuluh komponen utama yang dapat dioperasikan secara manual maupun menggunakan dinamo listrik sebagai alternatif. Metode DFMA digunakan untuk menganalisis dan membandingkan efisiensi antara desain awal dan desain usulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain awal memiliki efisiensi perakitan sebesar 0,417 atau 42%, sedangkan desain usulan menunjukkan efisiensi sebesar 0,352 atau 35%. Menariknya, meskipun desain usulan memiliki jumlah komponen yang lebih sedikit (48 komponen) dan membutuhkan waktu perakitan yang lebih singkat (408 menit) dibandingkan dengan desain awal (77 komponen dan 553 menit), efisiensi perakitannya justru lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi perakitan tidak hanya ditentukan oleh jumlah komponen dan waktu, tetapi juga oleh kemudahan dan keterpaduan dalam proses perakitan. Rancangan ini dapat menjadi solusi teknologi tepat guna bagi petani dan pelaku UKM dalam meningkatkan efisiensi proses pencampuran pupuk organik maupun cair secara praktis dan ekonomis.

PENDAHULUAN

Degradasi lahan merupakan penurunan produktivitas lahan yang sifatnya sementara atau tetap, dicirikan dengan penurunan sifat fisik, kimia, dan biologi. Salah satu cara untuk mempertahankan kesuburan tanah yaitu dengan pemberian pupuk. Hal tersebut membuat tingkat konsumsi pupuk di Indonesia sebagai bahan penyubur tanah terus meningkat untuk meningkatkan hasil pertanian dan perkebunan, mendorong banyak pihak untuk mengembangkan berbagai macam pupuk, baik pupuk organik maupun non-organik (Ardiansyah, Rijanto, & Dyah, 2022; Nuraini et al., 2020; Wulandari & Sari, 2021).

Bagi kebanyakan orang mengurus sampah merupakan pekerjaan yang sangat tidak menyenangkan sehingga masih banyak orang yang enggan mengolah sampah organik menjadi pupuk kompos karena proses pengolah sampah organik dinilai masih cukup rumit seperti proses pencampuran kompos dengan bahan organik karena untuk pembuatan pupuk kompos dari sampah organik juga harus mengaduk komposter secara berkala dan ketika bahan di dalam komposter semakin padat maka pengaduk akan semakin berat. Saat ini penggunaan pupuk mulai bergeser dari pupuk kimia menjadi pupuk organik atau kompos yang diolah dari dedaunan kering dan limbah sayur (Ikhwanda & Suryadi, 2021; Handayani & Setiawan, 2019; Fitriani & Rahmawati, 2020).

Pengadaan dan implementasi mesin pengaduk pupuk kompos diperlukan. Selain untuk menghemat waktu, diharapkan dapat meningkatkan keseragaman hasil produksi pupuk kompos dimana akan sejalan dengan meningkatkan kualitas pupuk kompos. Agar hasil pencampuran bahan pupuk menjadi homogen, rata, dan lebih efisien dalam pengerjaannya, diperlukan mesin pengaduk pupuk kompos (Putra, Arifin, & Patriawan, 2022; Suprpto & Jauhari, 2021; Siregar & Santoso, 2023).

Manufaktur adalah kajian ilmu teknik mesin yang mempelajari tentang perencanaan dan perancangan suatu produk, dari bahan mentah sampai menjadi barang jadi dengan mengubah bentuk,

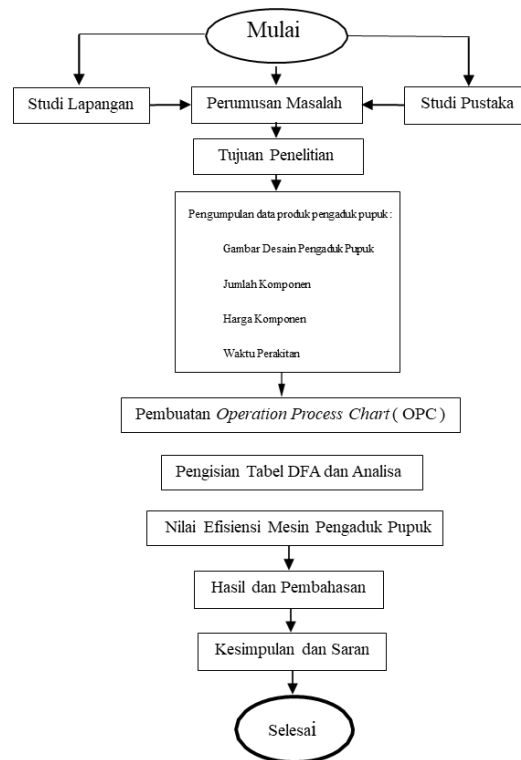
sifat, tampilan yang memiliki fungsi serta menjadi sebuah produk yang layak untuk dipasarkan. Untuk menghasilkan produk yang kompetitif, maka sangat penting untuk mempertimbangkan rancangan produk. Seiring dengan perkembangan di bidang manufaktur, kualitas produk dari proses manufaktur sangat menjadi prioritas utama (Fauzi & Suryadi, 2021; Kurniawan & Prasetyo, 2020; Lestari & Widodo, 2019).

Langkah awal dalam proses pembuatan suatu produk adalah proses desain. Sebagian besar biaya produksi ditentukan selama proses desain. Jumlah suku cadang yang digunakan dan sistem perakitan akan sangat mempengaruhi biaya perakitan dan waktu perakitan. Melalui desain dan evaluasi produk yang berkelanjutan, dimungkinkan untuk mengatasi tingkat kinerja perakitan produk dan kesulitan dalam proses perakitan, serta waktu dan biaya perakitan. Setiap produk memiliki komponennya masing-masing. Diantaranya, bagian pertama adalah bentuk dasar, ukuran dan tujuan. Bagian kedua adalah spesifikasi produk yang meliputi harga, bahan kemasan, kualitas, nama, dan jenis. Selain itu, bagian ketiga adalah dukungan produk (Anwar, 2025; Ginting, Thoha, Siregar, Furqan, & Hutabarat, 2024; Pratama & Nugroho, 2018; Yuliana & Haryanto, 2022).

Penelitian ini berfokus pada pengembangan alat pengaduk pupuk dengan metode Design for Manufacture and Assembly (DFMA) yang mengutamakan kesederhanaan dalam desain, efisiensi dalam pembuatan, serta kemudahan dalam proses perakitan. Proses desain dilakukan menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor untuk memastikan presisi serta kemudahan visualisasi 3D dari komponen alat yang akan diproduksi. Waktu yang diperlukan untuk merakit produk yang lama dapat meningkatkan biaya perakitan. Solusi untuk mengatasi hal ini adalah dengan merancang produk yang lebih sederhana, menggunakan lebih sedikit komponen, dan mempercepat waktu perakitan. Desain yang mudah dirakit akan meningkatkan efisiensi waktu dan mengurangi biaya produksi secara keseluruhan. Faktor desain sangat berpengaruh terhadap biaya manufaktur total, sehingga perlu dilakukan perbaikan dan analisis lebih lanjut untuk memahami proses perakitan produk blender dengan menerapkan metode Design for Manufacture and Assembly (DFMA) serta pemilihan material (Sutrisno & Gunawan, 2019; Ramadhan & Fadillah, 2020; Rahayu & Sungkowo, 2021).

METODE PENELITIAN

Berdasarkan tujuan penelitian maka flowchart berikut disusun untuk memberikan gambaran visual mengenai tahapan-tahapan kerja yang dilakukan secara berurutan. Setiap langkah dalam proses dijelaskan secara terstruktur agar memudahkan pemahaman bagi semua pihak yang terlibat. Diharapkan flowchart ini dapat menjadi acuan yang jelas dan dapat diimplementasikan sesuai dengan kebutuhan di lapangan.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Langkah-langkah penelitian dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Pengumpulan Data Produk Usulan

Informasi yang dibutuhkan dalam menentukan nilai kemahiran, informasi yang dibutuhkan adalah interaksi assembling, season kumpul-kumpul setiap segmen dan jumlah segmen item yang diusulkan.

2. Pembuatan *Operation Process Chart* (OPC)

Bersamaan dengan itu, secara khusus membuat aliran siklus atau mengumpulkan grafik ukuran atau membuat alat pengayak pasir dari tahap dasar hingga tahap terakhir dari barang yang sudah selesai. OPC berguna untuk memetakan segala proses serta inspeksi produk

3. Pengisian Tabel DFA dan analisa

Sebelum rencana elektif dapat dipikirkan, penting untuk menilai waktu dan pengeluaran pengumpulan sehingga dana investasi potensial dapat dipertimbangkan sambil memikirkan rencana elektif.

4. Nilai Efisiensi Produk Usulan

Pada tahap ini penting untuk mengetahui produktivitas perangkat dengan mempertimbangkan kesederhanaan siklus berkumpul yang bergantung pada waktu pengumpulan dan jumlah segmen yang dikumpulkan.

5. Analisa Nilai Efisiensi Produk

Pada langkah ini digunakan untuk mengetahui Efisiensi Perakitan produk alat pengaduk pupuk.

6. Hasil Dan Pembahasan

Pada langkah ini berisi tentang hasil dan pembahasan dari penelitian perancangan alat pengaduk pupuk.

7. Kesimpulan Dan Saran

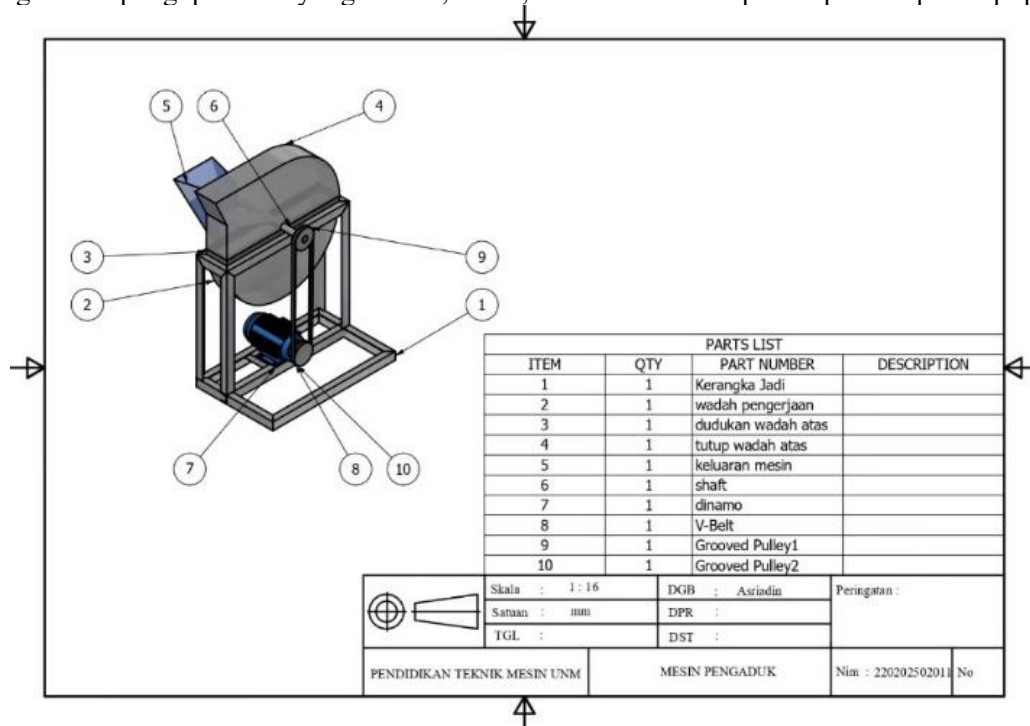
Berisi tentang kesimpulan dari penelitian dan saran untuk penelitian selanjutnya.

8. Selesai. (Ikhwanda & Suryadi, 2021).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar Alat Pengaduk Pupuk

Perancangan alat pengaduk pupuk ini dilakukan menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 1. Alat ini dirancang untuk mencampurkan bahan-bahan pupuk secara homogen dengan sistem kerja mekanis berbasis motor listrik. Struktur utama alat ini terdiri dari kerangka jadi (item 1) yang berfungsi sebagai penopang seluruh komponen, dibuat dari bahan logam yang kokoh dan tahan terhadap beban. Di bagian atas kerangka terdapat wadah pengadukan (item 2) berbentuk silinder horizontal yang digunakan untuk mencampur bahan pupuk. Wadah ini didukung oleh dudukan wadah atas (item 3) dan dilengkapi dengan tutup wadah atas (item 4) yang dapat dibuka-tutup, memudahkan proses pengisian dan pembersihan. Proses pencampuran terjadi ketika shaft atau poros (item 6) yang berada di dalam wadah berputar, menggerakkan bilah-bilah pengaduk yang terpasang pada poros tersebut. Poros ini digerakkan oleh dinamo (item 7) atau motor listrik, yang terhubung melalui sistem transmisi sabuk, yaitu V-Belt (item 8). V-Belt menghubungkan grooved pulley 1 (item 9) pada motor dengan grooved pulley 2 (item 10) pada poros pengaduk. Setelah proses pengadukan selesai, bahan pupuk yang telah tercampur akan keluar melalui keluaran mesin (item 5), yang terletak di bagian bawah wadah. Rangkaian sistem ini memungkinkan pengoperasian yang efisien, stabil, dan aman dalam proses pencampuran pupuk.



Gambar 2. Design Produk Pengaduk Pupuk

Harga Komponen Alat Pengaduk Pupuk

Dalam perancangan alat pengaduk pupuk terdapat biaya komponen alat. Biaya komponen ini terdiri dari:

Tabel 1. Rincian harga komponen alat produk pengaduk pupuk

No	Komponen	Jumlah (Unit)	Total Biaya
1	Dinding tabung I	1	150
2	Dinding tabung II	1	150
3	Penutup tabung	1	5
4	Penutup corong	2	156

5	Alas corong	1	34
6	Kaki rangka	4	344
7	Alas kaki rangka I	3	258
8	Alas kaki rangka II	2	172
9	Rangka poros I	1	86
10	Rangka poros II	1	86
11	Dinamo/motor listrik	1	920
12	V-belt	1	15
13	Pulley	2	26
TOTAL			2.402.000

Analisis DFA Alat Pengaduk Pupuk Aktual

DFA (*Design for Assembly*) berikut menyajikan hasil analisis aktual terhadap komponen dan proses perakitan alat pengaduk pupuk. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi efisiensi perakitan berdasarkan jumlah komponen, metode sambungan, waktu perakitan, serta kebutuhan alat bantu atau orientasi khusus. Setiap komponen dievaluasi berdasarkan fungsinya, tingkat kesulitan pemasangan, serta potensi penyederhanaan desain.

Tabel 2. DFA Alat Pengaduk Pupuk

No	Proses pengerjaan	NM	Waktu (detik)	No	Proses pengerjaan	NM	Waktu (detik)
1	Mengukur plat untuk dinding tabung I	1	180	21	Penyambungan dengan las MIG alas corong dengan penutup corong	1	900
2	Memotong plat untuk dinding tabung I	1	600	22	Inspeksi penyambungan las MIG pada alas corong dengan penutup corong	1	300
3	Inspeksi untuk dinding tabung I	1	300	23	Penyambungan dengan las MIG pada alas corong dan penutup corong dengan dinding tabung II penutup tabung dan dinding tabung I	1	900
4	Memotong plat untuk dinding tabung	1	600	24	Inspeksi penyambungan las MIG pada alas corong dan penutup corong dengan dinding tabung II penutup tabung dan dinding tabung I	1	300
5	Menekuk plat untuk dinding tabung	1	300	25	Mengukur besi hollow untuk kaki rangka	4	720
6	Inspeksi untuk dinding tabung	1	300	26	Memotong besi hollow untuk kaki rangka	4	2400
7	Penyambungan dengan las MIG pada penutup tabung dan dinding tabung	1	900	27	Inspeksi besi hollow untuk kaki rangka	4	1200
8	Inspeksi penyambungan dengan las MIG pada penutup tabung dan dinding tabung	1	300	28	Mengukur besi hollow untuk alas kaki rangka I	3	540

9	Mengukur plat untuk dinding tabung II	1	180	29	Memotong besi hollow untuk alas kaki rangka I	3	1800
10	Memotong plat untuk dinding tabung II	1	600	30	Inspeksi untuk alas kaki rangka I	3	900
11	Memotong plat untuk wadah masuk pada dinding tabung II	1	600	31	Mengukur besi hollow untuk alas kaki rangka II	2	360
12	Inspeksi pada dinding tabung II	1	300	32	Memotong besi hollow untuk alas kaki rangka II	2	1200
13	Penyambungan dengan las MIG pada dinding tabung II dengan penutup tabung dan dinding tabung I.	1	900	33	Inspeksi untuk alas kaki rangka II	2	600
14	Inspeksi penyambungan dengan las MIG pada dinding tabung II dengan penutup tabung dan dinding tabung I.	1	300	34	Penyambungan dengan las SMAW pada alas kaki rangka II dengan alas kaki rangka I	1	900
15	Mengukur plat untuk penutup corong	2	360	35	Inspeksi Penyambungan dengan las SMAW pada alas kaki rangka II dengan alas kaki rangka I	1	300
16	Memotong plat untuk penutup corong	2	1200	36	Penyambungan dengan las SMAW pada alas kaki rangka II dan alas kaki rangka I dengan kaki rangka	1	900
17	Inspeksi untuk penutup corong	2	600	37	Inspeksi penyambungan dengan las SMAW pada alas kaki rangka II dan alas kaki rangka I dengan kaki rangka	1	300
18	Mengukur plat untuk alas corong	1	180	38	Mengukur besi hollow untuk rangka poros I	1	180
19	Memotong plat untuk alas corong	1	600	39	Memotong besi hollow untuk rangka poros I	1	600
20	Inspeksi untuk alas corong	1	300	40	Inspeksi untuk rangka poros I	1	300
No	Proses pengerjaan	NM	Waktu (detik)	No	Proses pengerjaan	NM	Waktu (detik)
41	Perakitan bearing pada rangka poros I	1	600	49	Penyambungan dengan las MIG pada rangka poros II, rangka poros I, alas kaki rangka II, alas kaki rangka I, dan kaki rangka dengan alas corong, prnutup corong, dinding tabung II, penutup tabung, dan dinding tabung I.	1	900

42	Mengukur besi hollow untuk rangka poros II	1	180	50	Inspeksi penyambungan dengan las MIG pada rangka poros II, rangka poros I, alas kaki rangka II, alas kaki rangka I, dan kaki rangka dengan alas corong, prnutup corong, dinding tabung II, penutup tabung, dan dinding tabung I.	1	300
43	Memotong besi hollow untuk rangka poros II	1	600	51	Perakitan pulley	1	600
44	Inspeksi untuk rangka poros II	1	300	52	Inspeksi perakitan pulley	1	300
45	Penyambungan dengan las SMAW pada rangka poros II dengan Rangka poros I	1	900	53	Perakitan motor listrik	1	600
46	Inspeksi penyambungan dengan las SMAW pada rangka poros II dengan Rangka poros I	1	300	54	Inspeksi perakitan motor listrik	1	300
47	Penyambungan dengan las SMAW pada rangka poros II dan rangka poros I dengan alas kaki rangka II, alas kaki rangka I dan kaki rangka	1	900	55	Perakitan V-belt	1	600
48	Inspeksi penyambungan dengan las SMAW pada rangka poros II dan rangka poros I dengan alas kaki rangka II, alas kaki rangka I dan kaki rangka	1	300	56	Inspeksi perakitan V-belt	1	300
TOTAL						77	33.18

Analisa pada tabel III DFA dapat diketahui jumlah keseluruhan material atau bagian komponen adalah 77 dan total waktu perakitan seluruh bagian adalah 33.180 detik atau 553 menit.

Efisiensi Perakitan Alat Pengaduk Pupuk

Untuk mengetahui sejauh mana tingkat efisiensi dari perakitan produk Dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$E_m = \frac{3 \times N_m}{T_m}$$

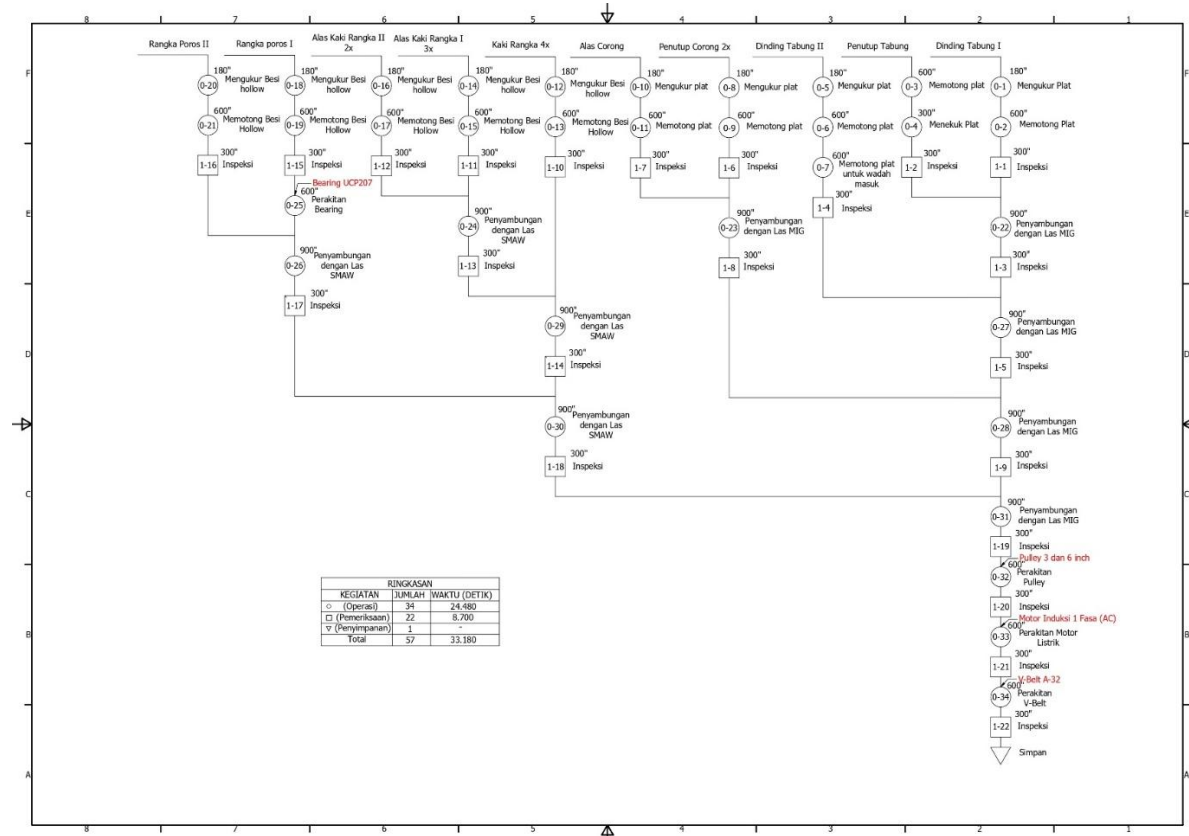
$$E_m = \frac{3 \times 77}{553}$$

$$E_m = 0,417 \rightarrow 0,42 \rightarrow 42\%$$

Dari perhitungan efisiensi perakitan, desain produk mempunyai efisiensi perakitan sebesar 0,417 atau 42%.

Tabel DFMA disusun berdasarkan analisis dari gambar 1 Operation Process Chart (OPC) yang menggambarkan alur nyata proses manufaktur dan perakitan alat pengaduk pupuk. Melalui OPC, setiap langkah kerja dan inspeksi diidentifikasi, lalu dievaluasi dari segi jumlah komponen, tingkat kesulitan, serta waktu proses. Hasil analisis ini kemudian dirangkum dalam tabel DFMA untuk menilai

efisiensi desain dan memberikan usulan perbaikan. Dengan demikian, tabel DFMA merupakan bentuk evaluasi dan penyederhanaan desain yang mengacu langsung pada data operasional dalam OPC.



Gambar 3. Operation Process Chart Actual

Analisis Tabel DFA Alat Pengaduk Pupuk usulan

DFA (Design for Assembly) berikut menyajikan hasil analisis aktual terhadap komponen dan proses perakitan alat pengaduk pupuk. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi efisiensi perakitan berdasarkan jumlah komponen, metode sambungan, waktu perakitan, serta kebutuhan alat bantu atau orientasi khusus. Setiap komponen dievaluasi berdasarkan fungsinya, tingkat kesulitan pemasangan, serta potensi penyederhanaan desain.

Tabel 3. DFA Alat Pengaduk Pupuk

No	Proses Pengerjaan	NM	Waktu (Detik)	No	Proses Pengerjaan	NM	Waktu (Detik)
1	Mengukur plat untuk dinding tabung I	1	180	18	Mengukur besi hollow untuk alas kaki rangka I	3	540
2	Memotong plat dan melakukan inspeksi untuk dinding tabung I	1	600	19	Memotong besi hollow dan melakukan inspeksi untuk alas kaki rangka I	3	1800
3	Memotong plat untuk penutup tabung	1	600	20	Mengukur besi hollow untuk alas kaki rangka II	2	360
4	Menekuk plat dan melakukan inspeksi untuk penutup tabung	1	300	21	Memotong besi hollow dan melakukan inspeksi untuk alas kaki rangka II	2	1200
5	Penyambungan dengan las MIG dan melakukan inspeksi pada penutup tabung dengan dinding tabung I	1	900	22	Penyambungan dengan las SMAW dan melakukan inspeksi pada alas kaki rangka II dan alas kaki rangka I	1	900

6	Mengukur plat untuk dinding tabung II	1	180	23	Penyambungan dengan las SMAW dan melakukan inspeksi pada alas kaki rangka II dan alas kaki rangka I dengan kaki rangka	1	900
7	Memotong plat untuk dinding tabung II	1	600	24	Mengukur besi hollow untuk rangka poros I	1	180
8	Memotong plat untuk wadah masuk dan melakukan inspeksi	1	600	25	Memotong besi hollow dan melakukan inspeksi untuk rangka poros I	1	600
9	Penyambungan dengan las MIG dan melakukan inspeksi pada dinding tabung II dengan penutup tabung dan dinding tabung I	1	900	26	Perakitan bearing pada rangka poros I	1	600
10	Mengukur plat untuk penutup corong	2	360	27	Mengukur besi hollow untuk rangka poros II	1	180
11	Memotong plat dan melakukan inspeksi untuk penutup corong	2	1200	28	Memotong besi hollow dan melakukan inspeksi untuk rangka poros II	1	600
12	Mengukur plat untuk alas corong	1	180	29	Penyambungan dengan las SMAW dan melakukan inspeksi pada rangka poros II dengan rangka poros I	1	900
13	Memotong plat dan melakukan inspeksi untuk penutup corong	1	600	30	Penyambungan dengan las SMAW dan melakukan inspeksi pada rangka poros II dan rangka poros I dengan alas kaki rangka II, alas kaki rangka I dan kaki rangka	1	900
14	Penyambungan dengan las MIG dan melakukan inspeksi pada alas corong dan penutup corong	1	900	31	Penyambungan dengan las MIG dan melakukan inspeksi pada rangka poros II, rangka poros I, alas kaki rangka II, alas kaki rangka I, dan kaki rangka dengan alas corong, penutup corong, dinding tabung II, penutup tabung, dan dinding tabung I	1	900
15	Penyambungan dengan las MIG dan melakukan inspeksi pada alas corong dan penutup corong dengan dinding tabung II, penutup tabung, dan dinding tabung I	1	900	32	Perakitan pulley dan melakukan inspeksi	1	600
16	Mengukur besi hollow untuk kaki rangka	4	720	33	Perakitan motor listrik dan melakukan inspeksi	1	600
17	Memotong besi hollow dan melakukan inspeksi untuk kaki rangka	4	2400	34	Perakitan v-belt dan melakukan inspeksi	1	600
Total						48	24.48

Analisa pada tabel V DFA dapat diketahui jumlah keseluruhan material atau bagian komponen adalah 48 dan total waktu perakitan seluruh bagian adalah 24.480 detik atau 408 menit.

Efisiensi Perakitan Alat Pengaduk Pupuk Usulan

Untuk mengetahui sejauh mana tingkat efisiensi dari perakitan produk Dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$E_m = \frac{3 \times N_m}{T_m}$$
$$E_m = \frac{3 \times 48}{408}$$
$$E_m = 0,352 \rightarrow 0,35 \rightarrow 35\%$$

Dari perhitungan efisiensi perakitan usulan, desain produk mempunyai efisiensi perakitan sebesar 0,352 atau 35%.

Tabel DFMA disusun berdasarkan analisis dari gambar 2 Operation Process Chart (OPC) yang menggambarkan alur nyata proses manufaktur dan perakitan alat pengaduk pupuk. Melalui OPC, setiap langkah kerja dan inspeksi diidentifikasi, lalu dievaluasi dari segi jumlah komponen, tingkat kesulitan, serta waktu proses. Hasil analisis ini kemudian dirangkum dalam tabel DFMA untuk menilai efisiensi desain dan memberikan usulan perbaikan. Dengan demikian, tabel DFMA merupakan bentuk evaluasi dan penyederhanaan desain yang mengacu langsung pada data operasional dalam OPC

Analisis Sensitivitas Efisiensi Perakitan Alat Pengaduk Pupuk

Berdasarkan perhitungan efisiensi perakitan untuk desain awal dan desain usulan, diperoleh hasil sebagai berikut:

a. **Desain Awal:**

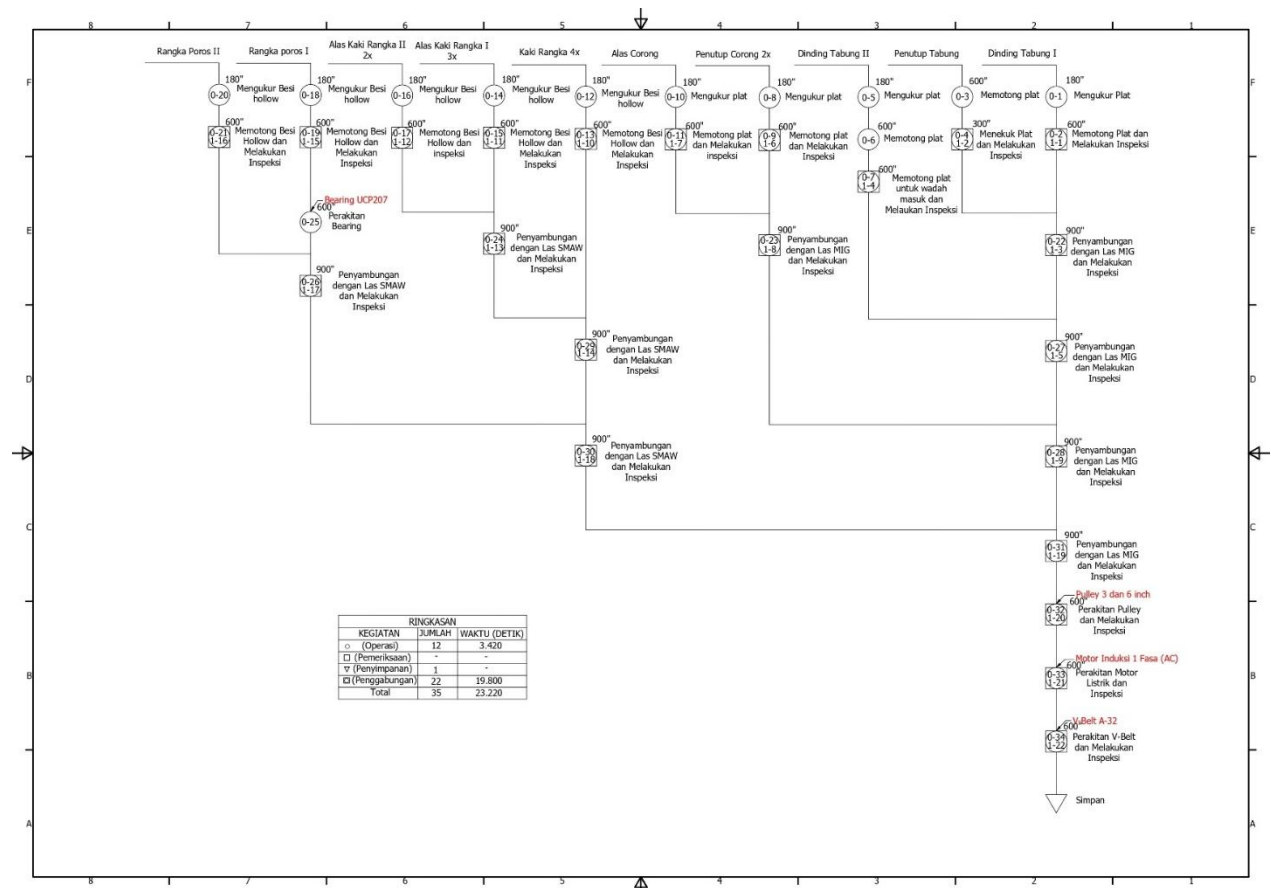
Efisiensi perakitan (E_m) = 42% (dengan jumlah komponen utama, $N_m = 77$ dan waktu perakitan total, $T_m = 553$ detik)

b. **Desain Usulan:**

Efisiensi perakitan (E_m) = 35% (dengan jumlah komponen utama, $N_m = 48$ dan waktu perakitan total, $T_m = 408$ detik)

Interpretasi dan Sensitivitas

1. Penurunan Efisiensi perakitan dari 42% menjadi 35% menunjukkan adanya penurunan kinerja perakitan dari sisi efisiensi per waktu proses meskipun secara jumlah komponen telah berkurang. Hal ini bisa terjadi karena:
 - a. Waktu perakitan total tidak berkurang secara proporsional dengan penurunan jumlah komponen.
 - b. Beberapa proses perakitan mungkin menjadi lebih kompleks atau membutuhkan waktu lebih lama per komponen akibat perubahan desain.
2. Sensitivitas terhadap Jumlah Komponen (N_m): Jika jumlah komponen berhasil dikurangi tetapi tidak disertai penyederhanaan proses pemasangan atau penggabungan fungsi komponen, maka efisiensi perakitan justru dapat menurun. Ini tergambar dari hasil usulan yang meskipun N_m turun dari 77 menjadi 48, efisiensinya justru menurun karena T_m tidak berkurang sebanding.
3. Sensitivitas terhadap Waktu Perakitan Total (T_m): Faktor waktu perakitan total sangat mempengaruhi efisiensi. Pada desain usulan, meski jumlah komponen turun 37%, waktu total hanya turun sekitar 26% (dari 553 detik menjadi 408 detik). Ini mengindikasikan bahwa proses perakitan komponen usulan menjadi lebih rumit atau memerlukan waktu lebih lama per unit komponen.
4. Indikasi Perlu Perbaikan Usulan Desain
Desain usulan perlu dievaluasi ulang, khususnya pada proses atau metode perakitan, agar penyederhanaan jumlah komponen juga diikuti oleh penyederhanaan proses perakitan (sehingga T_m bisa turun lebih signifikan).



Gambar 4. Operation Process Chart Usulan

KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan alat pegaduk pupuk memiliki total 77 komponen penyusun yang terdiri dari besi hollow, besi plat, bearing, pulley, V-belt, motor listrik dan komponen penyusun lainnya, total biaya komponen untuk merancang alat pegaduk pupuk sebesar Rp. 2.402.000. Dari perhitungan efisiensi perakitan, alat pegaduk pupuk mempunyai efisiensi perakitan sebesar 0,417, proses pembuatan alat Alay pengayak pasir dengan jumlah komponen teoritis 77 proses dan waktu perakitan total 553 menit, menghasilkan efisiensi perakitan sebesar 0,42 atau 42%. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan identifikasi proses mana yang menjadi "bottleneck" di desain usulan. Usulkan metode perakitan baru, penggunaan alat bantu, atau integrasi fungsi komponen agar waktu perakitan lebih singkat. Pastikan bahwa pengurangan jumlah komponen benar-benar mengurangi langkah operasi, bukan hanya mengganti komponen menjadi lebih kompleks.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, M. F., Rijanto, E., & Dyah, R. K. (2022). Pengaruh penggunaan komposter terhadap kualitas pupuk organik dari limbah rumah tangga. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 27(3), 112-119.
- Anwar, F., Irfan, A. M., Romadin, A., Saragi, A. A., & Aryanugraha, M. (2025). Sosialisasi Teknologi Tepat Guna (TTG) untuk meningkatkan K3, kualitas, dan produktivitas konstruksi melalui inovasi portable di PT Gelora. *TEKNOVOKASI: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3, 11. <http://journal.unm.ac.id/index.php/TEKNOVOKASI>
- Fauzi, A., & Suryadi, T. (2021). Evaluasi desain produk berbasis Design for Manufacturing and Assembly (DFMA) dalam pengembangan alat pertanian. *Jurnal Rekayasa Mesin dan Manufaktur*, 9(2), 56-63.

- Fitriani, L., & Rahmawati, S. (2020). Optimalisasi penggunaan limbah dapur rumah tangga sebagai pupuk organik cair. *Jurnal Agroindustri*, 5(1), 33-40.
- Ginting, A., Thoha, M., Siregar, A., Furqan, A., & Hutabarat, R. (2024). Analisis perbaikan desain blender menggunakan metode DFMA untuk efisiensi manufaktur. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 15(1), 25-32.
- Handayani, D., & Setiawan, B. (2019). Pengaruh pemilahan sampah organik dan anorganik terhadap efektivitas pengomposan rumah tangga. *Jurnal Lingkungan*, 14(2), 88-95.
- Ikhwanda, I., & Suryadi, S. (2021). Perancangan alat pengaduk pupuk kompos skala rumah tangga. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 12(1), 45-53.
- Kurniawan, H., & Prasetyo, D. (2020). Penerapan teknologi manufaktur untuk peningkatan produktivitas di industri kecil menengah. *Jurnal Teknologi Manufaktur*, 11(3), 67-74.
- Lestari, W., & Widodo, A. (2019). Perancangan produk inovatif dengan pendekatan Design for Assembly pada industri furniture. *Jurnal Desain Produk*, 7(1), 21-29.
- Nuraini, S., Maulidya, T., & Pratiwi, D. (2020). Perbandingan efisiensi pupuk organik dan anorganik terhadap pertumbuhan tanaman sayuran. *Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 3(2), 14-21.
- Pratama, G., & Nugroho, A. (2018). Pengaruh jumlah komponen terhadap waktu perakitan produk elektronik. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 10(1), 41-47.
- Putra, A. R., Arifin, Z., & Patriawan, I. (2022). Perancangan alat pertanian berbasis prinsip DFMA. *Jurnal Rekayasa Teknologi*, 6(2), 78-85.
- Rahayu, S., & Sungkowo, A. (2021). Efektivitas pemilihan material pada proses perakitan alat rumah tangga menggunakan metode DFMA. *Jurnal Teknik Industri*, 12(2), 59-67.
- Ramadhan, R., & Fadillah, M. (2020). Perancangan alat pencacah sampah organik skala kecil. *Jurnal Teknik Mesin Nusantara*, 9(1), 34-40.
- Siregar, A., & Santoso, D. (2023). Inovasi alat pengaduk kompos otomatis berbasis mikrokontroler. *Jurnal Teknologi Tepat Guna*, 15(2), 103-110.
- Suprpto, B., & Jauhari, M. (2021). Efisiensi mesin pengaduk kompos tipe vertikal skala industri kecil. *Jurnal Agroindustri Indonesia*, 10(4), 150-157.
- Sutrisno, A., & Gunawan, R. (2019). Analisis penerapan metode DFMA dalam pengembangan produk blender hemat energi. *Jurnal Energi dan Manufaktur*, 5(3), 64-72.
- Wulandari, S., & Sari, N. (2021). Pengolahan limbah organik rumah tangga menjadi pupuk kompos menggunakan biokonversi. *Jurnal Bioteknologi Lingkungan*, 8(2), 47-53.
- Yuliana, R., & Haryanto, D. (2022). Evaluasi desain produk dengan metode Design for Assembly dalam pengembangan alat pertanian manual. *Jurnal Rekayasa Pertanian*, 11(1), 12-20.