

Analisa Pembebanan pada Bilah Pengaduk dan Poros Utama pada Mesin Pencampur Pupuk Majemuk dengan *Software* SOLIDWORKS

Suherman^{1*}, Ilmi², Didy Suharlan³, Muchsin Harahap⁴, Ali Sai'in⁵

¹Prodi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan Indonesia,
Jl. Kapten Mughtar Basri No.3, Glugur Darat II, Kec. Medan Tim., Kota Medan, Sumatera Utara 20238

²Departemen Teknik Mesin Universitas Sumatera Utara, Medan Indonesia,
Jl. Dr. T. Mansyur No. 9, Kel. Padang Bulan, Medan-Indonesia 20155

³Prodi Teknik Mesin Politeknik Tanjungbalai, Medan Indonesia,
Jl. Sei Raja, Kec. Sei Tualang Raso, Kota Tanjung Balai, Sumatera Utara 21331

⁴Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Negeri Medan,
Jalan Willem Iskandar Pasar V Medan Estate, Medan-Indonesia

⁵Prodi D3 Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang,
Jl. Prof. Sudarto, Tembalang, Kec. Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah 50275

*E-mail: suherman@umsu.ac.id

Diajukan: 17-11-2023; Diterima: 23-04-2024; Dipublikasi: 29-04-2024

Abstrak

Mesin pencampur (*mixer*) pupuk majemuk adalah jenis mesin yang digunakan untuk memproduksi pupuk majemuk. Pupuk ini terdiri dari campuran pupuk humus, kotoran hewan, dan tanah humus. Mesin ini sangat penting dalam penggunaannya sebagai pencampur bahan pupuk yang berbeda jenis, sehingga menghasilkan campuran yang homogen. Tujuan dari penelitian ini adalah mendisain mesin pencampur pupuk yang dapat digunakan oleh Industri kecil dan menengah maupun kelompok tani. Perancangan ini, mempertimbangkan faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan pada komponen utama, seperti poros penggerak, bilah pencampur, sistem transmisi sabuk, rangka mesin, dan lain-lain. Penelitian ini dilakukan dalam tiga tahap, yaitu tahap simulasi pembebanan pada poros penggerak dan bilah pengaduk untuk mengetahui faktor keamanan. Tahap kedua adalah perhitungan-perhitungan dalam disain pada komponen utama mesin. Pada tahap akhir, dilakukan proses pembuatan mesin dan uji coba. Perancangan mesin ini dilakukan simulasi menggunakan software SOLIDWORKS 20. Hasil simulasi dengan SOLIDWORK menunjukkan nilai FOS (*Factor of Safety*) minimal 2,98 pada bilah pengaduk dan poros utama telah memenuhi factor keamanan. Hasil uji coba mesin pencampur pupuk ini memiliki kapasitas 950 kg/jam

Kata kunci: Kompos; kotoran hewan; mesin pencampur; pupuk majemuk; SOLIDWORKS

Abstract

A compound fertilizer mixing machine (*mixer*) is a type of machine used to produce compound fertilizer. This fertilizer consists of humus fertilizer, animal manure, and humus soil. This machine is essential in its use as a mixer of different fertilizer ingredients to produce a homogeneous mixture. This research aims to design a fertilizer mixing machine that small and medium industries and farmer groups can use. In this design, consider the factors that influence the strength of the main components, such as the drive shaft, mixing blade, belt transmission system, machine frame, etc. This research was carried out in three stages, namely the load simulation stage on the drive shaft and stirrer blade, to determine the safety factor. The second stage is calculations in the design of the main components of the machine. In the final stage, the process of making the machine and testing is carried out. The design of this machine was simulated using SOLIDWORKS 20 software. The simulation results using SOLIDWORKS showed a minimum FOS (*Factor of Safety*) value of 2.98 on the stirrer blade and that the main shaft met the safety factor. The test results of this fertilizer mixing machine have a capacity of 950 kg/hour.

Keywords: Compost; animal waste; mixing machine; compound fertilizer; SOLIDWORKS

1. Pendahuluan

Saat ini, seluruh dunia termasuk Pemerintah Indonesia selalu mengkampanyekan pertanian ramah lingkungan dan berkelanjutan. Namun, hingga kini masih terkendala, terutama terkait penyediaan material organik yang baik, seperti pupuk dan pestisida, baik dalam jumlah maupun kesinambungan. Permasalahannya bukan pada ketersediaan bahan baku organik dimaksud, tetapi lebih pada proses pengolahan yang lama dan kurang efisien. Selain itu, *landscap* dan pertanian juga memberikan limbah yang cukup besar, berupa sisa biomassa yang tidak termanfaatkan. Penanganan

yang paling umum saat ini dilakukan petani adalah dengan membakar biomassa tersebut. Sejatinya membakar biomassa justru memberikan dampak negative terhadap lingkungan seperti pemanasan global [1]. Sampah dan limbah organik, sangat potensial untuk diubah menjadi pupuk organik (Gambar 1), dengan menggunakan teknologi yang tepat dan ramah lingkungan [2].

Pupuk majemuk adalah jenis pupuk yang mengandung beberapa unsur hara yang diperlukan oleh tanaman dalam satu kemasan. Pupuk ini dirancang untuk memberikan nutrisi yang lengkap dan seimbang kepada tanaman. Unsur hara utama dalam pupuk majemuk meliputi nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), tetapi juga dapat mencakup unsur mikro seperti magnesium (Mg), kalsium (Ca), dan sulfur (S), tergantung pada kebutuhan tanaman. Penggunaan pupuk majemuk memiliki beberapa keunggulan, termasuk kemudahan dalam aplikasi dan pengukuran dosis yang tepat. Jenis-jenis pupuk majemuk dapat bervariasi sesuai dengan jenis tanaman dan kondisi tanah. Lebih lanjut penggunaan pupuk majemuk lebih efisien dibanding dengan pupuk tunggal [3].



Gambar 1. a) Daun kering dan b) Kotoran hewan sebagai sumber pupuk

Penggunaan pupuk majemuk juga bisa dikombinasikan dengan pupuk kandang, dimana menunjukkan pertumbuhan yang baik pada tanaman cabai [4]. Selain itu pupuk majemuk juga bisa dikombinasikan dengan pupuk tunggal dalam pemupukan tanaman terung [5]. Kombinasi pupuk anorganik, organik dan pupuk hayati telah meningkatkan produksi tanaman pangan [6]. Penggunaan pupuk majemuk bertujuan mengurangi penggunaan pupuk kimia yang berdampak buruk terhadap kesuburan tanah dan kerusakan lingkungan [7].

Dalam rapat terbatas, Presiden mengintruksikan untuk mengurangi ketergantungan penggunaan pupuk kimia dan meningkatkan penggunaan pupuk organik. Lebih lanjut presiden meminta untuk menghidupkan kembali produsen pupuk organik skala mikro dan kecil. Lebih lanjut presiden meminta agar memberikan pelatihan-pelatihan kepada para petani dan komunitas serta membangun pola pikir mengenai pupuk organik [8].



Gambar 2. Proses pengomposan daun dan pembuatan pupuk majemuk [9]

Hal ini diatas dapat diatasi dengan penggunaan pupuk organic dan mengurangi penggunaan pupuk kimia yang diproduksi oleh Kelompok Tani atau Industri Kecil Menengah (IKM) yang berasal dari daun sisa *landscape* dan kotoran hewan. Akan tetapi ada beberapa kendala yang dihadapi yang menghambat dalam produksi pupuk majemuk yaitu pengetahuan cara pembuatan dan penerapan teknologi tepat guna. Secara singkat proses pembuatan pupuk majemuk dimulai dari proses pengomposan hingga pencampuran beberapa jenis pupuk dengan menggunakan mesin pencampur sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.

Saat ini mesin pengaduk kompos telah banyak dirancang oleh banyak peneliti lain (Tabel 1), akan tetapi sebagian besar berfungsi sebagai pengaduk kompos yang memiliki kapasitas yang kecil. Oleh karena itu perlu diteliti Mesin pencampur pupuk majemuk yang berfungsi khusus sebagai pencampur berbagai jenis bahan (humus, tanah dan kotoran hewan-KOHE) dan mesin sejenis belum diteliti oleh peneliti lain. Lebih lanjut, tujuan perancangan ini adalah memberikan informasi kepada kelompok petani dan IKM dalam pembuatan mesin pencampur pupuk majemuk. Pada Tabel 1 disajikan spesifikasi mesin, jenis bahan yang diaduk dan sistem transmisi yang telah dirancang oleh beberapa perancang.

Tabel 1. Tinjauan mesin pengaduk kompos

Spesifikasi mesin	Kapasitas	Jenis bahan	Perancang
Penggerak mesin bensin, transmisi sabuk v, sumbu horizontal	40 kg/ 3 menit	Kompos	Ardiansyah [10]
Penggerak mesin bensin, transmisi sabuk v, sumbu horizontal	50 kg/ jam	Serbuk kayu, tanah dan sekam	Edwin dkk [11]
Penggerak mesin diesel, transmisi sabuk v, sumbu horizontal	0,2 -0,3 m ³ /jam	Kotoran sapi	Darmanto [12]
Penggerak motor listrik, transmisi sabuk v, sumbu horizontal	0,4 -0,5 m ³ /menit	Kotoran sapi	Senen dkk [13]
Penggerak motor listrik ¼ HP, transmisi sabuk v, sumbu horizontal	5 kg	Kotoran hewan, tanah dan sekam padi	Pratama [14]
Penggerak mesin bensin 6 PK, transmisi sabuk v, sumbu horizontal	500 kg/jam	Kotoran sapi	Suhartoyo [15]

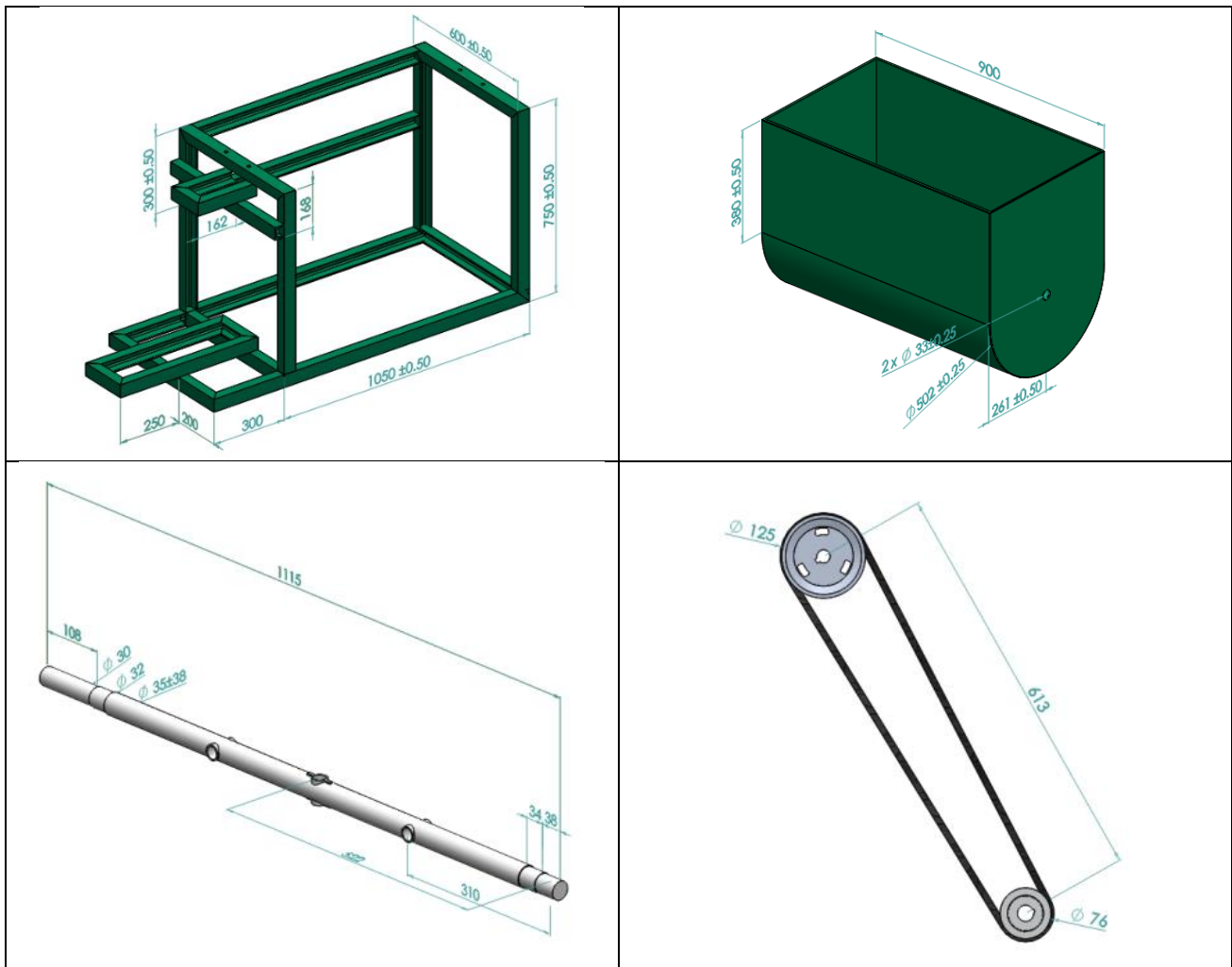
Pada penelitian ini dilakukan perancangan dan pembuatan mesin pembuat pupuk majemuk dari campuran dari berbagai jenis bahan dari humus daun, tanah dan kotoran hewan. Perancangan meliputi disain dan simulasi pembebanan menggunakan *software* SOLIDWORK. Perhitungan - perhitungan beban yang dikenai pada komponen utama dilakukan untuk memperhitungkan batas keamanan setiap komponen utama pada mesin. Mesin pencampur pupuk kompos yang telah selesai dibuat dan selanjutnya diujicoba untuk mengetahui keandalan dan kapasitas produksi.

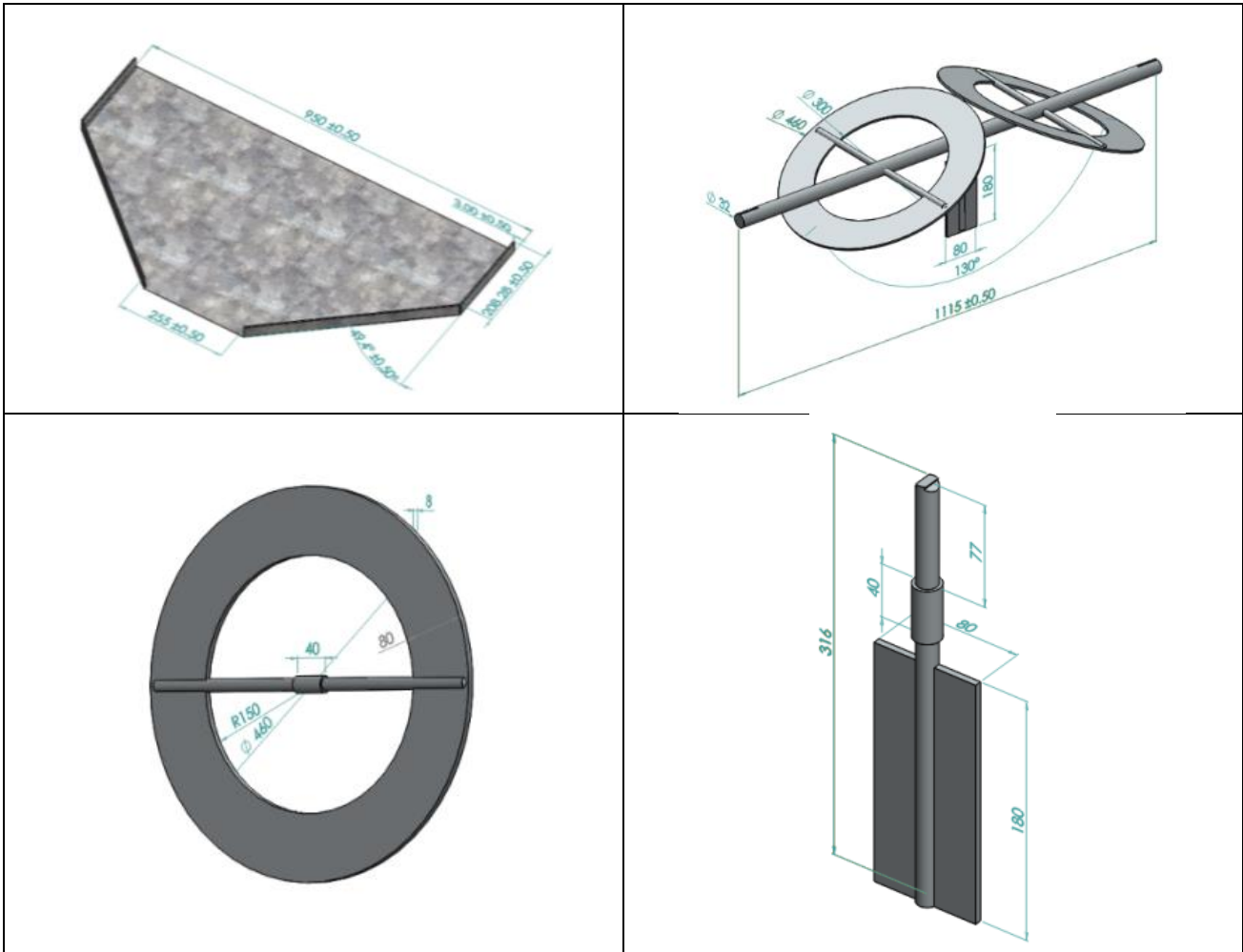
2. Material dan metodologi

2.1 Desain Mesin

Perancangan mesin pembuat pupuk majemuk menggunakan *software* SOLIDWORKS 20, dimana beberapa komponen utama seperti rangka, wadah *mixer*, sistem transmisi sabuk V, pisau pengaduk, bantalan, *hopper* didesain sedemikian rupa. Selain itu pada tahap perancangan juga dilakukan simulasi pembebanan pada pisau pengaduk dan poros penggerak agar diketahui faktor keamanannya. Adapun hasil desain mesin pencampur pupuk majemuk sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Dimensi komponen utama mesin pengaduk pupuk





2.2 Perhitungan Komponen Utama Mesin

Mesin pembuat pupuk majemuk berfungsi sebagai pencampur pupuk humus, tanah dan kotoran hewan. Rangka dan tangki pada mesin ini harus mampu menahan massa dari bahan yang akan dicampur. Selain itu, agar semua bahan dapat dicampur dengan baik, poros dan pisau pengaduk harus mampu menahan beban-beban yang dikenainya. Dalam perancangan ini ada beberapa komponen utama yang akan diperhitungkan seperti daya mesin, diameter poros, ukuran bantalan, ukuran sabuk, diameter puli penggerak dan digerakkan dan lain-lain. Perhitungan daya rencana (P_d) dapat digunakan persamaan (1) [21].

$$P_d = f_c \cdot P \text{ (kW)} \quad (1)$$

dimana daya penggerak mesin (P) dan f_c merupakan faktor koreksi. Untuk menghitung momen puntir (T) pada poros dihitung dengan Persamaan (2).

$$T = 9.74 \times 10^5 \times \frac{P_d}{n_1} \text{ (kg.mm)} \quad (2)$$

Tegangan geser yang diizinkan (τ_a) dapat dihitung dengan berdasarkan bahan yang telah dipilih, oleh karena itu tegangan geser bahan dihitung dengan Persamaan (3)

$$\tau_a = \frac{\tau_B}{sf_1 \times sf_2} \quad (3)$$

Kekuatan tarik bahan poros (τ_B) dipilih dengan bahan poros S45C-D, dimana sf_1 merupakan faktor keamanan pada poros untuk bahan S-C dan faktor kekerasan pada poros dilambangkan dengan simbol sf_2 . Sularso dan Suga [21] menyebutkan, Diameter poros (d_s) dihitung dengan mempertimbangkan beberapa faktor seperti momen puntir (T), faktor koreksi dengan momen putir (k_t) serta faktor koreksi dengan beban lentur (C_b). Dengan demikian, diameter (d_s) poros dapat diperhitungkan dengan Persamaan (4).

$$d_s = \left[\frac{5.1}{\tau_a} \cdot k_t \cdot C_b \cdot T \right]^{1/3} \quad (4)$$

Selanjutnya, tegangan geser pada poros dihitung dengan persamaan (5).

$$\tau = \frac{5.1 \times T}{(d_s)^3} \quad (5)$$

Dalam desain poros, faktor keamanan menjadi sangat penting, di mana tegangan geser harus memenuhi kondisi $\tau \leq \tau_a$. Oleh karena itu, pada mesin pembuat pupuk majemuk, kecepatan putaran mesin tidak boleh terlalu tinggi. Untuk mengatasi hal ini, *reducer* ditambahkan untuk mengurangi kecepatan putaran poros mesin, sehingga kecepatan poros penggerak pisau pencampur menjadi lebih rendah. Selain itu, putaran poros penggerak juga disesuaikan dengan perbandingan diameter puli. Kecepatan putaran puli penggerak dan yang digerakkan dihitung menggunakan Persamaan (6).

$$n_2 = \frac{n_1 \cdot d_1}{d_2} \quad (6)$$

dimana putaran poros puli yang digerakkan (n_2) dan putaran puli yang penggerak (n_1), dan diameter puli penggerak (d_1). Selanjutnya diameter puli yang digerakkan (d_2). Putaran pada poros penggerak mesin di transmisi melalui sabuk (*belt*) jenis V *belt*. Untuk menghitung kecepatan linear sabuk (v) digunakan Persamaan (7).

$$v = \frac{\pi \cdot d_p \cdot n}{60 \times 1000} \quad (7)$$

Putaran pada mesin penggerak (n) dan diameter puli yang digerakkan (d_p). Panjang keliling sabuk (L) dihitung agar sesuai dan disarankan tidak boleh terlalu longgar, karena massa pupuk cukup besar sehingga bisa terjadi *slip* pada sabuk. Untuk menghitung panjang keliling sabuk dengan mempertimbangkan jarak antar poros dan diameter puli sebagaimana Persamaan (8).

$$L = 2(c) \frac{\pi}{2} (d_p + D_p) + \frac{1}{4 \cdot c} (D_p - d_p)^2 \quad (8)$$

Diameter puli yang penggerak (D_p) dan jarak antar kedua poros (c), lebih lanjut, jarak antar poros (c) dapat diperhitungkan dengan Persamaan (9).

$$c = \frac{b + \sqrt{b^2 - 8(D_p - d_p)}}{8} \quad (9)$$

Sudut kontak pada sabuk didapatkan dengan menggunakan Persamaan (10).

$$\phi = 180^\circ - \frac{57(D_p - d_p)}{c} \quad (10)$$

Dengan mempertimbangkan beban-beban yang diterapkan, kritikalitas umur dan keandalan bantalan menjadi esensial, terutama pada komponen seperti bantalan (*bearing*). Dalam konteks mesin pencampur pupuk, bantalan (*bearing*) berperan sebagai penopang utama untuk menanggung bobot pupuk, poros, dan pisau pengaduk. Berbagai jenis beban, seperti beban ekuivalen dinamis dan beban radial, menjadi aspek yang perlu dipertimbangkan secara serius. Nilai beban radial pada mesin pencampur pupuk dapat dihitung sesuai Persamaan (11) [21].

$$F_r = \frac{102 \cdot P}{V} \quad (11)$$

Dimana beban (P) dalam kg dan P_r merupakan besarnya beban ekuivalen dinamis pada bantalan dengan memperhitungkan besar beban radial (F_r) dan *factor* beban radial (y) sedangkan beban aksial (F_a) yang mengenai bantalan.

$$P_r = x \cdot v \cdot F_r + y \cdot F_a \quad (12)$$

Faktor kecepatan harus dihitung sebelum menghitung umur bantalan. Faktor kecepatan dihitung dengan menggunakan Persamaan (13).

$$f_n = (33.3/n)^{1/3} \quad (13)$$

Untuk menghitung volume bak pencampur dapat menggunakan Persamaan (14).

$$Volume \ tabung = \pi \cdot r^2 \cdot L \quad (14)$$

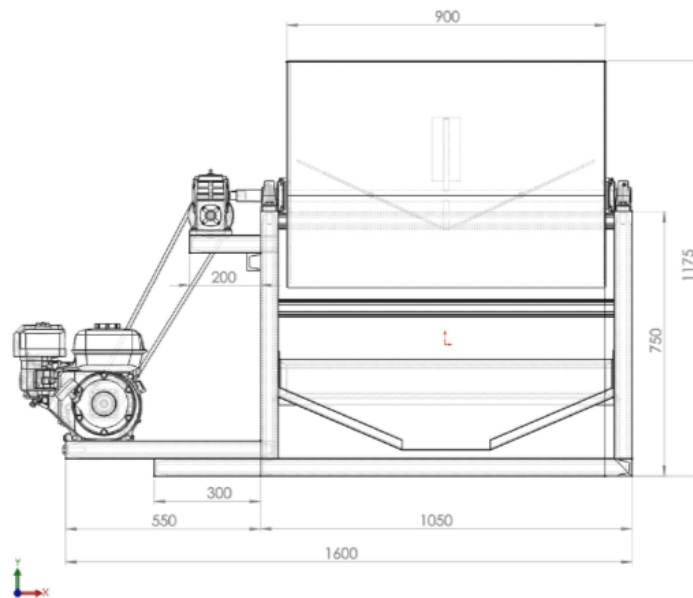
Dengan r adalah jari-jari bak dan L adalah panjang tabung dan volume balok dapat dihitung dengan Persamaan (15).

$$Volume \ balok = panjang \times lebar \times tinggi \quad (15)$$

3. Hasil dan pembahasan

3.1 Hasil Perancangan Mesin

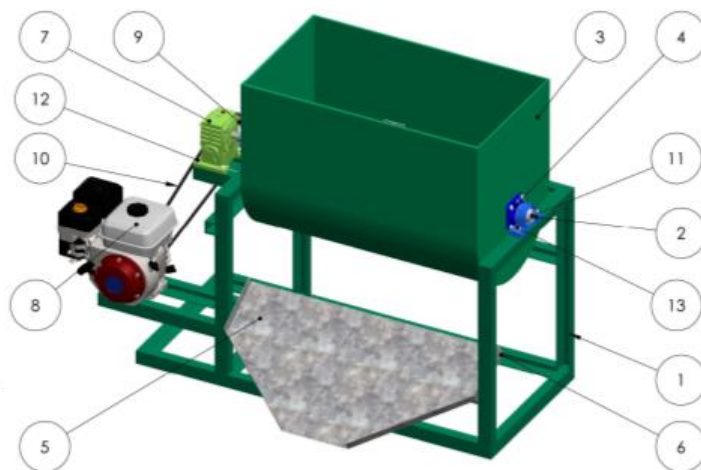
Mesin pencampur (*mixer*) pupuk majemuk dan bagian utama mesin seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Mesin ini terdiri dari beberapa komponen utama seperti rangka (bagian 1), *pillow block bearing* (bagian 2), wadah *mixer* (bagian 3), *bearing fleng* (bagian 4), *hopper* (bagian 5), rangka *hopper* (bagian 6), *gear box reducer* (bagian 7), motor bakar (bagian 8), *set pully V* (bagian 9), *v belt* (bagian 10), poros pengaduk (bagian 11), baut M10 (bagian 12), baut M12 (bagian 13).



Gambar 3. Dimensi komponen utama mesin pencampur pupuk majemuk

3.2 Cara kerja mesin dan Komponen Utama

Mesin ini dilengkapi dengan penggerak mesin bensin dengan daya maksimum 6 HP untuk menggerakkan puli kecil. Daya dan putaran dari mesin diteruskan melalui sabuk V ke puli besar berukuran 5 inchi untuk mengurangi putarannya (gambar 4). Puli besar ini dihubungkan ke *gear box reducer* yang memiliki perbandingan putaran (60:1).



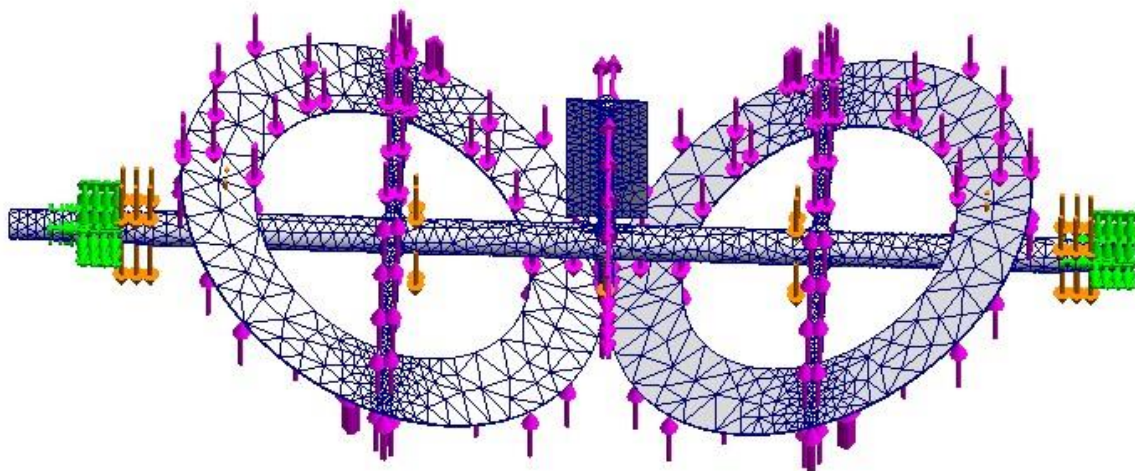
No	Komponen	Keterangan	Jumlah
1	Unit Rangka	UMP 50 mm x 50 mm x 5 mm	1
2	<i>Pillow Block Bearing</i>	32 mm	2
3	Wadah <i>Mixer</i>	BCR 5 mm	1
4	5967K88	<i>Bearing</i> , Flange MNT, 1-1/2* SHFT, STL	2
5	<i>Hopper Output</i>	Plate BCR 2 mm	1
6	Rangka <i>Hopper</i>	Siku 25 mm x 25 mm x 3 mm	1
7	<i>Gearbox Reducer</i>	WPS 60	1
8	Motor Bakar BBM	<i>Gasoline Engine</i> GX 6 HP	1
9	<i>Set Pully</i> Penggerak dan Penerus	3 Inch	1
10	<i>V-Belt</i>	<i>V-Belt Karet Pully</i>	1
11	Poros Pengaduk	Poros 32 SS	1
12	B18.2.3.2M - <i>Formed Hex Screw</i> , M10 x 1,5 x 20 - 20 WN		12
13	B18.2.3.6M - <i>Heavy Hex Bolt</i> , M12 x 1,75 x 55 - 30 N		7

Gambar 4. Hasil perancangan mesin pencampur pupuk majemuk

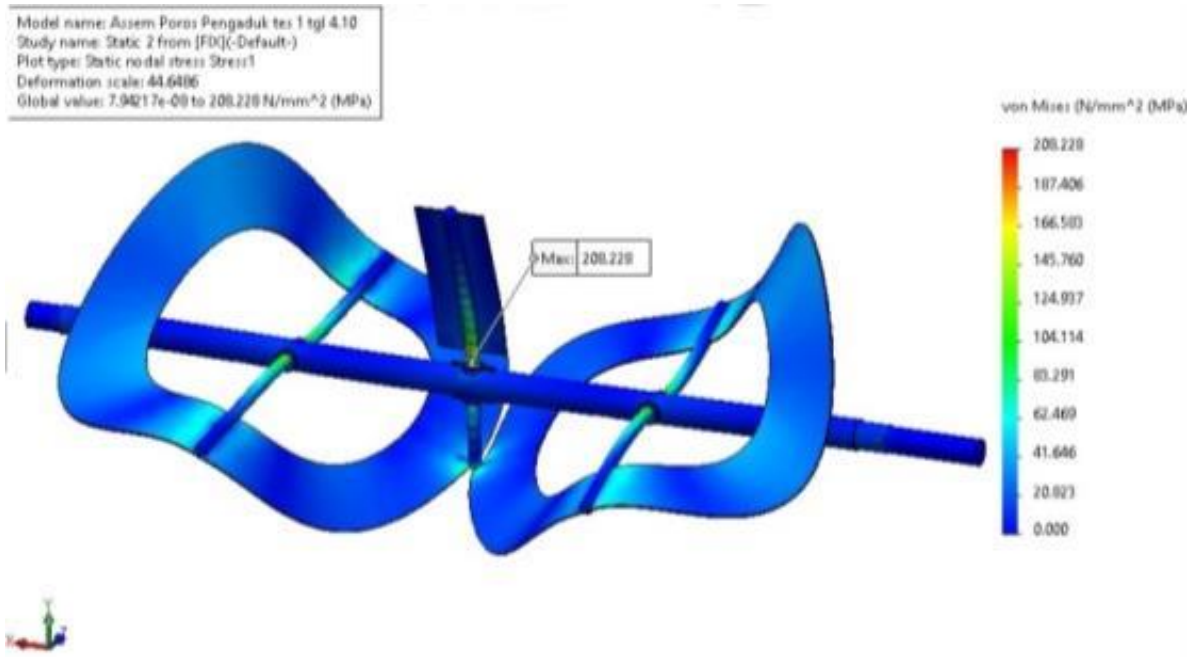
Putaran dari mesin direduksi sehingga pada putaran poros penggerak berkurang secara signifikan. Poros ini dihubungkan dengan pisau pengaduk berbentuk plat berbentuk lingkaran sejumlah 2 buah dan berbentuk pelat yang berfungsi sebagai pengaduk kompos, kotoran hewan dan tanah humus agar tercampur secara sempurna. Pemasukan pupuk dilakukan dengan memiringkan wadah *mixer*, setelah pupuk dimasukkan selanjutnya wadah *mixer* dikembalikan ke posisi semula. Setelah pupuk sudah tercampur secara sempurna, selanjutnya pupuk kembali dijatuhkan melalui *hopper output* dan pupuk siap untuk dikemas.

3.3 Simulasi

Pada Gambar 5, *meshing* merupakan proses membagi model atau benda menjadi beberapa elemen yang dibatasi oleh suatu *boundary*. Tipe *mesh* yang digunakan adalah *solid mesh*. Simulasi *stress analysis* dilakukan untuk mendapatkan hasil pembebanan statik berupa *von mises stress* dan *Factor of Safety (FOS)* dan *displacement*, hal ini dilakukan untuk mengetahui keberhasilan dari perancangan yang telah dibuat.

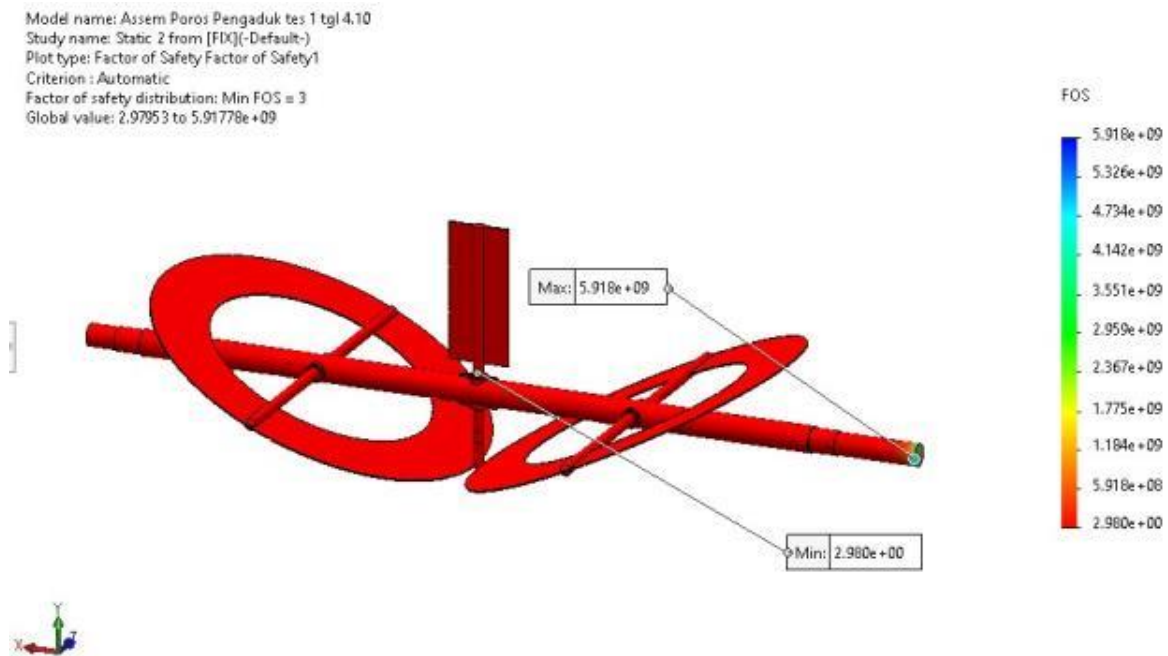


Gambar 5. Hasil *solid mesh*



Gambar 6. Von mises stress

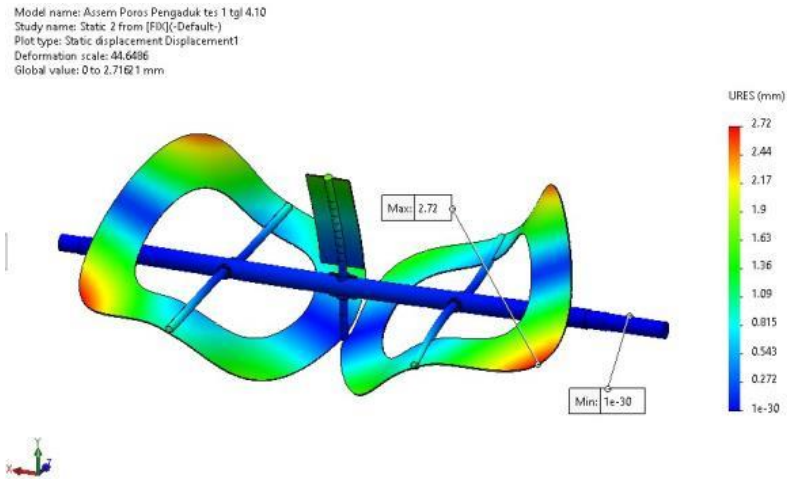
Gambar 6 menunjukkan poros pengaduk diberi beban dengan 3060 N karena kapasitas bak pengaduk mesin pengaduk kompos sebesar 312 kgf. Menunjukkan Hasil ketika poros pengaduk diberi beban 3060 N maka poros tersebut masih dalam keadaan aman ketika disimulasikan dengan *software* SOLIDWORKS. Desain poros pengaduk ini memiliki tegangan terbesar senilai 208.230 MPa terjadi pada sambungan antara poros penggerak dengan batang daun pengaduk di bagian tengah, sedangkan terkecil senilai 20.800 MPa terjadi pada batang poros penggerak penerus.



Gambar 7. Hasil FOS

Gambar 7 memperlihatkan disain poros pengaduk menunjukkan nilai FOS minimal dan maksimal. Nilai terkecil adalah 2.980 yang artinya disain poros pengaduk aman dengan diberi beban statis sebesar 3060 N (312 kgf). Nilai FOS

terkecil ada pada area merah, yaitu pada batang daun pengaduk dan hampir diseluruh batang penghubung poros pengaduk. Sedangkan nilai FOS terbesar berada pada batang tempat poros *pully* penerus putaran dari motor penggerak, sebesar 5.91. Faktor Keamanan (*Factor of Safety/FOS/SF*) adalah patokan utama yang digunakan dalam menentukan kualitas produk. Nilai FOS minimal kurang dari 1, maka produk kualitas jelek, tidak aman, cenderung membahayakan, sebaliknya jika nilai FOS lebih dari 1 maka produk tersebut berkualitas baik aman dan layak digunakan.



Gambar 8. Perubahan bentuk (*Displacement*)

Gambar 8 memperlihatkan benda poros pengaduk mengalami lengkungan ini terjadi apabila beban 3060 N diberikan secara tiba-tiba, sehingga jika diaduk perlahan-lahan maka poros pengaduk tetap tidak akan melengkung. *Displacement* adalah perubahan bentuk pada benda yang dikenai gaya. Bagian yang paling melengkung dari benda poros pengaduk adalah daerah berwarna paling merah sebesar 2,72 mm pada daun pengaduk, dan bagian paling lurus adalah bagian berwarna biru pada batang poros pengaduk.

3.4 Mesin pengaduk

Mesin pencampur pupuk majemuk berfungsi sebagai mesin pencampur berbagai jenis pupuk dengan perbandingan 30% humus daun, 30% kotoran dan hewan dan 40% tanah humus (Gambar 9). Proses ini pencampuran dilakukan beberapa waktu hingga seluruh campuran tercampur secara sempurna. Setelah seluruh bahan tercampur secara homogen, tahap selanjutnya pupuk sudah bisa dikemas. Uji coba dilakukan 3-5 kali perulangan setelah mesin ini telah selesai dibuat untuk memperoleh data kapasitas mesin.



Gambar 9. Uji coba mesin pengaduk pupuk majemuk

3.5 Kapasitas Mesin Pencampur

Karena bentuk bak pencampur terdiri dari 2 bagian 1 bagian berbentuk setengah silinder dan 1 bagian berbentuk balok (Tabel 2). Maka setelah dihitung volume total bak penampung adalah 0,274 m³ jika terisi penuh. Total massa yang bisa dicampur dengan mempertimbangkan massa jenis ketiga bahan yang akan dicampur. Massa jenis humus daun adalah 640 kg/m³, massa jenis tanah humus 1.370 kg/m³ dan massa jenis kotoran hewan 1.350 kg/ m³. Dari hasil perhitungan dan uji coba diperoleh data kapasitas mesin ini adalah sebesar 157 kg/proses. Untuk mendapatkan campuran homogen dibutuhkan waktu 10 menit sehingga diperoleh kapasitas mesin adalah 950 kg/jam. Hasil ini tergantung kadar air dari masing-masing bahan (humus daun, tanah dan KOHE). Hasil penelitian ini jauh tinggi sebagaimana yang dilaporkan Ardiansyah dkk [10] dan Edwin dkk [11] yaitu kapasitas mesinnya masing-masing sebesar 40 kg/jam dan 50 kg/jam. Adapun komponen utama dan spesifikasi mesin ditabulasi pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil perancangan komponen utama mesin

Nama Komponen	Spesifikasi
Daya motor bensin	P: 6 HP, n ₁ : 1430 rpm
Poros utama	bahan S45 C-D; σ _B : 60 kg/mm ² ; d _s :32 mm; n ₂ : 106 rpm; τ _a : 8,24 kg/mm ²
Gear box/ reducer	Rasio putaran 40:1
Sabuk	Tipe v belt; A1; L: 754 mm; θ: 175°; v sabuk 0,011 m/s
Diameter pulley	D _p : 127 mm dan dk: 76 mm
Jarak antar poros	613 mm
Bantalan	Jenis bantalan gelinding, di: 15 mm; D: 32mm; kg, JIS 6002;
Volume tabung pencampur	0,249649 m ³
Kapasitas	950 kg/ jam

Pada rancangan mesin menggunakan sistem transmisi sabuk tipe V dimana sebagian besar mesin sejenis menggunakan sistem transmisi sejenis sebagaimana rancangan beberapa peneliti [10-12, 14]. Sistem transmisi sabuk memiliki kelemahan seperti hanya cocok untuk beban ringan [16], sehingga ketika mesin harus bekerja pada beban besar mengakibatkan terjadinya *slip* pada sabuk. Tabel 3 menunjukkan diameter poros utama hasil perancangan sebesar 32 mm dimana hasil ini mirip dengan hasil rancangan Faujiah dan Mardiyansyah [17] yaitu sebesar 32 mm dimana poros utama untuk pengaduk pada mesin pansit labu.

4. Kesimpulan

Dari hasil perancangan mesin pencampur pupuk majemuk, dapat disimpulkan bahwa simulasi menggunakan SOLIDWORKS menunjukkan nilai FOS minimal sebesar 2.9 pada bilah pengaduk dan poros utama. Hal ini menunjukkan bahwa desain tersebut memiliki keamanan yang memadai. Namun, ditemukan bahwa massa pupuk yang terlalu besar dapat meningkatkan risiko kerusakan pada bagian pelat pengaduk, terutama pada pelat pengaduk lingkaran. Mesin pencampur pupuk majemuk ini memiliki kapasitas produksi sebesar 950 kg/jam dengan volume tabung sebesar 0.249649 m³. Dengan demikian, mesin ini dirancang untuk dapat menghasilkan pupuk majemuk dalam jumlah yang cukup besar dalam satu waktu operasional.

Meskipun mesin pencampur pupuk majemuk memiliki kapasitas produksi yang cukup besar, namun terdapat beberapa kekurangan yang perlu diperhatikan. Salah satunya adalah kerentanan terhadap kerusakan pada bagian pelat

pengaduk, terutama saat menerima beban dari massa pupuk yang berlebihan. Lebih lanjut ketika menerapkan beban penuh, sabuk akan mengalami slip sehingga akan mengganggu kinerja mesin. Dengan memperhatikan batasan-batasan ini, perlu dilakukan pemeliharaan yang rutin dan penyesuaian desain agar mesin dapat beroperasi secara optimal.

Mesin pencampur pupuk majemuk memiliki kapasitas besar, namun rentan terhadap kerusakan pada pelat pengaduk saat menerima beban berlebihan. Penggunaan sistem transmisi rantai disarankan untuk menghindari terjadinya slip pada sistem transmisi sabuk saat beban maksimum diterapkan. Dengan memperbaiki kekurangan yang ada dan mengoptimalkan kinerjanya melalui riset-riset masa depan, mesin pencampur pupuk majemuk dapat menjadi lebih efektif dan efisien untuk meningkatkan produksi pupuk majemuk sehingga bisa memenuhi kebutuhan industri pertanian.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan Dana untuk kegiatan penelitian ini tahun 2023.

Daftar Pustaka

- [1] Wahyudi, J., Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dari Pembakaran Terbuka Sampah Rumah Tangga Menggunakan Model IPCC. *Jurnal Litbang: Media Informasi Penelitian, Pengembangan Dan IPTEK*. Juni 2019; 15(1): pp. 65-76.
- [2] Murdiono, A., Al Qomaru, N. F., dan Rosyadi, N. F. Pengolahan Pupuk Organik dari Limbah Pertanian dan Peternakan Menggunakan Metode Pengomposan di Desa Tenggiring, Kecamatan Sambeng, Kabupaten Lamongan. *Jurnal Graha Pengabdian*. 2021; 3(4): pp. 306-315.
- [3] Saputra, J., Ardika, R., dan Wijaya, T., Respon Pertumbuhan Tanaman Karet (*Hevea Brasiliensis*) Belum Menghasilkan Terhadap Pemberian Pupuk Majemuk Tablet. *Indonesian Journal of Natural Rubber Research*. April 2017; 35(1): pp. 49-58.
- [4] Pakerti, W. A., Widjajanto, D. dan Fuskhah, E., Pengaruh Kombinasi Pupuk Kandang dan Pupuk Majemuk Serta Dosis Arang Sekam pada Pertumbuhan dan Produksi Cabai Rawit Hibrida (*Capsicum Annum L.*). *Jurnal Agrotech*. Juni 2021; 11(1): pp. 27-35.
- [5] Pramono, W. J., Uji Efisiensi Pupuk Majemuk dan Pupuk Tunggal Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Terung (*Solanum Melongena, L*) pada Tanah Gambut dan Mineral. *Indonesia: Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau*; 2016.
- [6] Rosadi, A. H., Kebijakan Pemupukan Berimbang untuk Meningkatkan Ketersediaan Pangan Nasional. *Jurnal Pangan*. Maret 2015; 24(1): pp. 1-14.
- [7] Marwantika, A. I., Pembuatan Pupuk Organik Sebagai Upaya Pengurangan Ketergantungan Petani terhadap pupuk kimia di Dusun Sidowayah, Desa Candimulyo, Kecamatan Dolopo, Kabupaten Madiun. *InEJ: Indonesian Engagement Journal*. Juni 2020; 1(1): pp. 17-28.
- [8] BPMI Setpres, Dorong Penggunaan Pupuk Organik, Presiden Minta Mentan Sesuaikan Aturan Pupuk Subsidi," ed. Jakarta: Sekretariat Presiden RI, 2023, p. 1.
- [9] Ilmi, I., Suherman, S., Sari, Y. A., Dilham, A., dan Diana, V. E., Produksi Kompos Dari Limbah Kebun Binatang Medan. *Unri Conference Series: Community Engagement*. 2023, vol. 5, pp. 255-263.

- [10] Ardiansyah, F., Rijanto, A., dan Dyah, A. I., Rancang Bangun Alat Pengaduk Pupuk Organik. Prosiding Seminar Nasional Teknik (Semastek). 2022; 1(1); pp. 238-241.
- [11] Edwin, Andrianto, K., dan Junizar, D., Rancang Bangun Mesin Pengaduk Pupuk Kompos. Indonesia: Politeknik Manufaktur Negeri; 2021.
- [12] Darmanto, S., Rancang Bangun Mesin Pengolah Pupuk Kotoran Sapi. TRAKSI. 2013; 13(1).
- [13] Senen, S. dan Darmanto, S. D. S., Rancang Bangun Mesin Pengolah Kotoran Sapi. INFO. 2017; 16(1): pp. 9-12.
- [14] Pratama, A. E., Suarbawa, I., dan Suherman, I. K., Rancang Bangun Alat Pengaduk Pupuk Organik dengan Penggerak Motor Listrik dengan Kapasitas 5 kg. Indonesia: Politeknik Negeri Bali; 2022.
- [15] Ahmar, A. S., Rekayasa Mesin Pengaduk untuk Pembuatan Pupuk Kandang Kotoran Sapi Guna Meningkatkan Kesejahteraan UKM Peternak Sapi. Panrannuangku Jurnal Pengabdian Masyarakat. 2021; 1(2): pp. 63-70.
- [16] K. Sularso dan Suga, Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin. Jakarta: PT Pradnya Paramita; 2004.
- [17] F. Faujiyah dan Y. Mardiansyah, "Rancang Bangun Poros Pengaduk pada Pengembangan Mesin PENGADUK Adonan Pangsit Labu. Jurnal TEDC. 2021; 15(1): pp. 32-36.