

Perancangan Mesin Pengaduk Bubur 10 Liter/Jam Dengan Metode VDI 2221

Rezy Herdian, Mochammad Arvin Syarifuddin

Program Studi Teknik Mesin Politeknik Sukabumi
Jl. Babakan Sirna 25, Kota Sukabumi, Indonesia
Rezyherdian7@gmail.com
Arvinaero@gmail.com

Abstrak

Bubur adalah suatu jenis makanan yang dibuat dari berbahan dasar beras dengan cara pembuatan bubur meliputi tahap pembersihan dan mencampurkan semua bahan dasar lalu di aduk berulang ulang sampai merata, maka halhal yang berhubungan dengan proses pengadukan pada adonan bubur tersebut perlu di perhatikan, dengan tujuan untuk merancang dan menentukan konsep terbaik mesin penumbuk kacang tanah, serta menentukan bentuk, ukuran dan kapasitas, meningkatkan efisiensi waktu dalam proses penumbukan. Menganalisa setiap komponen yang dibutuhkan untuk membuat mesin pengaduk bubur dari berbagai referensi, Menganalisa konseptual dari mesin pengaduk bubur kapasitas 10Liter, Menghasilkan DED (Detail Enginering Desain) yang di butuhkan untuk membuat mesin pengaduk bubur kapasitas 10Liter, Mesin pengaduk bubur ini menggunakan Metode Perancangan VVDI 2221 terdiri 4 fase yaitu, Penjabaran Tugas (Clarification Of Task), Penentuan Konsep Rancangan (Conceptual Design), Perancangan Wujud (Embodement Design), Perancangan Rinci (Detail Design), Maka dari itu dirancanglah mesin pengaduk bubur dengan kapasitas 10liter menggunakan detail mesin yaitu motor listrik 1 phasa 1/2hp 1400rpm daya 0,5hp, dengan komponen berupa 2 pulley diameter 101,6mm, 76,2 mm dihubungkan dengan v-belt a83, gearbox 1:40, poros yang digunakan berdiameter 30mm dengan bahan ss304 dengan pengaduk jenis paddle.

Kata Kunci: perancangan, mesin, pengaduk, bubur

1. PENDAHULUAN

Untuk mengolah beras menjadi bubur, beras dan air harus melewati proses pengadukan. Cara umum yang sering digunakan untuk mengaduk diantaranya adalah dengan sendok adukan. Hasil dari pengadukan air dan beras tersebut akan menjadi bubur selama waktu yang telah ditentukan. Proses pengadukan yang terdapat di atas kurang mendapatkan hasil yang memuaskan karena selain hasilnya relative kurang halus, juga masih menggunakan tenaga manusia sehingga memerlukan tenaga ekstra dalam proses pembuatannya.

Hal ini yang mendorong kami untuk merancang dan membuat suatu mesin pengaduk bubur kapasitas 10 liter/jam yang mempunyai fungsi untuk mengaduk bubur secara otomatis oleh mesin yang telah di rancang. Sehingga untuk jangka waktu yang sama dapat diperoleh hasil yang lebih banyak dibandingkan dengan cara yang sudah ada. Tenaga manusia (pekerja).

Berdasarkan permasalahan yang dihadapi serta didukung penelitian sebelumnya, maka peneliti akan mencoba merancang sebuah mesin yang sederhana dan efektif yang dapat membantu dalam proses pengadukan air dan beras sehingga dapat membantu dan mempermudah pekerjaan supaya lebih praktis. Alat yang baik sangatlah dibutuhkan demi meningkatkan kemajuan dan menghindari terjadinya berbagai masalah di masa yang akan datang. Proses perancangan mesin ini akan peneliti tuangkan dalam sebuah penulisan tugas akhir dengan judul **“Perancangan Mesin Pengaduk Bubur Kapasitas 10liter/jam dengan Metode VDI 2221 ”**

2. METODOLOGI PENELITIAN

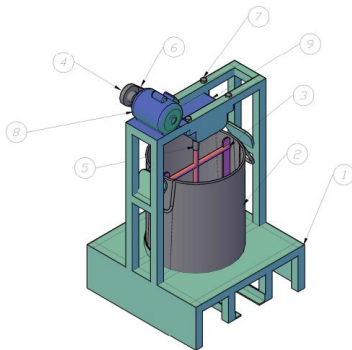
Perancangan menggunakan metode french ini, metode penelitian yang dilakukan dengan cara metode konstruktif alat dengan analisa hasil secara kuantitatif dan kualitatif

2.1 Sistematika Perancangan



GAMBAR 1 DIAGRAM ALIR

2.2 Desain rancangan komponen mesin.



GAMBAR 2 DESAIN MESIN

Komponen nya terdiri dari :

omponen

1. Rangka
2. Panci Besar
3. Motor listrik
4. Pulley
5. Poros dan pasak
6. V-belt
7. Baut dan mur
8. Gearbox

2.3 Bahan yang akan digunakan

Tabel 1 bahan yang akan digunakan

No	NAMA BAHAN	JENIS BAHAN
1	BESI HOLLOW	S40C
2	BESI PLAT	S40C
3	BESI PLAT	S40C
4	POROS PEJAL	SS304
5	GEARBOX	STANDART
6	PULLEY	STANDART
7	SABUK V	STANDART
8	ELEKTRODA	E60XX
9	MUR DAN BAUT	S40C

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Motor Penggerak

1. Perhitungan torsi:

$$M_T = 9,74 \times 10^5 \times P_d / n_1 \quad (kg. mm)$$

$$M_T = 9,74 \times 10^5 \times \frac{0,37kw}{1400rpm} = 257,41 Kg. mm$$

2. Menghitung patokan daya motor.

$$Pd = fc. P$$

Tabel 2 Faktor koreksi daya yang akan ditransmisikan:

No	Daya yang ditransmisikan	Fc
1	Daya rata – rata yang diperlukan	1,2 – 2,0
2	Daya maksimum yang diperlukan	0,8 – 1,2
3	Daya normal	1,0 – 1,5

$$F_c = 1,2$$

$$P = 375 \text{ watt} = 0,375 \text{ kw}$$

$$P_d ?$$

$$P_d = F_c \times P \text{ (kw)}$$

$$= 1,2 \times 0,37 \text{ kw}$$

$$= 0,44kw = 0,5hp$$

Dari perhitungan diatas didapatkan daya sebesar 0,5 hp dengan putaran mesin 1400 rpm. Sehingga perancang memilih motor listrik AC dengan daya 0,5 hp 1400 rpm.



Gambar 4.1 motor listrik

2.2 perancangan poros

Pada sistem transmisi mesin penumbuk kacang tanah terdapat suatu poros yang harus direncanakan dengan material baja karbon S40c. Untuk merencanakan diameter poros ada beberapa tahap proses dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut:

Diketahui:

$$n = 143,13 \text{ rpm.}$$

$$p = 0,5 \text{ hp} = 372,85 \text{ watt}$$

$$\sigma_t = 187,5 \text{ mpa (tegangan Tarik dari referensi)}$$

$$\tau = 70,3 \text{ mpa (tegangan geser dari referensi)}$$

Dijawab:

1. Menghitung Momen Lentur

$$M = F \cdot L$$

$$F = 10 \text{ kg} = 98 \text{ N} \quad 1 \text{ kg} = 9,8 \text{ N}$$

$$L = 100 \text{ cm} = 1000 \text{ mm}$$

Jadi:

$M = 98 \text{ N} \times 1000 \text{ mm} = 98000 \text{ Nmm}$. Maka didapat momen lentur 98000 Nmm. Menghitung torsi untuk perencanaan poros

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \left(\frac{Pd}{n_1}\right)$$

$$Pd = 372,85 \text{ watt}$$

$$n = 1400 \text{ rpm}$$

$$T = ?$$

Jadi:

$$T = 9,74 \times 10^5 \times (0,5/1400)$$

$$= 347,85 \text{ N.mm}$$

2. Pemilihan bahan poros

Untuk bahan poros yang diambil adalah SS304 yang mempunyai :

$$\text{kekuatan tarik} = 51 \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$$

Faktor keamanan (Sf1) untuk bahan S30C adalah = 6

Faktor pengaruh (Sf2) adalah 1,3 – 3 diambil Sf2=3

1) Tegangan geser yang diijinkan (τ_a)

$$\begin{aligned} \tau_a &= \frac{\sigma_B}{(Sf_1 \times Sf_2)} \\ &= \frac{51}{(6 \times 3)} \\ &= 2,83 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

2) Diameter Poros (d_s)

$$d_s = \left[\left(\frac{5,1}{\tau_a}\right) \times K_t \times C_b \times T \right]^{1/3}$$

Diketahui :

τ_a = tegangan geser (2,83 kg/ mm²)

K_t = faktor koreksi karena torsi (3)

C_b = faktor koreksi karena momen (2,3)

T = momen puntir (347,85 N. mm)

$$\begin{aligned} &= \left[\left(\frac{5,1}{2,83}\right) \times 3,0 \times 2,3 \times 347,85 \right]^{1/3} \\ &= 28,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan hasil perhitungan minimum adalah 28,3 mm ,kemudian merujuk pada tabel 2.2 tentang standar diameter poros maka dipilih poros dengan ukuran 30 mm karena akan dipasang bantalan bearing bushing .

3) Tegangan yang terjadi (τ)

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{5,1 \cdot T}{d_s^3} \\ &= \frac{5,1 \cdot 347,85}{28,3^3} \\ &= 0,78 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

Tegangan geser yang terjadi yaitu 0,78 kg/mm² lebih kecil dari pada tegangan geser yang di rencanakan yaitu 2,83 kg/mm². Sehingga aman untuk di gunakan.

2.3 perancangan pasak

Untuk mengetahui dimensi pasak dapat menggunakan persamaan berikut:

Diketahui:

$$L = \frac{\pi \times d^2}{8 \times b}$$

$$d = 30 \text{ mm} = 3 \text{ cm}$$

$$\tau = 4200 \text{ N/cm}^2 \text{ (Dari Referensi)}$$

$$\sigma_c = 7000 \text{ N/cm}^2 \text{ (Dari Referensi)}$$

Dijawab:

Berdasarkan tabel standar pasak, maka diameter poros yang dijadikan acuan adalah \emptyset 30 mm pada Tabel 4.4

Tabel 3- Standar Pasak.

Shaft diameter (mm) upto and including	Key cross section	
	Width (mm)	Thickness (mm)

6	2	2
8	3	3
10	4	4
12	5	5
17	6	6
30	10	8

Panjang pasak yang direkomendasikan dalam satuan mm adalah 6, 8, 10, 14, 16, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 220, 250, 280, 320, 360. Panjang pasak di gunakan adalah 32 mm.

Maka:

- Menghitung Panjang pasak
Lebar pasak (b) = 10 mm = 1,0 cm
Tinggi (t) = 8 mm = 0,8 cm
Panjang (L) ?

$$L = \frac{\pi \times d^2}{8 \times b}$$

$$L = \frac{3,14 \times 2^2}{8 \times 1} = 1,57 \text{ cm} = 15,7 \text{ mm}$$

- Menghitung tegangan geser dan normal

$$\frac{8 \cdot L \cdot (cm) \cdot b}{\pi \cdot d^2} = \frac{8 \times 1,5 \times 1}{3,14 \times 2^2} = 0,95 \text{ cm}$$

Karena syarat keamanan $\frac{\sigma_c}{\tau} = 2$ maka desain pasak AMAN

2.4 Perhitungan Perancangan Sabuk V dan Pulley

- Perhitungan Rancangan Pulley

Untuk mengetahui diameter pulley yang akan digunakan dapat menggunakan persamaan (2.65):

$$d2 = \frac{N1 \cdot d1}{N2}$$

Dimana:

d2: diameter pulley yang digerakkan (mm).

d1: diameter pulley penggerak (mm).

N2: putaran pulley yang digerakkan (rpm).

N1: putaran pulley penggerak.

Diketahui:

N1: 1400 rpm. (putaran motor yang ada dipasaran)

N2: ? rpm. (target kecepatan putar yang diinginkan)

d2: 101,6 mm (diameter yang direncanakan)

d1: 76,2 mm ?

$$n2 = \frac{n1 \cdot d1}{d2}$$

$$= \frac{1400 \text{ rpm} \times 76,2 \text{ mm}}{101,6 \text{ mm}} = 1050 \text{ rpm}$$

$$d2 = \frac{n1 \cdot d1}{n2}$$

$$= \frac{1400 \text{ rpm} \cdot 101,6 \text{ mm}}{1050 \text{ rpm}} = 135,4 \text{ mm}$$

Sehingga dari perhitungan didapatkan diameter pulley \emptyset 135,4 mm.

2. Perancangan Sabuk

Selanjutnya kita menentukan jenis sabuk, panjang sabuk yang akan digunakan serta memilih tipe sabuk. Untuk ukuran motor penggerak:

Diketahui:

Daya motor (P) : 0,44 hp

Putaran motor (N1) : 1400 rpm

Maka dipilih sabuk V tipe A, untuk mengetahui panjang sabuk yang digunakan kita dapat memakai rumus:

$$L = \frac{\pi}{2} (D_1 + D_2) + 2C + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4C}$$

Dimana:

L = panjang sabuk (mm)

C = jarak antara sumbu poros (mm)

Diketahui:

dp1: 101,6 mm

dp2: 101,6 mm

C: 275 mm

Maka panjang sabuk V:

Untuk menghitung kecepatan sabuk- V menggunakan persamaan berikut:

$$V = \frac{\pi \cdot dp1 \cdot n1}{60 \times 1000} \text{ (m/detik)}$$

$$L = 2 \times 300 + \frac{3,14}{2} (101,6 + 76,2) + \frac{1}{4 \times 300} (76,2 - 101,6)^2$$

$$= 600 \text{ mm} + 279,1 \text{ mm} + \frac{1}{4 \times 300} (645,16)$$

$$= 879,1 \text{ mm} + 0,53 \text{ mm}$$

$$= 879,63 \text{ mm}$$

V = kecepatan sabuk (m/detik)

Dp1 = 101,6 mm = 0,1016 m

n1 = 1400 rpm

$$V = \frac{3,14 \times 101,6 \times 1400}{60 \times 1000}$$

$$= \frac{446633,6}{60000} = 7,44 \text{ m/detik}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan 879,63 mm. maka didapatkan ukuran sabuk standar yang dipakai adalah sabuk tipe A dengan panjang 889mm (tabel panjang sabuk V standar) dilihat. Karena terdapat perbedaan antara perhitungan pemakaian sabuk, maka jarak antara sabuk sumbu dapat dikoreksi dengan cara:

$$C = \frac{b + \sqrt{b^2 - 8(D_2 - D_1)^2}}{8}$$

$$b = 2L - \pi(D_1 + D_2)$$

Maka:

$$b = 2 \times 879,63 \text{ mm} - 3,14(101,6 \text{ mm} + 76,2 \text{ mm})$$

$$b = 1200,96 \text{ mm}$$

C

$$= \frac{1200,96 \text{ mm} + \sqrt{1200,96^2 \text{ mm} - 8(101,6 \text{ mm} - 76,2 \text{ mm})^2}}{8}$$

$$C = 299,97 \text{ mm}$$

Jadi jarak antara sumbu poros pertama dan kedua adalah 305 mm.

2.5 Perancangan Gearbox

Putaran poros motor listrik akan ditransmisikan

melalui gearbox, Sebelum ke pulley pada poros pengaduk bawah, maka putarannya dapat dihitung :

Diketahui :
 $n_2 = 807,70 \text{ rpm}$ ($\eta_{\text{outputGearbox}}$)
 $D_2 = 76,2 \text{ mm}$ (Diameter pulley gearbox)
 $D_3 = 430 \text{ mm}$ (Lebar sudu pengaduk)
 $N_1 = 1400 \text{ rpm}$
 $\eta_{\text{inputGearbox}} = n_1 / (D_{p1} / d_{p2})$
 $D_{p1} / d_{p2} = 101,6 \text{ mm} / 76,2 \text{ mm} = 1,3$
 $\eta_{\text{outputGearbox}} = n_2 / i \text{ (rpm)}$

$= 1050 \text{ rpm} / 1,3$
 $= 807,70 \text{ Rpm}$
 Putaran Pulley yang digerakan pada poros Pengaduk
 $n_3 = \eta_{\text{outputGearbox}} = D_2 / D_3 (\text{rpm})$
 $= 807,70 \text{ rpm} \cdot 76,2 \text{ mm} / 430 \text{ mm}$
 $= 143,13 \text{ rpm}$
 $V = 143,13 \text{ (1 Menit)} / (60 \text{ detik})$
 $= 2,4 \text{ putaran/detik}$

3.6 Perancangan Rangka

Dalam merancang rangka yang perlu diketahui adalah ketebalan pada rangka itu sendiri. Adapun untuk cara menghitung ketebalan rangka dengan menggunakan persamaan:

$\tau_s = \frac{F}{2 \cdot t \cdot w}$
 Dimana: τ_s : tegangan geser (psi) F: gaya normal (lb)

t: tebal (in)
 w: lebar (mm)

Diketahui: $\tau_s = 526,26 \text{ psi}$ (dari referensi)
 $F = 26,460 \text{ lb}$ (dari referensi)
 $w = 40 \text{ mm} \rightarrow 1,57 \text{ in}$

Ditanyakan : berapa nilai t (ketebalannya) ?

$$t = \frac{26,460 \text{ lb}}{2 \times 526,26 \text{ psi} \times 1,57 \text{ in}}$$

$$t = 0,01 \text{ in} \rightarrow 0,25 \text{ mm}$$

dari hasil perhitungan didapatkan ketebalan 0,25 mm, sehingga perancang menggunakan besi siku dengan ketebalan $40 \times 40 \times 3 \text{ mm}$.

3.7 Perhitungan Kekuatan Las

Perhitungan sambungan las ini menggunakan sambungan las SMAW yang ditunjukkan untuk perhitungan rangka dalam keadaan beban statis dan jenis sambungan las yang akan digunakan adalah sambungan temu (*butt jointed*) dengan persamaan:

$$|\sigma_t| \geq \frac{F(\text{lb})}{h(\text{in}) \cdot I(\text{in})}$$

Dimana: $|\sigma_t|$: tegangan tarik yang diijinkan (psi) F: gaya normal (lb)
 h: tebal plat (in)
 I: panjang lasan (in)

Diketahui: F: 26,460 lb
 h: 3 mm \rightarrow 0,11 in
 I: 40 mm \rightarrow 1,57 in

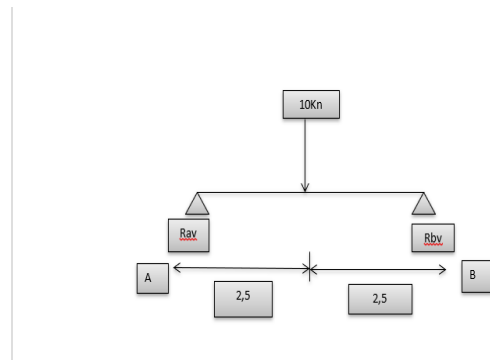
Ditanyakan: Berapa nilai $|\sigma_t|$?

$$|\sigma_t| \geq \frac{26,460(\text{lb})}{0,11(\text{in}) \times 1,57(\text{in})}$$

$$|\sigma_t| \geq 209,16 \text{ psi}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan kekuatan tarik sebesar $\geq 209,16 \text{ psi}$ dengan sifat minimum logam las menggunakan nomor elektroda E60XX. Maka dapat dinyatakan aman.

3.8 Statika



Gambar 4.2 Free Body Diagram (FBD)

Penyelesaian :

$$\sum M_A = 0$$

$$\dots\dots\dots(2.24)$$

$$R_{bv} \cdot L + p \cdot L = 0$$

$$-R_{bv} \cdot 2,5 + 10 \cdot 2,5 = 0$$

$$-2,5 \cdot R_{bv} = -25$$

$$R_{bv} = 10$$

$$\sum M_B = 0$$

$$R_{bv} \cdot L + p \cdot L = 0$$

$$R_{bv} \cdot 2,5 - 10 \cdot 2,5 = 0$$

$$2,5 \cdot R_{bv} = 250$$

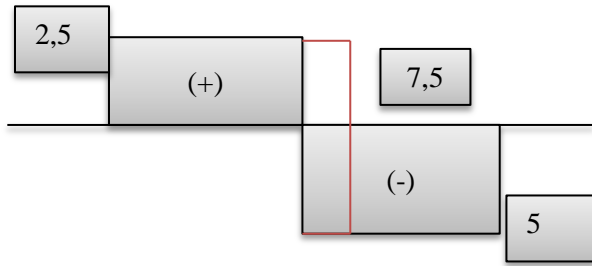
$$R_{bv} = 10$$

$$\sum V = 0$$

$$R_{av} + R_{bv} - P = 0$$

$$2,5 - 10 + 2,5 = 0$$

Gaya lintang \rightarrow Untuk menggambar SFD
 $SFA = R_{av} = 2,5 \text{ KN}$
 $SFC_{ki} = SFA = 2,5 \text{ KN}$
 $SFC_{ka} = 2,5 - 10 = -7,5 \text{ KN}$
 $SFB = -7,5 \text{ KN}$



Gambar 4.3 Shearing Force Diagram (SFD)

Daerah 1

$$M_x = R_{av} \cdot x = 2,5 \cdot x \text{ (fungsi berpangkat satu)}$$

Linear

$$X=0 \longrightarrow M_x=0 \text{ KNm}$$

$$X=2,5 \longrightarrow M_x= 7,5 \text{ Knm}$$

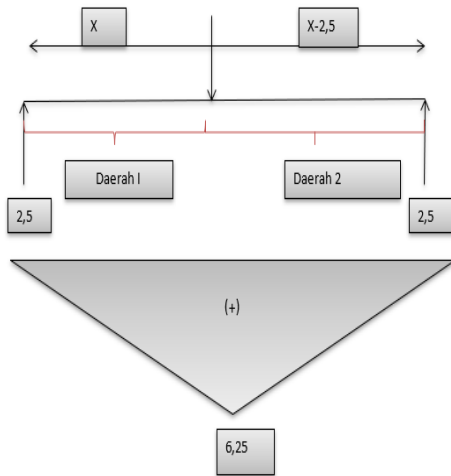
Daerah 2

$$M_x = R_{av} \cdot x = 7,5 \cdot (x - 2,5)$$

Linear

$$X=2,5 \longrightarrow M_x=7.5 \text{ KNm}$$

$$X=7.5 \longrightarrow M_x= 0 \text{ Knm}$$



Gambar 4.4 Bending Momen Diagram (BMD)

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penyusunan tugas akhir ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Mesin pengaduk /mixer umumnya memiliki komponen diantaranya transmisi daya menggunakan motor listrik, pully, v-belt, bantalan, gearbox, dan poros pengaduk
2. Perancangan ini menggunakan konsep vdi 2221 sehingga menghasilkan konsep terbaik, diantaranya, input beras vertikal, bentuk mixer pengaduk jenis paddle, mekanisme mixer berputar searah, motor listrik menggunakan 1 fasa 1/2hp 1400 Rpm,

sumber panas kompor gas, type rangka fix, rangka menggunakan besi hollow 40x40x2mm, penerus daya menggunakan v-belt, pulley 101,6mm dan 76,2mm dan gearbox 1:40

5. SARAN

Proses penyempurnaan mesin pengaduk bubuk masih diperlukan, usulan perbaikan rancangan mesin antara lain:

1. Penulis menyadari masih terdapat beberapa kekurangan yang terdapat dalam perancangan mesin ini. Maka dari itu penulis berharap kedepannya dapat dilakukan pengembangan terhadap mesin pengaduk bubuk yang telah ada saat ini. Baik pengembangan dari segi material, kekuatan maupun kapasitas dan proses produksi.
2. Untuk kedepannya disarankan memakai control speed yang berfungsi mengatur kecepatan putaran motor yaitu mempercepat dan memperlambat proses penumpukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ambiyar.2008. Teknik pembentukan Pelat. Jakarta: Depdiknas
- [2] Darmawan, H.2004. Pengantar perancangan teknik (perancangan produk). Jakarta: Direktorat jendral pendidikan tinggi departemen pendidikan nasional.
- [3] G.Nieman .1999. Elemen mesin jilid 1: Erlangga
- [4] Juhanna,Ohan, dan supratman, m2000. menggambar Teknik Mesin dengan standar Iso. Bandung: Pustaka Grafika
- [5] Mott, Robert L.2004. *Machine Elements in Mechanical design: Fourth edition new jersey : Person education*
- [6] Sularso dan suga, kiyokatsu, (2008). *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Element mesin. Jakarta : Pradnya Paramita.*
- [7] Ima Rochimawati, "PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA," *Strateg. J. Tek. Ind.*, 2019.
- [8] I. Satalaksana, *Teknik Perancangan Sistem Kerja.* 2006.
- [9] B. Junipitoyo, "PENGARUH CAMPURAN BIOETHANOL PADA PERTALITE TERHADAP TORSI DAN DAYA PISTON ENGINE 1 SILINDER," *J. Penelit.*, 2019.
- [10] 2016 Nursalam, "Motor Listrik," *J. Chem. Inf. Model.*, 2013.
- [11] S. Agustina and N. Nugroho, "ANALISA MOTOR DC (DIRECT CURRENT) SEBAGAI PENGGERAK MOBIL LISTRIK," *J. Mikrotiga*, 2015.
- [12] Z. Budiarmo, E. Winarno, and H. Listiyono, "Implementasi Teknik I / O Interfacing berbasis Arduino," *J. Teknol. Inf. Din.*, 2015.

- [13] Samhuddin, "Perencanaan Sistem Transmisi Alat Peniris Pada Mesin Pengering Helm," *ENTHALPY-Jurnal Ilm. Mhs. Tek. Mesin Perenc.*, 2018.
- [14] 2014 Toni, "Kapasitas Mesin Menentukan Daya Mesin Poros Pasak," *Peranc. Mesin Perajang Tembakaumenggunakan Tiga Mata Pisau Pada Kapasitas 120 Kg/Jam*, 2014.
- [15] Widarto, B. sento. Wijanakarta, Sutopo, and Paryanto, "Teknik Permesinan," *Direktorat Pemb. Sekol. Menengah Kejur.*, 2002.
- [16] A. Bayat, H. Shaaban, G. Giakas, and V. C. Lees, "The pulley system of the thumb: Anatomic and biomechanical study," *J. Hand Surg. Am.*, 2002.
- [17] H. ~M. Westergaard, "Bearing Pressures and Cracks," *J. Appl. Mech.*, 1939.
- [18] M. D. Mulyawan, "RANCANG BANGUN KONSTRUKSI RANGKA MESIN 3D PRINTER TIPE CARTESIAN BERBASIS FUSED DEPOSITION MODELING (FDM)," *J. Tek. Mesin*, 2017.
- [19] Widarto, *Teknik Pemesinan*. 2008.
- [20] W. Suprpto and D. Kariadi, "Pelatihan Gejog Lesung pada Pemuda Dusun Gunturan, Triharjo, Pandak, Bantul Sebagai Upaya Pelestarian Budaya Bangsa," *J. ABDINUS J. Pengabd. Nusant.*, 2018.
- [21] AUTODESK INVESTOR, "Autodesk inventor," *[En línea]*. Available http://images.autodesk.com/adsk/files/invpro10_detail_bro__us.pdf, 2016.