

Rancang bangun mesin *planetary ball mill* type vertikal skala laboratorium dengan variasi kecepatan putaran

I Dewa Made Pancarana^{1*}, I Gede Nyoman Suta Waisnawa²,
& Muhammad Nabil Firdaus³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin

Politeknik Negeri Bali, Jl. Kampus, Kuta Selatan, Badung, Bali 80364, Indonesia

*Email: dmpancarana@yahoo.com

ABSTRACT

This paper discusses the design and manufacture of a laboratory-scale vertical planetary ball mill machine with variations in rotational speed. The purpose of making this planetary ball mill machine is to support the completeness of equipment in the laboratory at the Department of Mechanical Engineering, Bali State Polytechnic. This vertical type planetary ball mill machine has dimensions of 300 x 300 x 550 mm and two stainless steel stirring tubes with a capacity of 500 ml each. The engine frame is made of hollow galvanized iron measuring 3 x 3 cm. This vertical type planetary ball mill machine is driven by an AC 125 watt 220 volt 2800 rpm electric motor. The transmission system uses one straight gear (driving gear) and two straight gears (driven gear). The driving gear is mounted on the motor shaft, while the driven gear is attached to each stirrer tube. To adjust the amount of rotation, a 2000 W/220 V AC motor dimmer is used. Tests on the vertical planetary ball mill machine were carried out 8 times using 200 grams of wheat flour and 50 grams of water (4:1) for each experiment. Four times the experiments were carried out at rotational speeds of 250, 500, 750, and 1000 rpm for 5 minutes each and four times the experiments were carried out at rotational speeds of 250, 500, 750, and 1000 rpm for 10 minutes each. The test results show that a homogeneous mixture occurs faster with increasing rotations with a fixed time or lengthening the rotation time in each round.

Keywords: design, planetary ball mill, stirrer

PENDAHULUAN

Pada bidang perindustrian, terkadang dibutuhkan alat yang mampu mengubah ukuran benda dari ukuran besar menjadi ukuran yang lebih kecil [1]. Ada berbagai cara untuk membantu kerja manusia dalam melumatkan suatu bahan yang keras, salah satunya menggunakan sistem kerja mesin bola-bola penggiling (*ball mill*) [2]. *Ball mill* merupakan sebuah mesin yang dapat digunakan untuk menggiling suatu material dengan mengubah struktur bentuk objek yang besar menjadi sebuah objek yang lebih kecil. Mesin *ball mill* dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu *ball mill* vertikal dan *ball mill* horizontal [3].

Peralatan milling meliputi *planetary machines*, *high energy milling* dan vibrasi onal *mills*. Produk berupa amorphous, nanocrystalline, high surface area catalysts dan reactive chemical. *Ball* milling mampu mengubah sampel yang berukuran besar menjadi sampel serbuk yang halus. Metoda ini semakin luas digunakan untuk mendapatkan bahan serbuk berukuran nanometer karena tidak menghasilkan limbah sama sekali, karena pada pemakaiannya dilakukan secara padatan tanpa pelarut [4].

Planetary ball mill merupakan alat yang digunakan untuk menghaluskan material sampai berukuran nano. Proses kerja *planetary ball mill* adalah memutar disk yang terdapat mangkuk stainless steel atau keramik dengan bola penggiling didalamnya. Proses penghalusan terjadi akibat tabung berputar sehingga bola di dalamnya ikut berputar dan menggelinding, mengakibatkan menggerus, dan menggiling material yang ada di dalam tabung sehingga material tersebut halus. Teknik tersebut menggunakan energi tumbukan dari bola-bola penghancur dengan bola dinding wadahnya. Teknik tersebut dapat menghasilkan material berukuran nano dengan jumlah banyak dengan rentang waktu yang singkat [5]. *Ball mill* merupakan metode yang efisien dan sederhana

untuk membentuk material berukuran sub-mikron atau nano. Ada banyak jenis metode penggilingan salah satunya *planetary ball mill* [6].

Planetary ball mill merupakan media penggilingan yang menggunakan gaya sentrifugal untuk memutar bola dan mangkuk dengan kecepatan mencapai dua puluh kali percepatan gravitasi. Gaya sentrifugal disebabkan oleh rotasi piringan pendukung dan perpindahan putaran piringan pendukung serta putaran mangkuk yang berlawanan. Akibat dari gaya sentrifugal tersebut bola dan bahan yang ada di dalam mangkuk akan saling bertabrakan dan bergesekan sehingga terjadi pengurangan ukuran bahan dan peningkatan suhu [7].

Prinsip kerja *planetary ball mill* adalah serbuk dimasukkan ke dalam sebuah toples atau mangkuk yang di dalamnya terdapat beberapa bola kemudian bergerak berputar secara terus menerus. Di dalam toples tersebut bola-bola akan saling bertumbukan. Akibat tumbukan bola tersebut serbuk yang dimasukkan ke dalam toples akan tergerus atau tertumbuk di antara bola-bola tersebut. Hal ini mengakibatkan partikel tersebut akan pecah, begitu seterusnya hingga ukuran partikel mencapai yang diinginkan [8]. *Planetary ball mill* terbuat dari dua atau lebih toples yang berputar di sekitar sumbu, dipasang pada disk yang berputar pada kecepatan tertentu. Penggilingan terjadi karena adanya media penggilingan yaitu bola dan toples. Hal tersebut dapat terjadi karena toples yang berisi bola digerakkan dan terjadi gaya sentrifugal dan coriolis dengan material yang menutupi permukaan bola dan toples [9]

Mesin *planetary ball mill* ini sebenarnya sudah ada di pasaran. Tetapi mesin tersebut selama ini menjadi produk khusus dari perusahaan luar negeri, dan dipasarkan di Indonesia sebagai produk impor. Akibatnya harga jual barang ini sangat mahal. Padahal berdasar kajian terhadap mesin sejenis hasil produk luar negeri, ternyata mesin tersebut memiliki konstruksi yang relatif sederhana, dan sangat mudah untuk dilakukan rancang bangun sendiri di dalam negeri.

Pada penelitian kali ini, akan dibuat sebuah mesin *planetary ball mill* type vertikal skala laboratorium dengan penggerak motor listrik AC dan kontrol kecepatan pada mesin. Alat ini bekerja menggunakan media bola-bola penggiling yang terbuat dari besi sehingga mampu menghancurkan objek yang berada di dalam tabung. Dengan sistem yang telah dijelaskan di atas, diharapkan mesin mampu bekerja sebagaimana mestinya.

METODE PENELITIAN

Konsep Rancangan Mesin *Planetary Ball Mill* Type Vertikal

Berdasarkan dari studi literatur, brosur-brosur dan katalog dari industri, juga mempertimbangkan kebutuhan di lab. Material, maka konsep rancangan mesin *planetary ball mill* dipilih type vertikal dengan kapasitas 1 kg. Mesin *planetary ball mill* type vertikal ini memiliki dua buah tabung pengaduk berbahan stainless steel dengan kapasitas masing-masing 500 ml. Kerangka mesin terbuat dari besi hollow galvanize ukuran 3 x 3 cm. Mesin *planetary ball mill* type vertikal ini digerakkan oleh motor listrik AC 125 watt 220 volt 2800 rpm. Sistem transmisi menggunakan satu buah roda gigi lurus (driving gear) dan dua buah roda gigi lurus (driven gear). Driving gear terpasang pada poros motor, sementara driven gear terpasang pada masing-masing tabung pengaduk. Untuk mengatur besarnya putaran digunakan *dimmer* motor AC 2000 W/220 V.

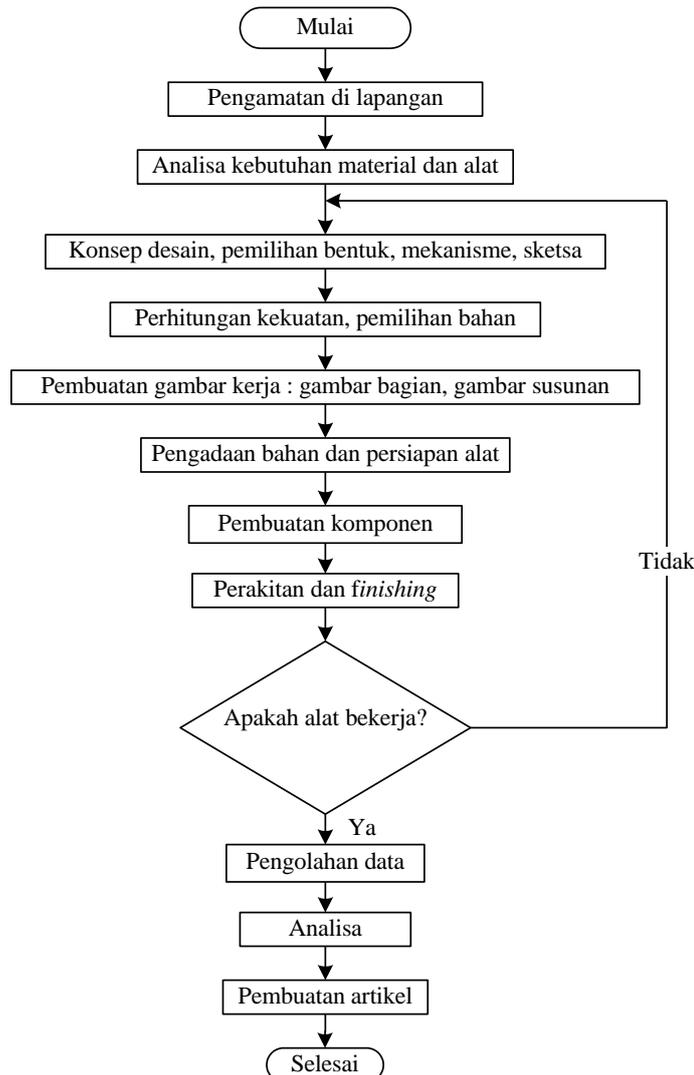
Bahan dan Peralatan

Bahan-bahan yang akan digunakan dalam rancang bangun pembuatan alat adalah: besi *hollow* 30 mm x 30 mm x 1,2 mm, motor listrik AC 125 watt 220 volt 2800 rpm., mur dan baut, *bearing*, *dimmer* motor AC, bola baja diameter 5 mm dan 8 mm, roda gigi, poros, pipa *stainless steel*, bahan St. 50 ϕ 12 mm, besi cor ϕ 60 mm x 20 mm., kertas amplas no. 250, kertas amplas no. 1000, dempul, cat dasar (*epoxy*), *thinner*, dan cat warna.

Peralatan yang akan digunakan dalam pembuatan alat *planetary ball mill* adalah: mesin gerinda, las listrik, palu terak, kaca mata las, tang stel, bor tangan, mistar, siku, penitik, spidol, bor, spidol, *multitester*, roll meter, mesin bubut, jangka sorong, centre bor, bor ϕ 10 mm dan 12 mm, mesin frais universal, pisau frais, kapi, kuas, *tachometer*, *stopwatch*.

Alur Penelitian

Alur penelitian diperlihatkan pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Proses Pabrikasi

Proses pembuatan alat *planetary ball mill* type vertikal ini, diawali dengan pembelian bahan-bahan, pembuatan komponen, seperti : roda gigi, poros utama, disk, dan kerangka. Dilanjutkan dengan proses perakitan, finishing dan pengecatan.

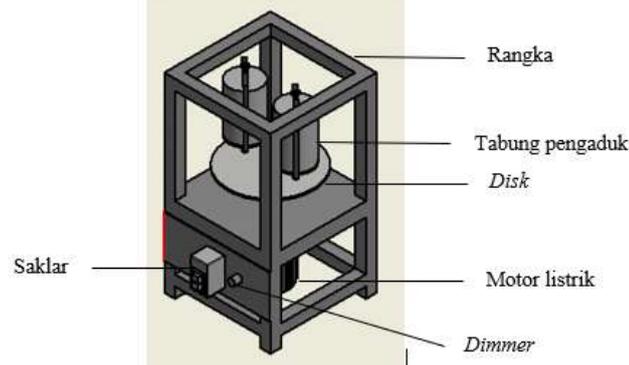
Pengujian Alat

Pengujian alat *planetary ball mill* type vertikal kapasitas 1 kg dilakukan sebanyak 8 kali percobaan dengan menggunakan tepung terigu sebanyak 200 gram dan air sebanyak 200 gram (4:1), dimana 4 kali percobaan dilakukan selama 5 menit dengan kecepatan putar yang berbeda dan 4 kali percobaan dilakukan selama 10 menit dengan kecepatan putar yang berbeda.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancangan Alat

Adapun rancangan alat *planetary ball mill* kapasitas 1 kg diperlihatkan pada gambar 2.

Gambar 2. Rancangan alat *planetary ball mill*

Prinsip Kerja Alat

Prinsip kerja dari alat *planetary ball mill* type vertikal kapasitas 1 kg adalah, menggunakan momen inersia yang dihasilkan dari putaran motor listrik yang berputar, untuk mengaduk adonan yang ditempatkan pada tabung putar agar didapat hasil adonan yang tercampur rata. Proses pada pengadukan ini dibantu oleh alat kontrol yaitu *dimmer*, untuk mengatur kecepatan putar yang dihasilkan dari motor listrik agar sesuai dengan kebutuhan.

Perhitungan Komponen

Menentukan Gaya Pembebanan

Dalam proses pengadukan adonan, gaya motor harus lebih besar dibanding gaya yang terjadi pada alat pengaduk. Motor listrik nantinya akan memutar *planetary* disk, roda gigi, serta tabung penampung yang terpasang pada alat.

Massa total adalah masa keseluruhan yang ditopang oleh motor listrik. Adapun massa yang peneliti hitung, terdiri dari massa *disk* sebesar 2 kg, massa total penampung sebesar 500 gr, massa total roda gigi dan poros sebesar 1 kg, dan massa beban adukan sebesar 1 kg.

Maka total gaya yang akan bekerja sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 F &= m \times g & (1) \\
 F &= (2 \text{ kg} + 0,5 \text{ kg} + 1 \text{ kg} + 1 \text{ kg}) \times 9,81 \text{ m/s}^2 \\
 F &= 4,5 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \\
 F &= 44,1 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Pemilihan Motor Penggerak

Pemilihan motor penggerak didasarkan pada beberapa pertimbangan, yaitu: mudah didapat, efisiensi, harganya terjangkau, mudah dalam pengoperasian dan perawatan.

Maka dari itu, pemilihan motor listrik yang rencananya akan digunakan, dihitung sebagai berikut:

Daya motor (P) [10]:

$$P = T \times \omega = \frac{2 \pi n T}{60} \quad (2)$$

Untuk mencari torsi [10]:

$$T = F \cdot r \quad (3)$$

$$T = 44,1 \text{ N} \cdot 0,006 \text{ m} = 0,2646 \text{ N/m}$$

Peneliti memperkirakan putaran pada motor listrik yang akan digunakan memutar poros (n) adalah 2800 rpm, sehingga daya (P) dihitung dengan rumus:

$$P = T \times \omega = \frac{2 \pi n T}{60} \quad (4)$$

$$P = \frac{2 \times 3,14 \times 2800 \times 0,2646 \text{ N/m}}{60}$$

$$P = 77,545 \text{ watt} = 0,103 \text{ hp}$$

Untuk mendapatkan daya rencana yang aman, maka daya nominal harus dikalikan dengan faktor koreksi (f_c) yang dapat dilihat pada tabel 1:

Tabel 1. Faktor koreksi (f_c) [10]

Daya yang akan ditransmisikan	f_c
Daya rata-rata yang diperlukan	1,2-2,0
Daya maksimum yang diperlukan	0,8-1,2
Daya normal	1,0-1,5

Disini, peneliti menggunakan nilai faktor koreksi (f_c) dengan daya normal, yaitu 1,5

$$P_d = f_c \times P \quad (5)$$

$$P_d = 1,5 \times 0,103 \text{ hp} = 0,1545 \text{ hp}$$

Daya yang didapat adalah 0,1545 hp. Motor listrik yang sering dijumpai di pasaran, umumnya memiliki kapasitas 0,25 hp, 0,5 hp, 0,75 hp, dan 1 hp. Peneliti memutuskan menggunakan motor listrik berkapasitas 0,25 hp.

Perencanaan Poros

Poros yang diperlukan untuk perencanaan alat pengaduk adonan yang akan dihitung adalah poros yang paling besar menerima beban.

Momen puntir rencana (T) [10]

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \frac{P_d}{n} \quad (6)$$

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \frac{0,1545}{2800} = 53,74 \text{ kg.mm}$$

Bahan poros yang akan digunakan adalah baja St. 60, dimana baja St.60 memiliki kekuatan tarik 60 kg/mm² dengan $S_{f1} = 6,0$ dan $S_{f2} = 3,0$

Tegangan geser izin (τ_α) [10]

$$\tau_\alpha = \frac{\sigma_B}{(sf_1 \times sf_2)} \quad (7)$$

$$\tau_\alpha = \frac{60}{6 \times 3} = 3,33 \text{ kg/mm}^2$$

Untuk faktor koreksi (K_t) pada perencanaan poros, bisa merujuk pada tabel 2.

Tabel 2. Faktor koreksi K_t [10]

Jenis beban	K_t
Beban dikenakan secara halus	1,0
Beban dengan sedikit tumbukan atau kejutan	1,0 – 1,5
Beban dengan tumbukkan atau kejutan besar	1,5 – 3,0

Dalam hal ini digunakan nilai K_t sebesar 3 dan juga diasumsikan poros mengalami beban lentur ($C_b = 2$). Maka untuk menentukan diameter poros [10]:

$$d_s \geq \left[\frac{5,1}{\tau_\alpha} \times K_t \times T \times C_b \right]^{\frac{1}{3}} \quad (8)$$

$$d_s \geq \left[\frac{5,1}{3,33} \times 3 \times 53,74 \times 2 \right]^{\frac{1}{3}} \geq 7,904 \text{ mm}$$

Hasil dari perhitungan diameter poros didapat 7,904 mm. Peneliti memutuskan untuk menggunakan diameter poros 12 mm. Meskipun boros bahan, alasan peneliti menggunakan diameter poros yang lebih besar agar pembuatan poros menjadi lebih mudah, serta kekuatan dari poros terjamin keamanannya saat bekerja.

Mencari tegangan geser yang terjadi [10]:

$$\tau = \frac{5,1 T}{d_s^3} \quad (9)$$

$$\tau = \frac{5,1 \times 53,74 \text{ kg.mm}}{(7,904 \text{ mm})^3} = 0,555 \text{ kg/mm}^2$$

Perhitungan Roda Gigi

Perbandingan pada roda gigi dihitung seperti berikut [10]:

$$i = \frac{T_2}{T_1} \quad (10)$$

Jumlah roda gigi pada T_2 adalah 31, dan jumlah roda gigi pada T_1 adalah 31, maka:

$$i = \frac{31}{31} = 1$$

Rasio putaran dari roda gigi adalah 1.

Perhitungan Sambungan Baut

Pada poros yang terhubung pada motor listrik, digunakan jenis sambungan baut. Untuk itu perlu dihitung tegangan yang terjadi pada sambungan baut tersebut.

Tegangan tarik yang terjadi [10]:

$$F_c = F_i \times d \quad (11)$$

Diameter mayor pada baut adalah 8 mm, maka:

$$F_c = 0,2646 \text{ N/m} \times 0,008 \text{ m} = 0,0021 \text{ N}$$

Kemudian, untuk menghitung tegangan geser torsional sebagai berikut [10]:

$$\tau = \frac{16 T}{\pi d_i^3} \quad (12)$$

Diameter minor pada baut adalah 7 mm (8 mm – 1 mm), maka:

$$\tau = \frac{16 \times 0,2646 \text{ N/m}}{3,14 \times (0,007)^3 \text{ m}} = 3,93 \times 10^5$$

Perhitungan Bantalan

Gaya radial yang terjadi pada poros.[11]

$$f_r = \frac{T}{r} \quad (13)$$

$$f_r = \frac{0,2646 \text{ N/m}}{0,006 \text{ m}} = 44,1 \text{ N/m}^2$$

Berdasarkan perhitungan, didapat bahwa gaya radial yang terjadi pada poros adalah 44,1 N/m²

Gaya aksial yang terjadi pada poros.[11]

$$f_a = \frac{1}{2} f_r \quad (14)$$

$$f_a = \frac{1}{2} \cdot 44,1 \text{ N/m}^2 = 11,025 \text{ N/m}^2$$

Gaya aksial yang terjadi pada poros adalah 9,8 N/m²

Beban ekuivalen dinamis pada bantalan [11]:

$$P = X \cdot V \cdot f_r + Y \cdot f_a \quad (15)$$

$$P = (1 \times 1 \times 44,1) + (1,45 \times 11,025) = 60,08 \text{ N/m}^2$$

Beban ekuivalen dinamis yang didapat dari hasil perhitungan adalah 60,08 N/m²

Perhitungan Kekuatan Las

Kekuatan las pada kerangka mesin perlu dihitung untuk mengetahui tegangan yang terjadi pada sambungan las. Dalam kasus ini, diketahui:

$$F = 44,1 \text{ N}$$

$$A = \frac{1 \times 3,14 \times 1 \times 1}{4}$$

$$A = 0,785 \text{ m}^2 ; h = 50 \text{ mm} ; l = 128,74 \text{ mm}$$

Maka untuk tegangan total yang terjadi adalah [11]:

$$\tau = \frac{F}{0,7 \times A} \times \sqrt{1 + \left[\frac{6 \times h}{l} \right]^2} \quad (16)$$

$$\tau = \frac{44,1 \text{ N}}{0,7 \times 0,785 \text{ mm}^2} \times \sqrt{1 + \left[\frac{6 \times 50 \text{ mm}}{128,74 \text{ mm}} \right]^2}$$

$$\tau = 80,254 \times 1,824 = 146,38 \text{ N/mm}^2$$

Jenis pengelasan yang digunakan adalah pengelasan T, dimana antara bahan yang di las membentuk huruf T.

Proses Pengerjaan Komponen

Sebelum menjelaskan bagaimana proses pembuatan komponen rancang bangun alat *planetary ball mill* type vertikal kapasitas 1 kg, terlebih dahulu akan ditetapkan mengenai komponen mesin yang akan dibuat, ditampilkan pada tabel 3.

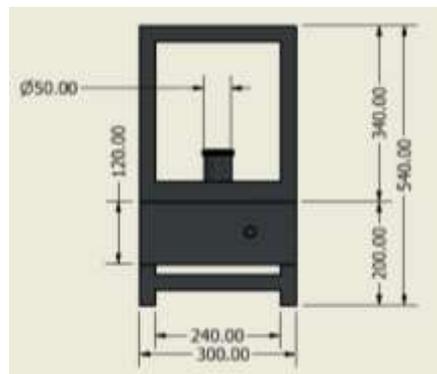
Tabel 3. Daftar komponen dan spesifikasi

No	Nama Komponen	Spesifikasi	Jumlah
1	Roda gigi	31 gigi, ϕ 58 mm (luar), ϕ 50 mm (dalam)	3 Buah
2	Poros	ϕ 12 mm x 50 mm	3 Buah
3	Besi <i>hollow</i>	30 mm x 30 mm x 1,2 mm	2 Buah
4	Plat Besi	1 mm	2 Buah

Pada proses pembuatan, akan dijelaskan beberapa komponen yang perlu dibuat karena memang sulit ditemui di pasaran.

➤ Pembuatan rangka alat

Proses pengerjaan kerangka alat *planetary ball mill* mengacu pada gambar 3. Adapun langkah-langkah: memahami gambar kerja dengan seksama, persiapkan alat dan bahan, melakukan pengukuran dan penandaan. Selanjutnya potong bahan sesuai dengan tanda yang sudah dibuat. Gunakan siku untuk mengukur besi yang berbentuk tegak lurus. Ketika akan menyambung besi, las titik terlebih dahulu agar besi dapat menempel, setelah itu, baru lakukan pengelasan penuh agar sambungan besi menjadi kuat. Pukul hasil las menggunakan palu terak, untuk mengetahui bagian mana yang belum dilas dengan baik. Setelah selesai mengelas, periksa kembali hasil las untuk memastikan tidak ada bagian las yang kurang.



Gambar 3. Kerangka alat *planetary ball mill*

➤ Pembuatan poros

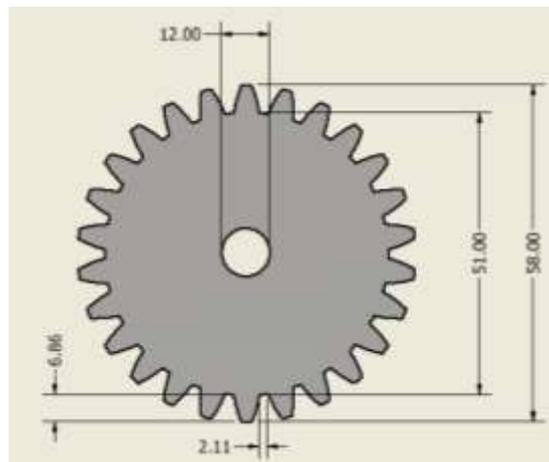
Proses pengerjaan poros mengacu pada gambar 4, dengan langkah-langkah: memperhatikan gambar secara teliti agar tidak terjadi kesalahan saat pengerjaan, mempersiapkan alat dan bahan yang akan dibentuk, mencekam poros pada pencekam mesin bubut, memasang pahat tepi kanan, setel hingga *centre*, melakukan pembubutan rata 1 mm dan membuat *centre drill*, Melakukan *center* poros dengan senter putar pada kepala lepas, mulai melakukan pembubutan sesuai dengan gambar kerja. Setelah selesai, lakukan pengeboran pada pusat lingkaran poros dengan bor ϕ 10 mm.



Gambar 4. Poros utama

➤ Pembuatan roda gigi

Proses pengerjaan roda gigi sesuai gambar 5, dengan langkah-langkah: perhatikan gambar kerja dengan teliti, siapkan alat dan bahan yang akan dibentuk roda gigi, cekam benda kerja dan pastikan sudah kuat. bubut rata hingga diameter benda kerja menjadi 58 mm. Kemudian, bubut rata ujung permukaan benda kerja. Lakukan pengeboran senter dengan mata bor \varnothing 12 mm. Lepas benda kerja, kemudian pasang benda kerja pada kepala pembagi mesin frais. Putar piring pembagi hingga terbentuk roda gigi. Lepas roda gigi dari cekam frais



Gambar 5. Gambar dan dimensi roda gigi

Proses Pengecatan dan Perakitan

Proses Pengecatan

Proses pengerjaannya sebagai berikut : amplas bagian yang akan di cat agar karat yang timbul hilang serta permukaannya menjadi halus menggunakan kertas amplas no. 250, dempul bagian yang di las agar terlihat rapi, dempul juga bagian yang dirasa tidak rata, amplas hasil dempulan yang sudah kering agar permukaannya halus menggunakan amplas no. 250. Setelah permukaan halus dan rapi, mulai lakukan pengecatan dasar dengan cat dasar (*epoxy*). Campur *epoxy* dengan *thinner* secukupnya. Lakukan pengecatan menggunakan kuas hingga seluruh permukaan alat tertutup dengan *epoxy*. Lakukan bertahap hingga 2-3 kali pengecatan. Setelah kering, amplas permukaan cat menggunakan amplas no. 1000 agar permukaan menjadi halus. Setelah itu, lakukan pencampuran cat warna biru dengan *thinner* secukupnya. Setelah melakukan pencampuran, mulai lakukan pengecatan warna menggunakan kuas hingga seluruh permukaan tertutup cat warna biru. Lakukan bertahap hingga 2-3 kali pengecatan.

Proses Perakitan

Setelah semua alat dan komponen yang dibuat dan dibeli sudah lengkap, maka akan dilakukan proses perakitan sesuai dengan gambar rencana. Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut: siapkan semua alat dan komponen yang dibuat maupun yang dibeli, pasang motor listrik pada rangka, pasang poros yang terhubung dengan *disk* dengan poros motor listrik, pasang bantalan pada poros *driven gear* menggunakan alat press, pasang bantalan pada dudukan yang menopang poros

motor listrik menggunakan alat press, pasang dudukan tabung penampung pada poros *driven gear*, pasang saklar on/off dan *dimmer* pada dudukan, kemudian rangkai kabel. Pengencangan baut dan pemeriksaan kembali pada alat.

Hasil Rancang Bangun

Adapun hasil perakitan dari rancang bangun alat *planetary ball mill type vertikal* kapasitas 1 kg diperlihatkan pada gambar 6.



Gambar 6. Hasil akhir rancang bangun *planetary ball mill type vertikal*

Pengujian Alat

Pengujian alat *planetary ball mill type vertikal* kapasitas 1 kg dilakukan sebanyak 8 kali percobaan dengan menggunakan tepung terigu sebanyak 200 gram dan air sebanyak 200 gram (4:1), dimana 4 kali percobaan dilakukan selama 5 menit dengan kecepatan putar yang berbeda dan 4 kali percobaan dilakukan selama 10 menit dengan kecepatan putar yang berbeda. Hasil pengujian alat *planetary ball mill type vertikal* disajikan dalam tabel 4.

Tabel 0. Hasil uji alat *planetary ball mill type vertikal*

Waktu (menit)	Putaran (rpm)	Bahan	Hasil Akhir
5	250	Terigu dan air	Heterogen
5	500	Terigu dan air	Heterogen
5	750	Terigu dan air	Homogen
5	1000	Terigu dan air	Homogen
10	250	Terigu dan air	Heterogen
10	500	Terigu dan air	Homogen
10	750	Terigu dan air	Homogen
10	1000	Terigu dan air	Homogen

Analisis Data

Dari pengujian yang peneliti lakukan, hasilnya kemudian dibandingkan dengan teori tentang jenis-jenis adukkan/campuran [12], diketahui terdapat 2 jenis adukkan/campuran, yaitu ; heterogen dan homogen. Jenis adukkan yang ingin peneliti capai dalam percobaan ini adalah campuran homogen antara tepung terigu dengan air.

Sesuai dengan teori yang terdapat pada jenis adukkan/campuran , adukan homogen dan heterogen dapat diamati secara kasat mata, atau dengan melakukan pemisahan dengan cara mekanis.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari rancang bangun mesin *planetary ball mill type vertikal* kapasitas 1 kg ini, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- Rangka besi *hollow* (30 mmx30 mmx1,2 mm) dengan dimensi 300 mm x 300 mm x 550 mm
- Daya motor 0,25 hp, putaran 2800 rpm.

- c. Bola baja yang digunakan adalah bola baja diameter 5 mm sebanyak 8 buah dan bola baja diameter 8 mm sebanyak 8 buah.
- d. Diameter poros utama 12 mm
- e. Kapasitas total 1 kg, dengan rincian 500 gr pada setiap tabung
- f. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa campuran yang homogen lebih cepat terjadi dengan meningkatnya putaran dengan waktu tetap atau memperlama waktu putaran pada masing-masing putaran.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F.J. Collado and M. Mufioz, "Powder technology," *Energy*, vol. 92, 1997, pp. 195–204.
- [2] A. Calka and A. Radlinski, "Universal high performance ball-milling device and its application for mechanical alloying", *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 134, 1991, pp. 1350–1353.
- [3] C. Suryanarayana, "Mechanical alloying and milling," *Prog. Mater. Sci.*, vol. 46, no. 1–2, 2001, pp. 1–184.
- [4] T. Tsuzuki and P. G. McCormick, "Mechanochemical synthesis of nanoparticles", *Jurnal of Materials Science*, vol. 39, 2004, pp. 5143-5146, doi: 10.1023/B:JMISC.0000039199.56155.f9.
- [5] Singh, K. K. dan S. Bhattacharjee, "Study on the effect of high energy ball milling (a nanomaterial process) on the microstructure and mechanical properties of a (al-si-fe-cu) alloy", 2007, pp. 13–15.
- [6] Suryanarayana, C., " Mechanical alloying and milling. *Progress in Materials Science*". 46(1–2):1–184. 2001.
- [7] Ramezani, M.T.N., "Microstructure and wear properties of al 2 o 3 -ce o 2 /ni- base alloy composite coatings on aluminum alloys by plasma spray. *Applied Surface Science*". 55(2): 2012, pp. 790–798.
- [8] Aisyah, I. S., W. Caesarendra, dan A. Suprihanto. "Design and testing of umm vertical ball mill (uvbm) for producing aluminium powder". *Journal of Physics: Conference Series*. 2018., 1007(1)
- [9] Broseghini M., L Ge s o, M D’Incau, C. L Azanza Ricardo, N. M. Pugno, dan P. Scardi.. "Modeling of the planetary ball-milling process: the case study of ceramic powders",. *Journal of the European Ceramic Society*. 36(9): 2016, pp.2205–2212.
- [10] Sularso dan K. Suga, "*Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*", Jakarta: Pradnya Paramita. 2004.
- [11] Robert L. Mott. "Elemen-Elemen Mesin dalam Perancangan Mekanis", Jogjakarta, Andi, 2004
- [12] Selli, "*10 Contoh Campuran Homogen dan Heterogen beserta Contohnya*". <https://www.nesabamedia.com>. Diakses tanggal 18 Februari 2020.