

RANCANG BANGUN SISTEM TRANSMISI PADA BALL MILL MACHINE UNTUK PROSES HOMOGENISASI BLACK POWDER DENGAN MENGGUNAKAN AUTOMATIC SYSTEM

Muhammad Rofiq¹⁾, Lalu Saefullah²⁾, Mohammad Ali³⁾
Politeknik Angkatan Darat
Kesatria Politeknik Angkatan Darat, Kodiklat TNI AD, Jalan Raya Anggrek Sekar Putih
Desa Pendem Kecamatan Junrejo, Kota Batu, Jawa Timur
Prodi Otoranpur Poltekad¹⁾, Jurusan Mesin Poltekad²⁾, Pokdos Poltekad³⁾
muhammadrofiq2501@gmail.com¹⁾, lalusaefullah@gmail.com²⁾, chonklee95@gmail.com³⁾

Abstrak: Pada dunia militer teknologi pertempuran telah mengalami perkembangan yang sangat pesat baik pertempuran jarak dekat maupun pertempuran jarak jauh. Dalam pertempuran jarak jauh teknologi yang sering digunakan yaitu teknologi roket dimana teknologi roket ini dapat melumpuhkan musuh dalam jumlah banyak. Black powder adalah campuran dari bahan kalium nitrat (KNO_3), bubuk karbon (C) dan belerang (S). (Evie Lestariana, LAPAN). Untuk black powder itu sendiri berfungsi sebagai bahan isian igniter untuk proses pembakaran propelan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah alat agar dapat mendukung pembuatan black powder pada isian igniter untuk membantu pembakaran pada roket khususnya yang dimiliki TNI AD. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan menggunakan perhitungan secara empiris untuk mendapatkan sebuah alat dengan spesifikasi yang diinginkan. Sebelum dilaksanakan perhitungan penulis maka mengumpulkan data penelitian untuk melaksanakan perhitungan, data yang dikumpulkan sebagai berikut: 1. Putaran poros roller : 246 rpm, 2. Torsi poros roller : 4,0697 Nm, 3. Diameter poros roller : 25 mm, 4. Diameter pulley poros atas : 100 mm. Hasil yang didapat setelah melaksanakan perhitungan yaitu diameter pulley penggerak 98 mm, sudut kontak sabuk terhadap pulley 174,6°, dan panjang V-belt 453,14 mm, momen inersia pada poros output gearbox 1884,8 mm⁴.

Kata Kunci : Roket, Igniter, Black powder, Perbandingan pulley.

DESIGN OF A TRANSMISSION SYSTEM ON A BALL MILL MACHINE TO PROCESS HOMOGENIZATION OF BLACK POWDER USING AN AUTOMATIC SYSTEM

Abstract: In the military world, battle technology has experienced very rapid development, both close-range combat and long-range combat. In long-distance combat the technology that is often used is rocket technology where this rocket technology can paralyze the enemy in large numbers. Black powder is a mixture of potassium nitrate (KNO_3), carbon powder (C) and sulfur (S). (Evie Lestariana, LAPAN). The black powder itself functions as an igniter filling material for the propellant combustion process. This research is to design a tool to support the manufacture of black powder in the igniter filling to help the combustion of rockets, especially those owned by the Indonesian Army. This study uses an experimental method using empirical calculations to get a tool with the desired specifications. Before carrying out the calculations, the author collects research data to carry out calculations, the data collected are as follows: 1. Roller shaft rotation: 246 rpm, 2. Roller shaft torque: 4.0697 Nm, 3. Roller shaft diameter: 25 mm, 4. Pulley shaft diameter top: 100mm. The results obtained after carrying out the calculations are the diameter of the driving pulley 98 mm, the belt contact angle against the pulley 174.6°, and the length of the V-belt 453.14 mm, moment of inertia on the gearbox output shaft 1884,8 mm⁴.

Keywords: Rocket, Igniter, Black powder, Pulley comparison.

PENDAHULUAN

Pada dunia militer teknologi pertempuran telah mengalami perkembangan yang sangat pesat

baik pertempuran jarak dekat maupun pertempuran jarak jauh. Beberapa negara telah mencoba membuat roket sebagai senjata militer dari negara

tersebut dengan berbagai variasi bahan isian pada roket, salah satu bahan isian roket adalah *black powder*. Proses pembuatan *black powder* di Laboratorium Roket dan Propulsi Poltekad masih dilakukan secara manual, yaitu menggunakan metode pengayakan biasa, sehingga terdapat beberapa kendala, antara lain:

1. Kapasitas *black powder* yang dihasilkan relative kecil (± 100 gram).
2. Kualitas *black powder* belum memenuhi standar yang diharapkan.
3. Faktor keamanan atau resiko terhadap kesehatan dan kebakaran relatif besar.

Dari permasalahan tersebut maka penulis merencanakan sebuah alat yang mampu menghasilkan produk *black powder* dengan kualitas sesuai standar, kapasitas produk relatif besar, serta memberikan keamanan bagi personil, yang menjadi tema dalam penulisan tugas akhir dengan judul "RANCANG BANGUN SISTEM TRANSMISI PADA BALL MILL MACHINE UNTUK PROSES HOMOGENISASI BLACK POWDER DENGAN MENGGUNAKAN AUTOMATIC SYSTEM" sebagai judul tugas akhir dalam menyelesaikan program pendidikan Diploma 4 Poltekad Kodiklatad.

TINJAUAN PUSTAKA

1. *Pulley*. *Pulley* adalah suatu roda yang berputar pada poros yang berfungsi untuk meneruskan daya dari poros penggerak ke poros yang di gerakkan dengan menggunakan sabuk. (Khurmi, R.S., Gupta, J.K., Chand, S. 2005).



Gambar 1. Pulley.
(Sumber: Khurmi, R.S., Gupta, J.K., Chand, S. 2005)

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{D_1}{D_2} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

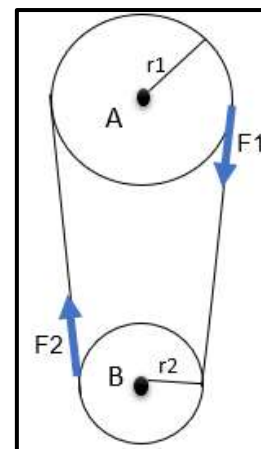
N_1 : Putaran *pulley* penggerak (rpm)

N_2 : Putaran *pulley* yang digerakkan (rpm)

D_1 : Diameter *pulley* penggerak (mm)

D_2 : Diameter *pulley* yang digerakkan (mm)

2. Gaya pada sabuk. Gaya yang terjadi pada sabuk *v-belt* dapat di ketahui dengan persamaan berikut ini:



Gambar 2. Pulley.
(Sumber: Khurmi, R.S., Gupta, J.K., Chand, S. 2005)

$$F = \frac{T_{poros}}{r_{pulley}} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

F : Gaya sabuk (N)

T : Torsi poros (Nm)

r : Jari jari *pulley* (mm)

3. Torsi *pulley* penggerak.

$$T = F \cdot r$$

Dimana:

F : Gaya sabuk (N)

r : Jari jari *pulley* (mm)

4. Gaya yang terjadi pada *pulley* penggerak.

$$F = \frac{T_{\text{poros}}}{r_{\text{pulley}}} \dots \dots \dots (3)$$

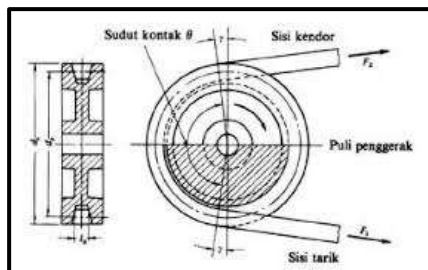
Dimana :

F : Gaya pada *pulley* (N)

r_{pulley} : Jari-jari pada *pulley* besar (mm)

T_{poros} : Torsi *pulley* (Nm)

5. Sudut Kontak (θ). Sudut antara muka *pulley* yang berbentuk trapesium. Untuk mencari sudut kontak pada *pulley* dapat di gunakan persamaan, dimana θ adalah sudut kontak, D_2 adalah diameter *pulley* besar dengan satuan (mm), dan D_1 adalah diameter *pulley* kecil dengan satuan (mm). (Khurmi, R.S., Gupta, J.K., Chand, S. 2005).



Gambar 3. Sudut Kontak.

(Sumber: Khurmi, R.S., Gupta, J.K., Chand, S. 2005)

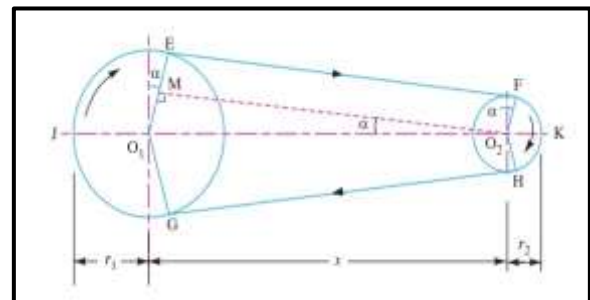
$$\theta = 180^\circ - \left(\frac{D_1 \cdot D_2}{2} \right) \cdot 60^\circ \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan gambar :

D_1 : Diameter *pulley* penggerak (mm)

D_2 : Diameter *pulley* yang digerakkan (mm)

6. Panjang V-belt. Sabuk dengan penampang trapesium dipasang pada *pulley* dengan alur dan meneruskan momen antar dua poros yang berjarak maksimal 5 m dengan perbandingan putaran 1 : 1 sampai 7 : 1. (Ir. Sularso, 1978, Hal 170).



Gambar 4. Panjang V- belt.
(Sumber : Ir. Sularso, 1978, Hal 170)

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

Dimana :

L : Panjang sabuk (mm)

C : Beban tumpuan (mm)

π : Konstanta (3,14)

7. Kecepatan linier sabuk V-belt. Transmisi sabuk-v hanya dapat menghubungkan poros-poros yang sejajar dengan arah putaran yang sama, sehingga sabuk V-belt bekerja lebih halus dan tak bersuara.

$$V = \frac{D_1 N_1}{60 \times 1000} \dots \dots \dots (5)$$

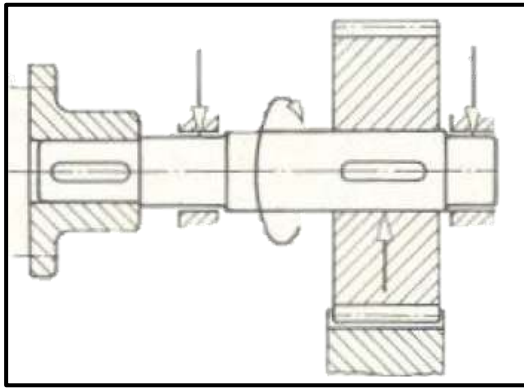
Dimana :

V : Kecepatan linier (m/s)

D_1 : Diameter *pulley* penggerak (mm)

N_1 : Putaran *pulley* penggerak (rpm)

8. Perhitungan Poros. Poros adalah salah satu bagian yang terpenting dari setiap mesin. Poros yang digunakan adalah poros transmisi dengan beban puntir murni dan beban lentur, pada perencanaan ini adalah perencanaan poros transmisi, guna memindahkan putaran poros motor listrik ke poros *gearbox*.



Gambar 5. Perencanaan poros.
(Sumber: Khurmi, R.S., Gupta, J.K., Chand, S. 2005)

a. Momen inersia pada poros *output gearbox*.

$$I = \frac{\pi}{4} \cdot (D_1)^4 \dots\dots\dots(6)$$

Dimana

I : momen inersia (mm^4)

D_1 : Diameter *pulley* penggerak (mm)

π : Konstanta, nilainya 3,14

b. Momen lentur pada poros *output gearbox*.

$$M = F_{\text{pulley}} \cdot L \dots\dots\dots(7)$$

Dimana

M : Momen lentur pada poros (Nm)

L : Panjang *pulley* (m)

F : Gaya *pulley* (Nm)

c. Tegangan geser poros penggerak (τ).

$$\tau = \frac{T \cdot r}{I} \dots\dots\dots(8)$$

Dimana:

T : Torsi pada pulley (Nm)

r_{poros} : Jari-jari pada poros (mm)

I : Momen Inersia (mm^4)

d. Kekuatan tarik bahan poros (σ_b).

$$\sigma_b = \tau \cdot (SF_1 \times SF_2) \dots\dots\dots(9)$$

Diman:

τ : Tegangan geser poros penggerak
(N/mm^2)

Sf_1 : Faktor keamanan 1.

Sf_2 : Faktor keamanan 2.

METODE PENELITIAN

9. Tempat dan Waktu Penelitian.

a. Pelaksanaan penelitian dilakukan di bengkel mekanik Poltekad Kodiklatad.

b. Penelitian ini dilakukan selama 9 bulan, mulai dari bulan Maret sampai dengan bulan Nopember 2021.

10. Metode Penelitian. Dalam penelitian ini menggunakan metode penilitian secara eksperimental dibuktikan secara langsung pada hasil perhitungan. Perhitungan secara empiris pada data kemudian dilanjutkan dengan pembuatan desain dan pembuatan alat.

11. Instrumen Penelitian. Pada perancangan alat ini, dilengkapi dengan beberapa instrumen penelitian seperti variabel yang digunakan untuk mendukung kelancaran dalam penelitian. Sehingga penelitian ini menggunakan variabel sebagai berikut:

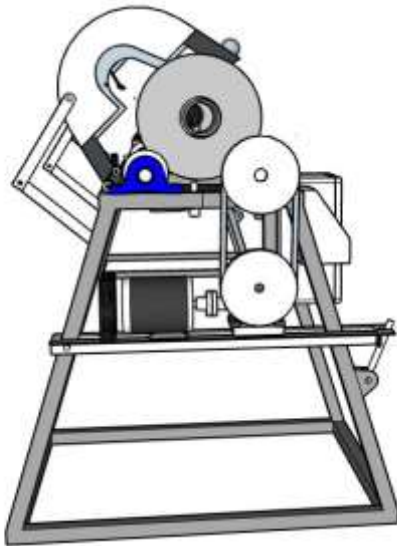
a. Variabel Bebas. Variabel yang ditentukan sendiri besarnya oleh perancang/peneliti. Dalam penyusunan tugas akhir ini variabel bebas yang digunakan adalah :

- 1) Posisi motor listrik dan transmisi pada alat
- 2) Jarak antar *pulley* penggerak dan *pulley* yang digerakkan.

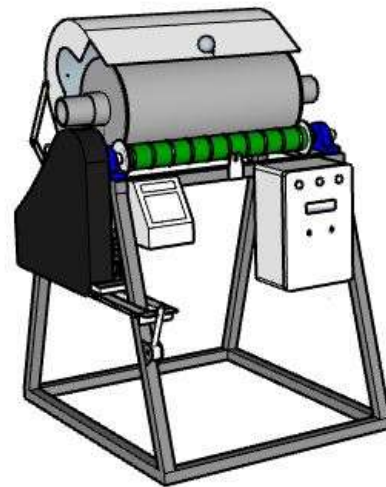
b. Variabel Terikat. Variabel yang tidak dapat ditentukan oleh penulis melainkan besarnya tergantung pada variabel bebasnya. Adapun variabel terikat yang digunakan meliputi :

- 1) Daya motor yang diperlukan.
- 2) Diameter *pulley*.
- 3) Panjang sabuk V-belt.

12. Desain Alat. Dalam mendukung proses penelitian dan perencanaan pada alat, maka dibutuhkan sebuah visualisasi penggambaran alat secara keseluruhan. Adapun desain alat sebagai berikut :

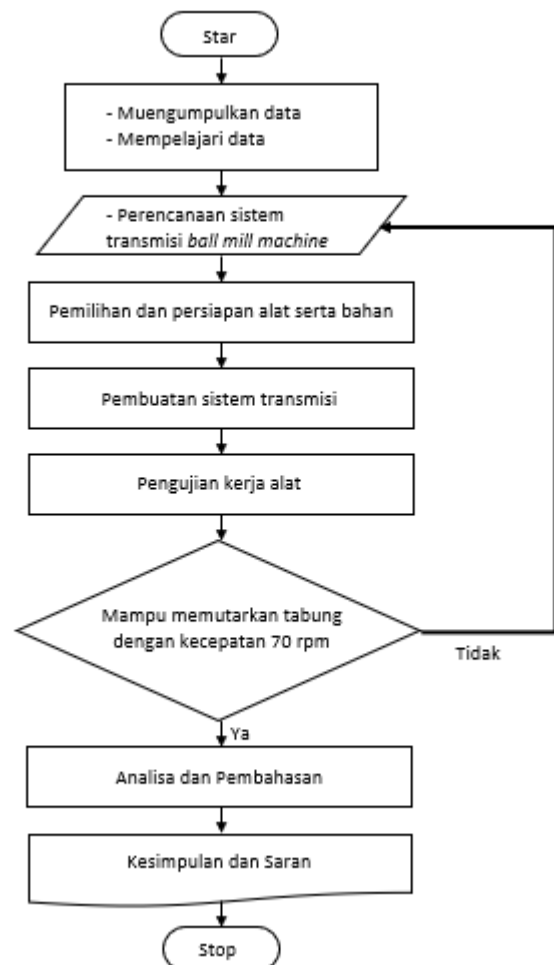


Gambar 6. Desain alat sistem transmisi *pulley*.
(Sumber : Peneliti)



Gambar .7 Desain *ball mill machine*
(Sumber : Peneliti)

13. Digram Alir Penelitian.



Gambar 8. Diagram Alir Penelitian.

PEMBAHASAN

14. Data Penelitian. Sebelum dilaksanakan perhitungan penulis mengumpulkan data penelitian untuk melaksanakan perhitungan, data yang dikumpulkan sebagai berikut:

1. Putaran poros roller (N_2) : 246 rpm.
2. Torsi poros roller (T_{poros}) : 4,0697 Nm.
3. Diameter poros roller (D_1) : 25 mm.
4. Diameter pulley besar (D_2) : 100 mm.

15. Perhitungan Diameter *Pulley*. Perhitungan *pulley* dilakukan untuk mengetahui ukuran *pulley* yang akan digunakan:

a. Diameter *pulley* penggerak.

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{D_1}{D_2}$$

$$D_1 \cdot N_1 = N_2 \cdot D_2$$

$$D_1 = \frac{N_2 \times D_2}{N_1}$$

$$D_1 = \frac{246 \times 100}{250}$$

$$D_1 = 98 \text{ mm.}$$

b. Torsi pulley yang digerakan.

$$T = F \cdot r$$

$$= 81,4 \text{ N} \cdot 0,05 \text{ m}$$

$$= 4,0697 \text{ Nm.}$$

c. Gaya pada sabuk.

$$F = \frac{T_{\text{poros}}}{r_{\text{pulley}}}$$

$$= \frac{4,0697}{0,05}$$

$$= 81,4 \text{ N}$$

d. Gaya yang terjadi di *pulley* penggerak

$$F = \frac{T_{\text{poros}}}{r_{\text{pulley}}}$$

$$= \frac{4,0697}{0,048}$$

$$= 84,9 \text{ N}$$

Dari perhitungan didapatkan gaya yang terjadi pada *pulley* penggerak yaitu sebesar 84,9 N.

16. Perhitungan Transmisi *V-belt*.

a. Panjang *V-belt*.

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

$$L = 2 \cdot 225 + \frac{3,14}{2} (100 - 98)$$

$$L = 453,14 \text{ mm.}$$

b. Sudut kontak *V-belt*.

$$\theta = 180^\circ - \frac{57 (D_2 - D_1)}{C} \cdot 60^\circ$$

$$= 180^\circ - \frac{57 (100 - 98)}{22,5} \cdot 60^\circ$$

$$= 180^\circ - \left(\frac{2}{22,5} \right) \cdot 60^\circ$$

$$= 174,6^\circ$$

c. Kecepatan linier sabuk *V-belt*.

$$v = \frac{D_2 N_1}{60 \times 1000}$$

$$= \frac{100 \cdot 246}{60 \times 1000}$$

$$= 0,41 \text{ m/s}$$

Dari perhitungan diatas di dapatkan ukuran sabuk yang sesuai dengan spesifikasi panjang sabuk 453,14 mm, sehingga mendapatkan kecepatan linier sebesar 0,41m/s.

17. Perhitungan Poros. poros untuk pemilihan bahan yang akan digunakan dalam perencanaan yaitu menggunakan bahan ST41 dengan kekuatan tarik (σ_b) = 410 N/mm², dengan $Sf_1 = 6,0$ dan $Sf_2 =$

2,5 untuk bahan S-C dengan diameter poros 14 mm.

a. Momen inersia pada poros *output gearbox*.

$$\begin{aligned} I &= \frac{\pi}{4} \cdot (D)^4 \\ &= \frac{3,14}{4} \cdot (17)^4 \\ &= 1884,8 \text{ mm}^4. \end{aligned}$$

b. Momen lentur pada poros *output gearbox*.

$$\begin{aligned} M &= F_{\text{pulley}} \cdot L \\ &= 84,9 \cdot 453,14 \\ &= 38471,6 \text{ Nmm}. \end{aligned}$$

c. Tegangan geser poros penggerak.

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{T \cdot r}{I} \\ &= \frac{4000 \text{ Nmm} \cdot 7 \text{ mm}}{1884,8 \text{ mm}^4} \\ &= 14,85 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

d. Kekuatan tarik bahan poros (σ_b).

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{\sigma_b}{SF_1 \cdot SF_2} \\ \sigma_b &= \tau \cdot (SF_1 \times SF_2) \\ \sigma_b &= 14,85 \text{ N/mm}^2 \cdot (6 \times 2,5) \\ \sigma_b &= 222,83 \text{ N/mm}^2. \end{aligned}$$

Dari perhitungan yang sudah dilaksanakan mendapatkan hasil pada momen inersia poros *output gearbox* sebesar 1884,8 mm⁴, momen lentur poros *output* sebesar 38471,6 Nmm, dan tegangan geser poros penggerak 14,85 N/mm², dan kekuatan tarik bahan poros 222,83 N/mm² sehingga dapat disimpulkan bahwa poros yang digunakan sangat aman untuk digunakan beban maksimum pada tabung.

KESIMPULAN DAN SARAN

18. Kesimpulan. Dari hasil perhitungan perencanaan perbandingan *pulley* pada *Ball Mill Machine* didapatkan hasil sebagai berikut :

a. Gaya yang terjadi pada *pulley* penggerak adalah 84,9 N maka akan mendapatkan torsi yang diinginkan.

b. Dari perhitungan transmisi *v-belt* mendapatkan ukuran panjang *belt* 453,14 mm. sehingga jarak sumbu poros bisa ditentukan agar panjang *v-belt* tersebut sesuai dengan perhitungan.

c. Pada poros *output gearbox* didapatkan tegangan geser sebesar 14,85 N/mm². Sehingga poros tersebut masih aman digunakan ketika mendapatkan beban dari tabung.

19. Saran.

a. Dalam mengembangkan alat ini kedepannya diharapkan dapat menggunakan sistem transmisi *chain* diharapkan apabila mendapatkan beban lebih tidak terjadi selip.

b. Dalam peningkatan efektifitas alat ini dalam proses homogenisasi dapat diperbesar daya motor DC diharapkan dapat memuarkkan tabung secara stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ir. Sularso, MS ME dan Kiyokatsu Suga. 2004, "Dasar-dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin", Pradnya Paramita Jakarta.
- [2] R.S. Khurmi dan J.K. Gupta. 2005, "A Text Book of Machine Design", Eurasia Publishing House, New Delhi.

- [3] J.J.M.HAGENDROORN, Konstruksi Mesin, Rosda Jayaputra – Jakarta, 1989.
- [4] Prof.Dr.Hahmir Dahlan,M.Sc. ELEMEN MESIN, 2012, Jakarta: Cipta harta prima.
- [5] Niemann.G dan Winter.H, 1990, Elemen Mesin Desain dan Kalkulasi dari sambungan, bantalan dan poros, Penerbit Erlangga, Jakarta.