

Perancangan sistem transmisi penggerak mesin bubut mini konvensional

Muhammad Luqman, Agung Dwi Sapto

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Gunadarma
Jl. Margonda Raya, No.100, Depok, Jawa Barat
Email korespondensi: adwisapto98@gmail.com

Abstrak

Mesin bubut merupakan salah satu *metal cutting machine* dengan gerak utama berputar, di mana benda kerja dicekam dan berputar pada sumbunya, sedangkan alat potong (*cutting tool*) bergerak memotong sepanjang benda kerja. Pada perancangan mesin bubut mini konvensional, terdapat bagian-bagian utama yaitu kepala tetap dan unit tenaga penggerak, mesin bubut ini dapat digunakan bagi semua kalangan karena menggunakan bahan atau komponen yang mudah didapatkan. Dalam perancangan sebuah produk, dibuatlah terlebih dahulu desain alat tersebut dan dilanjutkan dengan melakukan perhitungan pada perancangan alat ini yaitu berupa poros yang juga tersambung dengan kepala tetap, pasak, pulley, sabuk V, bantalan, motor penggerak dan rangka mesin sebagaiudukan komponen-komponen tersebut di atas. Hasil dari perancangan sistem transmisi penggerak mesin bubut ini menunjukkan bahwa tegangan yang terjadi pada poros transmisi masih di bawah tegangan izin, sehingga mesin bubut ini aman untuk dipakai.

Kata kunci : mesin bubut, alat potong, perancangan.

Abstract

Lathe is one of the metal cutting machines with the main motion spinning, where the workpiece is gripped and rotated on its axis, while the cutting tool moves to cut along the workpiece. In the design of conventional mini lathes there are main parts that are fixed heads and drive power units, this lathe can be used for all circles because it uses materials or components that are easy to obtain. In the design of a product is made first the design of the tool and continued by doing calculations on the design of this tool is in the form of a shaft that is also connected to a fixed head, peg, pulley, v belt, bearing, drive motor and engine frame as a mount of the components above. The results of the design of the transmission system driving this lathe indicate that the stress on the transmission shaft is still below the allowable stress, so that the lathe is safe to use.

Keywords: lathe, cutting tools, designing.

1. Pendahuluan

Mesin bubut merupakan salah satu *metal cutting machine* dengan gerak utama berputar, tempat benda kerja dicekam dan berputar pada sumbunya, sedangkan alat potong (*cutting tool*) bergerak memotong sepanjang benda kerja, sehingga akan terbentuk geram [1].

Di bidang industri, keberadaan mesin bubut sangat berperan, terutama dalam industri pemesinan. Misalnya dalam industri otomotif, mesin bubut berperan dalam pembuatan komponen-komponen kendaraan seperti mur, baut, roda gigi, poros, tromol dan lain sebagainya [2, 3]. Penggunaan mesin bubut juga dapat dihubungkan dengan mesin lain seperti mesin bor (*drilling machine*), mesin gerinda (*grinding machine*), mesin frais (*frais machine*), mesin sekrap (*scrap machine*), mesin gergaji (*sawing machine*) dan mesin-mesin lainnya [2]. Melihat begitu pentingnya mesin bubut dalam industri pemesinan, membuat harga mesin ini sangat mahal. Maka dari itu, untuk mengaplikasikan mesin bubut ini ke dalam dunia nyata, dibuatlah perancangan mesin bubut mini konvensional dengan menggunakan bahan yang mudah didapatkan dan harga dapat bersaing [4, 5].

Dalam perancangan mesin bubut mini konvensional terdapat bagian-bagian yang paling utama adalah kepala tetap, rumah pahat dan unit tenaga penggerak [6].

Pada perancangan mesin bubut ini untuk bagian rangka, menggunakan 3 jenis besi yaitu besi UNP, besi *hollow* dan plat besi, di mana dilakukan pengelasan sesuai dengan desain yang sudah dibuat untuk rangka mesin ini [7-9].

Rumusan masalah pada kajian ini adalah merancang mesin bubut mini konvensional sesuai dengan desain dan komponen yang digunakan dalam perancangan mesin ini dan merancang mesin bubut mini konvensional yang baik dan ekonomis [10].

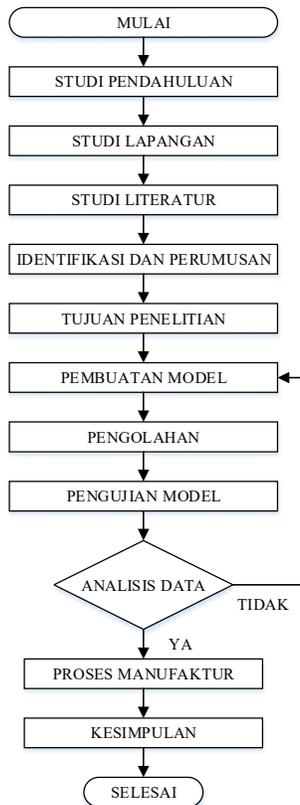
Dalam kajian, diberikan pembahasan masalah agar dapat terarah dengan baik dan tidak menyimpang dari pokok permasalahan, maka permasalahan dibatasi, yaitu mesin yang dirancang akan digunakan untuk memroses bahan besi dan kayu, bahan yang digunakan untuk rangka adalah bahan yang mudah didapatkan di pasaran [11-13]. Perhitungan yang dilakukan adalah untuk menghitung kekuatan komponen yang digunakan pada bagian transmisi dan tidak dilakukan

perhitungan maupun analisis pada bagian rangka [14, 15].

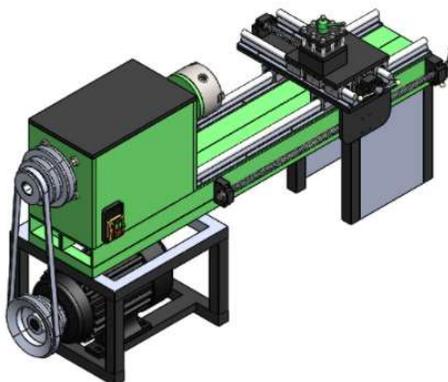
Tujuan dari kajian ini adalah untuk mengetahui perancangan sebuah mesin bubut mini konvensional yang baik dan aman serta mengetahui sistem kerja pada bagian mesin bubut tersebut.

2. Metode

Dalam melakukan suatu kajian, biasanya diawali dengan penetapan tahapan kajian. Berikut akan dijelaskan mengenai metode kajian yang dilakukan dari awal kajian hingga akhir, yang ditunjukkan pada Gambar 1. Gambar 2 menunjukkan desain mesin bubut mini konvensional, sedangkan Tabel 1 menunjukkan spesifikasi desain mesin.



Gambar 1. Flowchart kajian.



Gambar 2. Desain rancangan mesin bubut mini konvensional.

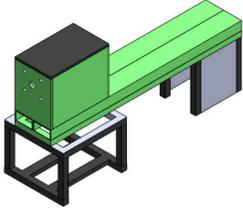
Tabel 1. Spesifikasi desain rancangan mesin bubut mini konvensional.

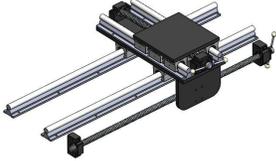
Parameter ukuran	Perancangan mesin bubut
Tinggi mesin bubut	600 mm
Lebar mesin bubut	333 mm
Panjang mesin bubut	1079 mm

Komponen Mesin Bubut Mini Konvensional

Dalam perancangan mesin bubut ini, komponen yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Komponen mesin bubut mini konvensional.

Komponen	Keterangan
	Rangka mesin bubut mini konvensional
	Motor listrik 1,5 HP, 2800 rpm
	Rumah pahat
	Sakelar on/off

Komponen	Keterangan
	Sistem mekanik sumbu <i>x</i> dan <i>y</i>
	Kepala tetap (<i>lathe chuck</i>)

Prinsip Kerja Mesin Bubut

Mesin bubut adalah sebuah mesin perkakas konvensional. Prinsip kerja pada proses *turning* atau lebih dikenal dengan proses bubut adalah proses penghilangan bagian dari benda kerja untuk memperoleh bentuk sesuai dengan desain yang telah dibuat atau ditentukan.

Benda kerja akan diputar/rotasi dengan kecepatan tertentu bersamaan, dengan dilakukannya proses pemakanan oleh pahat yang digerakkan secara translasi sejajar dengan sumbu putar dari benda kerja. Gerakan putar dari benda kerja disebut gerak potong relatif dan gerakan translasi dari pahat disebut gerak umpan (*feeding*). Pengertian lain menyebutkan bahwa bubut merupakan suatu proses pemakanan benda kerja yang sayatannya dilakukan dengan cara memutar benda kerja, kemudian dikenakan pada pahat yang digerakkan secara sejajar dengan sumbu putar dari benda kerja. Gerakan putar dari benda kerja disebut gerak potong relatif dan gerakkan dari pahat disebut gerak umpan.

3. Hasil dan Pembahasan

Data perancangan pada mesin bubut mini konvensional ini akan menggunakan penggerak motor listrik dengan daya 1,5 HP, kecepatan motor listrik sekitar 2800 rpm dan sistem transmisi menggunakan *pulley* bertingkat.

Tabel 1. Faktor koreksi motor.

	Mesin yang digerakkan	Penggerak					
		Momen puntir puncak 200%		Momen puntir puncak > 200%			
		Motor arus bolak-balik (momen normal, sangkar baging, sinkron), motor arus searah (lilitan <i>shunt</i>)		Motor arus bolak-balik (momen tinggi, fasa tunggal, lilitan seri), motor arus searah (lilitan komponen, lilitan seri), mesin torak, kopling tak tetap			
		Jumlah jam kerja tiap hari			Jumlah jam kerja tiap hari		
		3-5 jam	8-10 jam	16-24 jam	3-5 jam	8-10 jam	16-24 jam
Variasi beban sanagt kecil	Pengaduk zat cair, kipas angin, <i>blower</i> (sampai 7,5 kW) pompa sentrifugal, konveyor tugas ringan	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4
Variasi beban kecil	Konveyor sabuk (pasir, batu bara), pengaduk, kipas angin (lebih dari 7,5 kW), mesin torak, peluncur, mesin perkakas, mesin percetakan	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
Variasi beban sedang	Konveyor (ember, sekrup), pompa torak, kompresor, gilingan palu, pengocok, <i>roots-blower</i> , mesin tekstil, mesin kayu	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8

Mesin yang digerakkan		Pengerak					
Variasi beban besar	Penghancur, gilingan bola atau batang, pengangkat, mesin pabrik karet (rol, kalender)	<u>1,5</u>	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0

Menurut faktor koreksi tabel di atas, mesin bubut mini konvensional ini dirancang menggunakan faktor koreksi (fc) untuk variasi beban besar dengan jam kerja yakni 3–5 jam, $fc = 1,5$.

Perhitungan Daya Rencana Motor

Data diperoleh untuk daya motor sebesar 1,5 HP dan faktor koreksi yang diambil 1,5. Adapun daya rencana motor listrik didapatkan sebesar 1,69 kW dengan menggunakan Persamaan 1 berikut.

$$P_d = fc \cdot P \tag{1}$$

Perhitungan Poros

Pada sistem transmisi mesin bubut mini konvensional ini terdapat suatu poros yang harus direncanakan, di mana poros adalah bagian terpenting dalam suatu mesin, merupakan bagian stasioner yang berputar dan berpenampang bulat. Poros ini digunakan sebagai penerus putaran pada perancangan mesin.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk merencanakan sebuah poros yaitu kekuatan poros harus memenuhi kebutuhan pada perancangan yang dibuat, mudah tidaknya bahan untuk pembuatan poros tersebut, dan faktor ekonomis harus tetap diperhitungkan dalam perancangan poros.

Untuk menghitung besar diameter poros penggerak yang akan digunakan pada mesin, diketahui bahwa $P_d = 1,69$ kw dan $N_2 = 1400$ rpm, sedangkan bahan poros yang dipakai adalah S55C. Untuk perhitungan momen puntir (kg.mm), digunakan Persamaan 2 berikut.

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \frac{Pd}{n_1} \tag{2}$$

Berdasarkan Persamaan 2 tersebut, didapatkan nilai $T = 1175,76$ kg.mm.

Menentukan tegangan geser yang diizinkan (kg/mm^2) menggunakan Persamaan 3 berikut.

$$\tau_a = \frac{\sigma_B}{s_{f_1} s_{f_2}} \tag{3}$$

Berdasarkan Persamaan 3 tersebut, didapatkan nilai $\tau_a = 3,66$ kg/mm^2 .

Menentukan diameter poros (mm), di mana nilai K_t = faktor koreksi ASME = 2,0. Sedangkan C_b merupakan faktor koreksi untuk kemungkinan

terjadinya beban lentur, dalam perancangan ini diambil 2,3 karena diperkirakan akan terjadi beban lentur. Bahan yang digunakan adalah baja karbon S55C. Persamaan 4 berikut digunakan untuk menentukan diameter poros.

$$d_p = \left[\frac{5,1}{\tau_a} \cdot K_t \cdot C_b \cdot M_p \right]^{1/3} \tag{4}$$

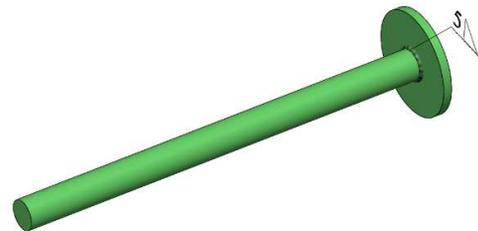
Berdasarkan Persamaan 4 tersebut, didapatkan nilai $d_p = 19,03 = 20$ mm.

Menentukan tegangan geser yang terjadi pada poros (kg/mm^2) dengan Persamaan 5 berikut.

$$\tau = \frac{5,1 T}{d^3} \tag{5}$$

Berdasarkan Persamaan 5 tersebut, didapatkan nilai $\tau = 0,75$ kg/mm^2 .

Harga $\tau \leq \tau_a$ menunjukkan bahwa harga dari tegangan geser yang terjadi pada poros (τ) lebih kecil dari harga tegangan geser yang diizinkan, di mana harga $\tau = 0,75$ kg/mm^2 , $\tau_a = 3,66$ kg/mm^2 , maka dapat dinyatakan aman. Didapatkan diameter poros adalah 20 mm yang di bagian ujungnya dilas dengan plat tebalnya 5 mm untuk menahan kepala tetap, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Poros.

Perencanaan Pasak

Dari data perhitungan poros, diperoleh diameter poros penggerak adalah 20 mm dengan putaran (n_2) 1400 rpm. Berdasarkan data tersebut, maka dari tabel diperoleh dimensi pasak yakni $b = 7$ mm, $t_1 = 4,0$ mm, $h = 7$ mm, $t_2 = 3,3$ mm, $l = 30$ mm. Bahan pasak adalah SC55C, diketahui bahwa nilai $P_d = 1,69$ kw, $N_2 = 1400$ rpm, $T = 1175,76$ kg.mm. Menentukan gaya tangensial F (kg) menggunakan Persamaan 6 berikut.

$$F = \frac{T}{\frac{d_s}{2}} \tag{6}$$

Berdasarkan Persamaan 6 tersebut, maka didapatkan nilai $F = 117,5$ kg.

Menentukan tegangan geser τ_k (kg/mm^2), menggunakan Persamaan 7 berikut.

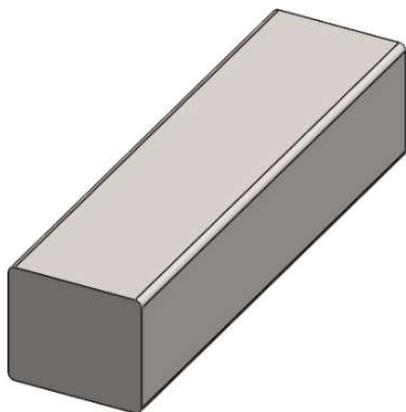
$$\tau_k = \frac{F}{bl} \tag{7}$$

Berdasarkan Persamaan 7 tersebut, maka didapatkan nilai $\tau_k = 5,59 \text{ kg/mm}^2$.

Menentukan tegangan geser yang diizinkan (τ_{ka}) menggunakan Persamaan 8 berikut.

$$\tau_{ka} = \frac{\sigma_B}{Sf k_1 S f k_2} \quad (8)$$

Berdasarkan Persamaan 8 tersebut, maka didapatkan nilai $\tau_{ka} = 7,3 \text{ kg/mm}^2$. Dihiliskan bahwa harga $\tau_{ka} \geq \frac{F}{bt}$, sehingga harga $\tau_{ka} = 7,3 \text{ kg/mm}^2$, $\tau_k = 5,59 \text{ kg/mm}^2$.



Gambar 4. Poros

Sistem Transmisi

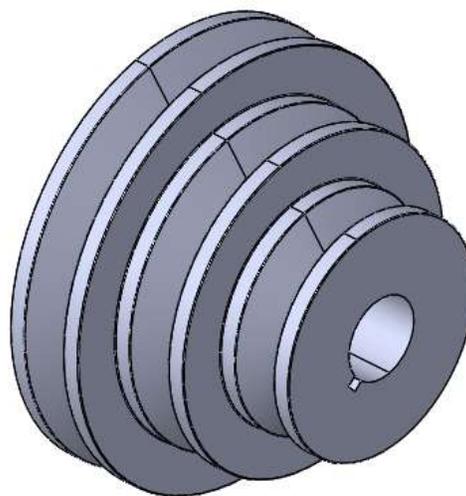
Mesin bubut mini konvensional ini memiliki transmisi yang terdiri dari beberapa komponen yaitu pulley, belt, poros, dan motor listrik. Sistem transmisi yang ada, akan memperlambat kecepatan motor listrik dari 2800 rpm menjadi 1400 rpm. Mekanisme yang bekerja pada sistem transmisi ini berawal dari motor listrik yang dihidupkan, di mana kecepatannya ditransmisi ke pulley 1 yang kemudian dengan menggunakan sabuk V akan ditransmisikan ke pulley 2 dan menggerakkan poros melalui pulley.

Diketahui bahwa perencanaan pulley daya putaran output yang dibutuhkan adalah 1400 rpm, sehingga $N_1 = 2800 \text{ rpm}$, $N_2 = 1400 \text{ rpm}$, $D_1 = 80 \text{ mm}$, digunakan pada Persamaan 9 berikut.

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (9)$$

Berdasarkan Persamaan 9, dihasilkan bahwa nilai $D_2 = 160 \text{ mm}$.

Dari hasil perhitungan, didapatkan data untuk nilai D_2 adalah 160 mm. Sedangkan model pulley yang dipakai pada perancangan ini adalah pulley bertingkat untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pulley bertingkat.

Perencanaan Sabuk V

Untuk mentransmisikan putaran dari pulley input ke output, maka dalam merancang mesin bubut kayu diperlukan sabuk V. Panjang keliling sabuk dipertimbangkan dengan beberapa hal, yakni perbandingan reduksi (il) dengan Persamaan 10 berikut.

$$il = \frac{n_1}{n_2} \quad (10)$$

Berdasarkan Persamaan 10, dihasilkan nilai $il = 2$.

Diameter puli besar (D_2) yakni sebesar $D_2 = 160 \text{ mm}$.

Jarak antara kedua sumbu poros (C), dihitung dengan Persamaan 11 berikut.

$$C = 2 \times D_2 \quad (11)$$

Berdasarkan Persamaan 11, dihasilkan nilai $C = 320 \text{ mm}$.

Panjang keliling sabuk (L), dihitung dengan Persamaan 12 berikut.

$$L = 2 \cdot c + \frac{\pi}{2} (d_1 + d_2) + \frac{1}{4c} (d_2 - d_1)^2 \quad (12)$$

Berdasarkan Persamaan 12, dihasilkan nilai $L = 1021,8 \text{ mm}$.

Berdasarkan data tabel untuk keliling sabuk yang dapat digunakan adalah 1125 mm dan tipe sabuk yang digunakan adalah tipe A.

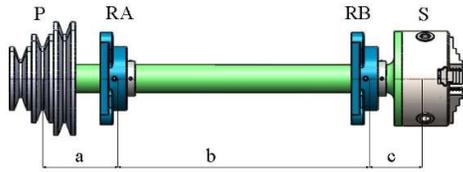
Perhitungan Bantalan

Dalam mesin bubut mini konvensional, untuk menopang gerak poros adalah bantalan, beban yang terjadi adalah beban radial saja akibat reaksi tangensial, dihitung dengan Persamaan 13 berikut.

$$Pr = XVFr + Yfa \quad (13)$$

Persamaan 13 dapat disederhanakan kembali dengan kondisi $y = 0$ dan $R_{Ar} = 0$, sehingga :

$$P_r = R_{at} = P$$



Gambar 6. Bantalan.

Di mana :

- P = Pulley Penggerak
- S = Spindle / Kepala Tetap
- RA = Reaksi pada bantalan A
- RB = Reaksi pada bantalan B

Diketahui bahwa diameter poros adalah 20 mm, F_{Poros} adalah 39,24 N. Kemudian, panjang a adalah 96 mm, panjang b yakni 320 mm, dan panjang c adalah 67,2 mm.

Berdasarkan data tersebut, maka didapatkan nilai $F_{2Spindle}$ adalah 29,43 N dan $F_{1Pulley}$ adalah 9,81 N. Kemudian, didapatkan nilai RA sebesar 17,35 N dan nilai RB adalah 39,16 N.

Dari kedua gaya reaksi RA dan RB , diambil harga terbesar sebagai resultan gaya radial yakni F_r , yaitu $F_r = R_B = 39,16$ N, sedangkan resultan gaya aksialnya adalah $F_a = R_A = 17,35$ N.

Penentuan Beban Ekuivalen Statik dan Dinamik

Beban ekuivalen statik diperoleh dengan Persamaan 14 berikut.

$$P_0 = X_0.F_r + Y_0.F_a \quad (14)$$

Di mana:

- P_0 = beban ekuivalen statik (N).
- X_0 = faktor radial, untuk bantalan bola radial beralur dalam baris tunggal besarnya adalah 0,6.
- F_r = gaya radial, yaitu sebesar 39,16 N.
- Y_0 = faktor aksial, untuk bantalan bola radial beralur dalam baris tunggal besarnya adalah 0,5.
- F_a = gaya aksial, untuk bantalan pendukung poros ini besarnya adalah 17,35 N.

Maka, didapatkan nilai P_0 sebesar 32,171 N.

Untuk beban ekuivalen dinamik, didapatkan sebesar 39,16 N.

Penentuan *basic static load rating* dan *basic dynamic load rating*, bahwa $C_0 = P_0$, sehingga didapatkan nilai 32,171 N.

Sedangkan untuk *basic dynamic load rating* dapat diperoleh dari Persamaan 15 berikut.

$$C = P.L^{1/3} \quad (15)$$

Di mana:

C = basic dynamic load rating (N).

P = beban ekuivalen dinamik, yaitu sebesar 39,16 N.

L = umur bantalan yang dinyatakan dalam juta putarannya, direncanakan untuk 10.000 juta putaran.

Maka, besar C adalah 818,17 N.

Untuk jenis bantalan yang digunakan pada perancangan alat ini adalah bantalan UCF dengan diameter sebesar 20 mm.



Gambar 7. Bantalan UCF.

4. Kesimpulan

Dari hasil analisis perhitungan dan penjelasan, maka dapat disimpulkan perancangan mesin bubut mini konvensional ini dapat dilakukan pada tahap produksi atau pembuatan alat ini dengan putaran output 1400 rpm dan diperoleh bahwa dalam perencanaan daya untuk alat ini didapatkan motor listrik yang digunakan 1,5 HP dengan kecepatan putar sebesar 2800 rpm dan nilai P_d adalah 1,69 kW. Hasil yang diperoleh untuk perhitungan poros dengan bahan yang digunakan pada poros adalah S55C, dengan kekuatan Tarik (σ_B) = 66 kg/mm², dan berdiameter = 20 mm. Sistem transmisi yang digunakan adalah pulley dan v-belt. Pulley yang digunakan adalah pulley bertingkat dengan $D_1 = 80$ mm dan $D_2 = 160$ mm dan untuk sabuk V yang digunakan adalah tipe A. Pada perancangan bantalan didapatkan hasil yaitu nilai $RA = 17,35$ N, $RB = 39,16$ N, $P_0 = 32,171$ N, $P = 39,16$ N dan jenis bantalan yang digunakan yakni UCF dengan diameter = 20 mm.

Proses penyempurnaan produk masih diperlukan dan dilakukan tindak lanjut agar produk dapat lebih baik lagi. Dalam usulan perbaikan rancangan mesin ini yakni mesin bubut mini konvensional ini dapat

dikembangkan menjadi Mesin CNC *Turning* dengan menambahkan motor *stepper* pada bagian sistem mekanik dan untuk sistem otomatisnya dapat menggunakan Arduino dan CNC *Shield*. Perlu diberi penutup pada area *pulley* dan sabuk V agar lebih aman.

Daftar Pustaka

- [1] A.R. Holowenko, Sendi Prapto, Dinamika Pemesinan, Erlangga, 1993.
- [2] Darmawan, H. Pengantar Perancangan Teknik (Perancangan Produk). Jakarta: Direktorat Jendral, Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional, 2000.
- [3] E Paul Degarmo, P.E Material and process in manufacturing fourth edition, printed in the united status America 1974.
- [4] GH. Martin, Kinematika dan Dinamika Tekhnik, Erlangga, Jakarta, 1985.
- [5] Harsokoesoma, H. Darmawan. Pengantar Perancangan Teknik (Perancangan Produk). ITB : Bandung. 2004.
- [6] Imam Romdoni Nawawi, “Perencanaan dan Pembuatan Mesin Bubut Kayu Dalam Mempercepat Proses Produksi”, Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Ponorogo, 2016.
- [7] Jac. Stolk, C. Kros, Elemen Mesin, Elemen Konstruksi dari Bangunan Mesin, Erlangga, Jakarta, 1968.
- [8] Joseph E. Shigley. Larry D. Mitchell, Perancangan Teknik Mesin. Jilid 2. Edisi ke 4. Penerbit Erlangga, Jakarta, 1986
- [9] L.Mott, Rober. Elemen-elemen Mesin dalam Perancangan Mekanis.. Yogyakarta : Andi, 2009.
- [10] Niemann, G. Elemen Mesin. Jakarta : Erlangga.1994.
- [11] Rochim Taufiq, “Proses Permesinan”, Erlangga, Jakarta.1993.
- [12] Ruswandi, A. Metoda Perancangan. Bandung : Politeknik Manufaktur.2004.
- [13] Shigley, Josheph E., Larry D. Mitchell. 1999. Perencanaan Teknik Mesin. Jakarta : Erlangga.
- [14] Sularso Kiyokatsu Suga, Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin, PT. Pradnya paramit, Jakarta 1980.
- [15] Taufiqur Rohman, “Perencanaan Mesin Bubut Kayu Konvensional Untuk Kebutuhan Home Industri”, Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang, 2019.