

RANCANG BANGUN ALAT PENCEKAM BENDA SEMI OTOMATIS MENGGUNAKAN MOTOR DC PADA ALAT *GRINDING POLISH*.

Abdul Aziz Mashuri

D3 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email : abdulmashuri@mhs.unesa.ac.id

Arya Mahendra Sakti

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya

Email : aryamahendra@unesa.ac.id

Abstrak

Mesin *grinding polish* adalah mesin penghalus permukaan benda kerja sebelum diteliti. Proses ampelas (*grinding*) merupakan salah satu tahapan preparasi specimen. Hasil dari proses sebelumnya permukaan spesimen yang memiliki permukaan yang tidak rata, terkorosi, bahkan porositas, dan untuk meratakan dan menghilangkan itu semua maka dilakukan *grinding* (pengamplasan). Sedangkan proses pemolesan (*polishing*) merupakan proses terakhir dari preparasi spesimen untuk mendapatkan permukaan benda kerja yang lebih halus. Mesin tersebut menggunakan penggerak motor $\frac{1}{2}$ pk sebagai tenaganya yang diteruskan ke *shaft* agar dihasilkan gaya putar yang besar. Dalam pengoperasiannya masih menggunakan sistem manual, Hal ini yang menuntut saya berinovasi untuk membuat alat pengecam benda kerja yang sudah semi otomatis dimana benda kerja sudah ada pengecamnya, sehingga operator tidak lagi memegang benda kerja tersebut secara manual saat mesin beroperasi. Hasil yang didapatkan dalam penelitian ini adalah terciptanya alat pengecam benda kerja semi otomatis menggunakan motor DC pada alat *grinding polish* di Teknik Mesin UNESA. Dimensi alat yang dihasilkan Panjang 500 mm x lebar 600 mm x tinggi 570 mm yang menggunakan motor Denso 1F kapasitas 12 V 5A, dengan kapasitas pengecaman maksimal diameter 50 mm panjang 40 mm.

Kata Kunci: Mesin *Grinding Polish*, Pengecam Benda Kerja, Proses Metalografi.

Abstract

Polish grinding machine is a smoothing machine surface of the workpiece before being examined. The grinding process is one of the stages of specimen preparation. The results of the previous process surface specimens that have an uneven surface, corroded, even porosity, and to flatten and eliminate all of it is done grinding. While the polishing process is the last process of spesimen preparation to get a smoother workpiece surface. The engine uses a $\frac{1}{2}$ pk motor drive as its power is passed to the shaft to produce a large swivel force. In operation, it still uses a manual system, which requires me to innovate to create a semi-automatic workpiece clamping device where the workpiece has a grip, so the operator no longer holds the workpiece manually when the engine is running. The results obtained in this study are the creation of semi-automatic workpiece clamping tools using a DC motor in polish grinding tools in Mechanical Engineering of State University of Surabaya. The dimensions of the tool are produced Length 500 mm x width 600 mm x height 570 mm which uses a Denso 1F motor capacity of 12V 5A, with a maximum gripping capacity of 50 mm diameter length 40 mm.

Keywords: Grinding Polish Machine, Workpiece Chuck, Process of Metallography.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi sangatlah pesat di era sakarang ini, mulai di negara maju sampai di negara berkembang, hal ini menuntut semua kalangan untuk bersaing di bidang teknologi tersebut sebagai dampak dari kemajuan zaman. Penggunaan teknologi oleh manusia diawali dengan perubahan sumber daya alam menjadi alat-alat sederhana mulai dari sekala kecil sampai yang besekala besar. Teknologi juga merupakan salah satu bidang yang menjadi sebuah tolak ukur sebuah Negara bisa dikatakan sebagai Negara maju atau tidak, sektor tersebut merupakan sebuah bagian penting yang menjadikan sebuah Negara bisa meninggalkan keterpurukan sumber daya manusia. Berkarya merupakan suatu pekerjaan menghasilkan sesuatu hal baru yang bermanfaat untuk

semua orang. Salah satunya adalah berkarya dibidang teknologi. Teknologi adalah keseluruhan sarana yang menyediakan barang-barang yang diperlukan bagi kelangsungan dan kenyamanan hidup manusia.

Penggunaan teknologi oleh manusia diawali dengan pengubahan sumber daya alam menjadi alat-alat sederhana mulai dari sekala kecil sampai yang besekala besar. Teknologi juga merupakan salah satu bidang yang menjadi sebuah tolak ukur sebuah Negara bisa dikatakan sebagai Negara maju atau tidak, sektor tersebut merupakan sebuah bagian penting yang menjadikan sebuah Negara bisa meninggalkan keterpurukan sumber daya manusia. Teknologi adalah keseluruhan sarana yang menyediakan barang-barang yang diperlukan bagi

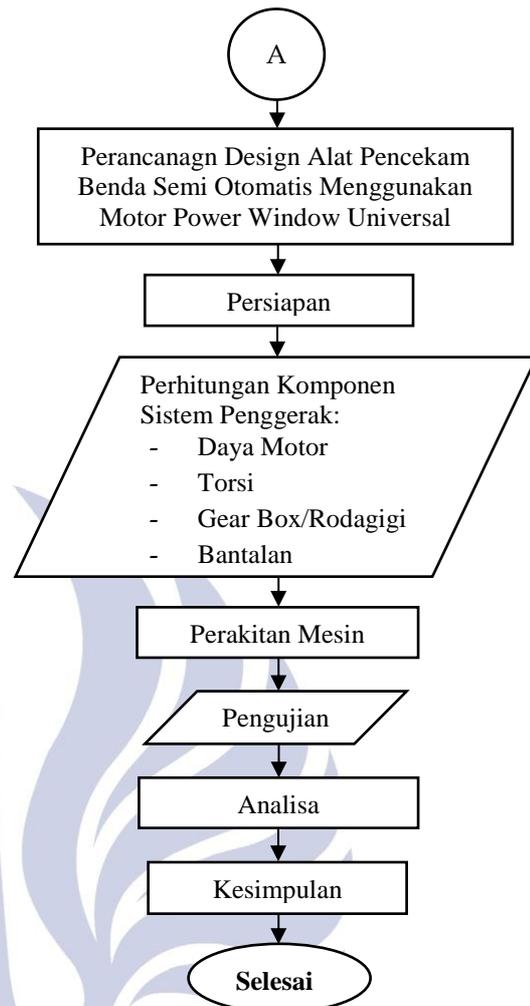
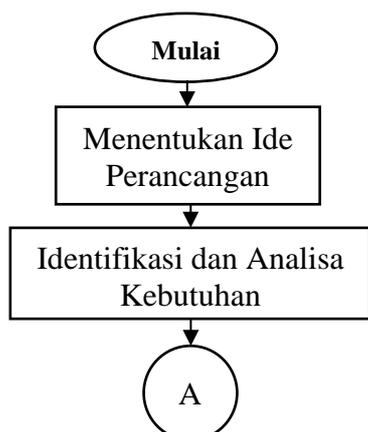
kelangsungan dan kenyamanan hidup manusia. Alat tepat guna yang memudahkan pekerjaan setiap manusia merupakan alat yang diinginkan oleh setiap kalangan terutama yang fungsinya sesuai dengan yang diinginkan dan dapat memenuhi kebutuhan konsumen. Alat tersebut haruslah memiliki banyak manfaat dan keunggulan dibandingkan alat-alat yang sudah ada dari segi performa dan sampai dari segi hasil pengujian pekerjaan.

Mesin *Grinding Polish* adalah mesin penghalus permukaan benda kerja sebelum diteliti. Proses ampelas (*Grinding*) merupakan salah satu tahapan preparasi specimen. Hasil dari proses sebelumnya permukaan specimen pasti memiliki permukaan yang tidak rata, terkorosi, terdapat gesekan bahkan porositas. Untuk meratakan dan menghilangkan itu semua maka dilakukan *grinding* (Pengamplasan).

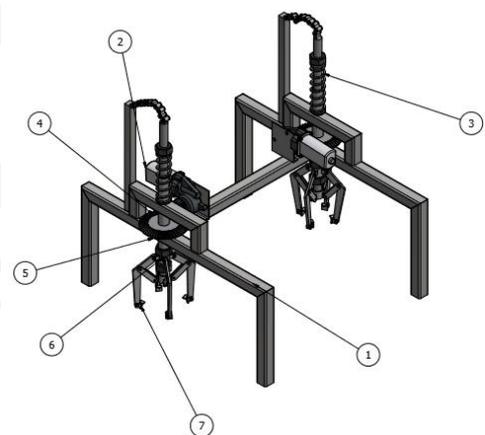
Proses pemolesan (*Polishing*) merupakan proses terakhir dari preparasi spesimen untuk mendapatkan permukaan benda kerja yang halus. Menggunakan mesin poles metalografi yang mempunyai piringan berputar dan menggunakan gaya abrasif spesimen yang mendapatkan perlakuan polishing. Proses *Polishing* sering digunakan agar benda kerja tampak mengkilap, halus, mencegah kontaminasi peralatan medis, menghilangkan oksidasi atau mencegah korosi pada pipa. Dalam metalografi dan metalurgi, polishing digunakan untuk membuat plat rata, memuat permukaan benda kerja bebas dari cacat sehingga memudahkan dalam pemeriksaan struktur mikro logam dengan mikroskop, tetapi dalam pengoperasiannya mesin tersebut masih menggunakan sistem manual seperti saat proses pemolesan benda kerjanya yang dapat membahayakan teknisi, benda tersebut dipegang oleh operator agar benda kerja dapat bersentuhan dengan lempengan pemoles.

Oleh karena itu agar alat tidak membahayakan operator maka perlu dibuatkan pengekam benda kerja yang sudah semi otomatis dimana benda kerja sudah ada pengekamnya jadi operator tidak lagi memegang manual benda kerja tersebut saat mesin beroperasi. Alat tersebut diharapkan dapat mengoptimalkan dari segi performa sampai hasil pekerjaan dikarenakan menggunakan bantuan tenaga dari motor listrik dan sistem control dan lebih menjaga keselamatan operator saat proses pemolesan.

METODE PERENCANAAN



Gambar 1. Flowchart Rancang Bangun



Gambar 2. Bagian-bagian Utama Alat Pengekam Benda Kerja Semi Otomatis

Keterangan :

- | | |
|----------------------|---------------|
| 1. Rangka | 5. Bantalan |
| 2. Motor Denso 1F | 6. Cekam |
| 3. Pegas | 7. Mata Cekam |
| 4. Roda Gigi Kerucut | |

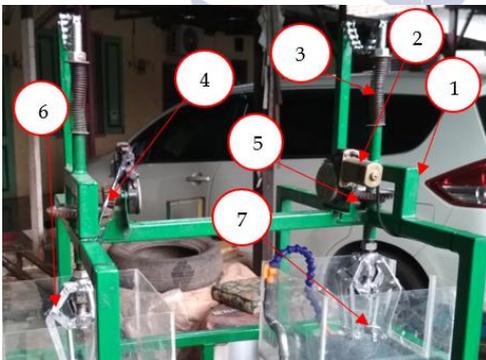
Cara Kerja Alat

Alat pengecam benda semi otomatis merupakan alat yang berfungsi untuk memegang benda kerja pada mesin grinding polish. Pengecam benda ini menggunakan motor Denso 1F yang menghasilkan moment putar yang tidak terlalu cepat tapi mempunyai torsi yang besar untuk menggerakkan beban berat. Selanjutnya torsi tersebut diteruskan ke sistem transmisi roda gigi kerucut ke ulir pada poros yang sudah menyatu dengan rumah cekam sehingga menghasilkan gaya naik turun. Di rumah pengecam ada sebuah mur yang berfungsi untuk mengencangkan dan melonggarkan cekam terhadap benda kerja. Apabila mur digerakkan ke atas mur tersebut akan mendorong cekam agar mengencangkan benda kerja, dan apabila mur didorong kebawan akan sebaliknya bendakerja akan longgar.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Fungsi dan Hasil Alat

Alat pengecam benda semi otomatis pada *Grinding Polish* adalah alat yang berfungsi untuk menahan pergerakan benda kerja supaya tidak bergerak apabila benda kerja di pasang pada mata cekam saat pengoperasian alat *Grinding* dan *Polish*. Alat ini digunakan untuk benda kerja yang berbentuk tabung dimana benda kerja akan di tekan oleh 4 mata cekam yang sudah dilapisi keret supaya benda kerja tidak dapat lepas dari mata cekam.



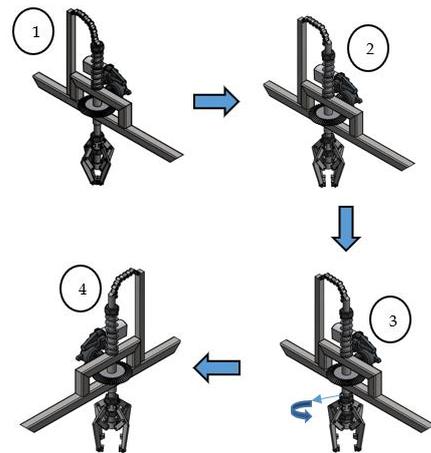
Gambar 3. Hasil alat

Keterangan :

- 1. Rangka
- 2. Motor Denso 1F
- 3. Pegas
- 4. Roda Gigi
- 5. Bantalan
- 6. Cekam
- 7. Mata Cekam

Hasil desain ini bermula ketika melihat seorang mekanik dapat melepas sebuah *bearing* menggunakan *traker*. Sistem pada *traker* adalah apabila kaki traker sudah setting sesuai diameter bantalan, baut pada tiga kaki traker dikencangkan agar posisi kaki traker tidak berubah selanjutnya ulir pada poros yang bekerja, jika ulir pada poros traker di dorong kedalam akan bertumbukan dengan poros bantalan dan mendorong agar bearing terlepas dari tempatnya.

Sehingga dari sistem tersebut menghasilkan sebuah ide untuk menjawab sebuah permasalahan bagaimana cara menggunakan sistem tersebut dan diaplikasikan pada pengecam benda kerja sehingga benda kerja dapat dikencangkan/dikunci. Dan jawabannya adalah alat pengecam benda semi otomatis menggunakan motor Denso 1F dimana apabila mata cekam sudah disetting sesuai diameter benda kerja, pengunci yang sudah terhubung dengan poros berulir apabila diputar keatas maka akan mendorong kaki cekam untuk menekan ke empat mata cekam sehingga benda kerja dapat terkunci.



Gambar 4. Sistem kerja alat

Perhitungan Rangka

Gaya-gaya yang bereaksi

Diketahui :

$m = 2,8 \text{ kg}$
 $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Jadi :

- Total berat gravitasi benda (w) adalah
 $w = m \times g \dots\dots\dots(1)$
 $= 2,8 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$
 $= 27,47 \text{ N}$

- Momen Tumbukan (p)
 $P = m \cdot v \dots\dots\dots(2)$

Diketahui :
 $P = \text{Momentum (kg.m/s)}$
 $m = \text{Massa benda (kg)}$
 $v = \text{Kecepatan benda (m/s)}$

Jawab :
 $p = m \cdot v$
 $= 2,8 \text{ kg} \times 78,6 \text{ m/s}$
 $= 220,08 \text{ kg.m/s}$
 $= 220,08 \text{ N}$
 $= 22,43 \text{ kg}$

• Shear and moment diagram

- Gaya reaksi

$$R = V = \frac{P}{2} \dots\dots\dots (3)$$

$$R = \frac{220,08}{2} \quad N$$

$$R = 110,04 \quad N$$

- Shear force

$$R = V \dots\dots\dots (4)$$

$$V = 110,04 \quad N$$

- Momen

$$M = \frac{PxL}{4} \dots\dots\dots (5)$$

$$M = \frac{220,08 \text{ N} \times 0.6 \text{ m}}{4}$$

$$M = 33,01 \text{ N.m}$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot m \cdot [(B^2 + H^2) - (b^2 + h^2)] \dots\dots\dots (6)$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot 2,8 \text{ kg} \cdot [(30^2 + 30^2) \text{ mm}^2 - (26^2 + 26^2) \text{ mm}^2]$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot 2,8 \text{ kg} \cdot 448 \text{ mm}^2$$

$$I = 104,53 \text{ kg.mm}^2$$

• Jarak titik berat

$$y = \frac{b}{2} \dots\dots\dots (7)$$

$$y = \frac{26}{2} \text{ mm}$$

$$y = 13 \text{ mm}$$

• Momen maksimal (M_{max}) = $M \times 2$

$$= 33,01 \text{ Nm}$$

$$= 66,02 \text{ Nm}$$

• Tegangan tarik maksimal bahan ($\sigma_{max \text{ bahan}}$)

$$= 723,83 \text{ N/mm}^2$$

• Tegangan Tarik pada rangka ($\sigma_{tarik \text{ rangka}}$)

$$= \frac{M_{max} \cdot Y}{I} \dots\dots\dots (8)$$

$$= \frac{66,02 \text{ N} \times 13 \text{ mm}}{104,53 \text{ N.mm}^2}$$

$$= 8,21 \text{ N.mm}$$

• Safety factor (S_f) = $\frac{\sigma_{yield \text{ bahan}}}{\sigma_{tarik \text{ rangka}}}$ (9)

$$= \frac{620,42 \text{ N/mm}^2}{8,21 \text{ N/mm}^2}$$

$$= 75,56$$

• Gaya Sentrifugal (Fr)

$$Fr = m \cdot \frac{v^2}{r} \dots\dots\dots (10)$$

Diketahui :

m = massa (kg)

v = kecepatan putar (m/mnt)

r = jari-jari disk (m)

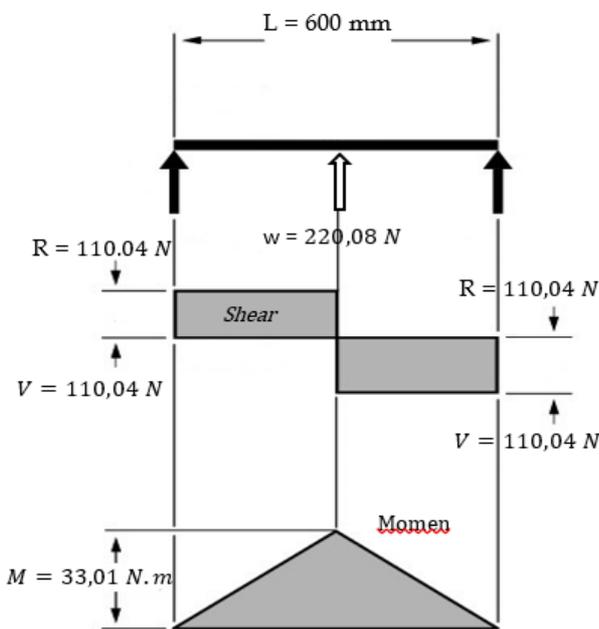
Jawab :

$$\text{Gaya Sentrifugal} = m \cdot \frac{v^2}{r} \dots\dots\dots (11)$$

$$= 2,8 \text{ kg} \cdot \frac{1,31^2 \text{ m/mnt}}{0,75 \text{ m}}$$

$$= 4,89 \text{ kg/mnt}$$

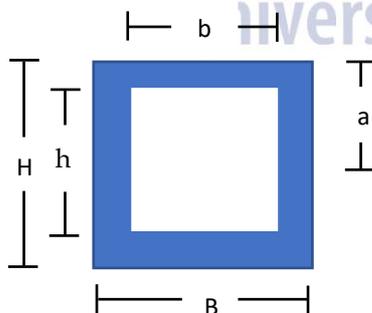
Karena $\sigma_{tarik \text{ rangka}} < \sigma_{max \text{ bahan}}$ maka pemilihan rangka dengan bahan hollow steel aman untuk beban. Gaya yang akan di tahan oleh rangka akibat gaya tubukan adalah sebesar 220,08 N, momen inersia 104,53 kg.mm², gaya sentrifugal 4,89 kg/mnt dan safety factor (fc) 75,56. Jadi masih aman dalam penggunaan rangka tersebut.



Gambar 5. Diagram momen dan tegangan geser

Tegangan-tegangan pada rangka

• Momen inersia



- H : Tinggi dimensi luar
- h : Tinggi dimensi dalam
- B : Lebar dimensi luar
- b : Lebar dimensi dalam
- a : Jarak dengan titik pusat

Perhitungan Motor Listrik

Adapun spesifikasi motor listrik sebagai berikut:

- Jenis : Motor Listrik DC
- Merk : Denso 1F
- Daya : 0.08 PK (60 Watt)
- Speed : 90 Rpm

Untuk menggerakkan alat dan mendapatkan hasil yang optimal maka terdapat perhitungan pada motor listrik yakni sebagai berikut :

- Perhitungan Daya

$$P = E_a \times I_a \dots\dots\dots (12)$$

Dimana:

- P = Daya (W)
- E_a = Tegangan (V)
- I_a = Kuat Arus (A)

Maka :

$$P = 12 \text{ V} \times 5 \text{ A} \\ = 60 \text{ Watt}$$

- Perhitungan Torsi (τ)

$$\tau = (5253 \times P) : N \dots\dots\dots (13)$$

Dimana:

- P = Daya (Hp)
- N = Jumlah putaran per-menit (Rpm)
- 5253 = Nilai ketetapan (konstanta) untuk daya motor dalam satuan HP

Maka:

$$\tau = (5352 \times 0,08 \text{ Hp}) : 90 \text{ Rpm} \\ \tau = 4,75 \text{ Nm}$$

- Daya Rencana

Berdasarkan data diperoleh untuk daya motor 0,06 Kw untuk 0,08 Pk, dan faktor koreksi diambil sebesar 1,0, untuk daya normal yang diperlukan, sedangkan daya motor sebesar 0,06 Kw sehingga:

$$P_d = f_c \cdot P \text{ (Kw)} \dots\dots\dots (14)$$

Dimana:

- f_c = Faktor koreksi
- P = Daya normal (Kw)

Maka:

$$P_d = f_c \cdot P \\ P_d = 1 \cdot 0,06 \text{ Kw} \\ P_d = 0,06 \text{ Kw}$$

Sehingga daya yang direncanakan untuk menghasilkan torsi 4,75 Nm adalah 0,06 Kw / 60 Watt agar dapat menghasilkan gaya naik turun pada alat pengecam benda kerja, sehingga benda kerja dapat dikendalikan secara semi otomatis menggunakan tombol control.

Perhitungan Bearing

Adapun perhitungan pada bantalan untuk mengetahui seberapa besar beban yang akan di diterima sebagai berikut :

- Faktor kecepatan putaran

$$f_n = \left(\frac{33,3}{n}\right)^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots (15) \\ = \left(\frac{33,3}{34,2 \text{ Rpm}}\right)^{\frac{1}{3}} \\ = 0,98 \text{ Rpm}$$

- Faktor umur bantalan

Beban axial (F_a)

Diketahui :

- f_h = Faktor umur
- f_n = Faktor kecepatan putaran bantalan
- C = Beban normal spesifik (Kg)
- P = Beban Ekvivalen (Kg)

Diketahui :

- Massa total cekam = 2,8 Kg
- Momen tumbukan = 22,43 kg

Besar faktor-faktor X, V dan Y (sularso, 2008)

- X = 0,56 untuk F_a
- V = 1 (beban putar pada cincin dalam)
- Y = 0 untuk F_r

$$P = X \cdot V \cdot F_a + Y \cdot F_r \dots\dots\dots (16) \\ = 0,56 \cdot 1 \cdot 22,43 \text{ Kg} + 0 \cdot 0 \\ = 12,56 \text{ Kg}$$

$$f_h = f_n \cdot \frac{C}{P} \dots\dots\dots (17) \\ = 0,98 \cdot \frac{22,43 \text{ Kg}}{12,56 \text{ Kg}} \\ = 1,75$$

- Umur nominal bantalan

$$L_h = 500 f_h^3 \dots\dots\dots (18) \\ = 500 (1,75)^3 \\ = 2679,7 \text{ jam}$$

Jadi apabila menggunakan 34,2 rpm dengan beban bantalan sebesar 22,43 kg maka akan menghasilkan umur nominal sepanjang 2679,7 jam.

Perhitungan Roda Gigi

Untuk merencanakan Roda Gigi yang digunakan, adapun beberapa perhitungan dalam merencanakan Roda Gigi sebagai berikut :

- Kecepatan Garis Puncak

$$V = \frac{2\pi \cdot r_p \cdot n}{12} \dots\dots\dots (19)$$

Diketahui :

- V = Kecepatan garis puncak (fpm)
- r_p/X₂ = jarak puncak kerucut sampai puncak luar gigi
- n = Rotasi per menit (rpm)

Maka :

$$V = \frac{2,3,14 \times 1,5 \text{ mm} \times 90 \text{ rpm}}{12} \\ = 847,8 \text{ mpm} \\ = 0,847 \text{ mpm} \\ = 2,78 \text{ fpm}$$

- Beban yang dipindahkan

$$W_t = \frac{33000H}{V} \dots\dots\dots (20)$$

Diketahui :

- W_t = Beban yang dipindahkan (lb)
- H = Daya (dalam satuan Hp)
- V = Kecepatan garis puncak (fpm)

Maka :

$$\begin{aligned} Wt &= \frac{33000 \times 0,08 \text{ Hp}}{2,78 \text{ fpm}} \\ &= 949,6 \text{ lb} \\ &= 430,7 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi apabila menggunakan diameter pinion 25 mm dengan jarak garis puncak 1,5 maka akan didapatkan hasil kecepatan garis puncak sebesar 2,78 fpm dan beban yang dapat dipindahkan adalah sebesar 430,7 kg.

Langkah – Langkah Pengoperasian Alat

- Pastikan listrik sudah tersambung.
- Longgarkan mur pengencang pada cekam.
- Pasang benda kerja.
- Kencangkan baut pengencang pada cekam.
- Pencet tombol (*down*) pada control.
- Pastikan permukaan benda kerja menyentuh dish.
- Setelah beberapa menit tekan tombol (*up*).
- Longgarkan baut pengencang dan lepas benda kerja.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Dalam bab ini berisi tentang uraian dan hasil dari rancang bangun alat pencekam benda semi otomatis menggunakan motor DC. Adapun data-data yang dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Dengan menggunakan pencekam ini keselamatan operator lebih terjaga atau aman karena setelah operator memasang benda kerja pada cekam, operator hanya perlu menekan tombol *up down* dan menunggu sampai benda kerja selesai tergrinding dan terpoles.
- Dengan menggunakan alat pencekam benda semi otomatis, tekanan benda kerja terhadap disk dapat distabilkan dari pada menggunakan sistem manual menggunakan tangan yang lebih berbahaya.
- Hasil spesifikasi alat pencekam benda semi otomatis menggunakan motor DC yang sudah dibuat.
 - Dimensi rangka pencekam benda berukuran Panjang 500 mm x lebar 600 mm x tinggi 570 mm, yang menggunakan jenis besi hollow tinggi 30 mm x lebar 30 mm dengan ketebalan 2 mm.
 - Motor DC yang digunakan adalah motor power window mobil merk denso yang mempunyai kapasitas daya daya 60 watt dengan arus 12 volt.

- Tipe ulir dari poros yang digunakan adalah tipe ulir WhitWorth 7/8 x 20 inchi dengan Panjang 430 mm.
- Transmisi pemindah daya yang direncanakan dan di buat adalah menggunakan transmisi Roda gigi kerucut dengan perbandingan 19 : 50.
- Pencekam benda semi otomatis dapat mencekam benda dengan maksimal diameter 50 mm dan Panjang 40 mm. pencekam ini didisain agar dapat mencekam benda dengan sekali gerakan baut ulir.
- Alat pencekam benda semi otomatis menggunakan motor Denso 1F menghasilkan torsi yang dapat menggerakkan ulir pada cekam melalui roda gigi kerucut sehingga didapatkan gerakan naik turun. Sedangkan dalam sistem pencekaman benda kerja hanya dibutuhkan satu gerakan mur naik turun agar benda kerja dapat dikencangkan dan dilonggarkan.

Saran

Dalam perencanaan alat pencekam benda semi otomatis yang menggunakan motor Denso 1F masih memiliki banyak kekurangan baik secara kualitas hasil benda kerja dan fungsi secara optimal. Oleh karena itu, untuk menempurnakan alat ini perlu adanya pemikiran yang jauh lagi dalam segala pertimbangan. Penulis memberikan beberapa saran untuk mendapatkan perencanaan alat yang lebih optimal lagi. Adapun beberapa hal yang dapat diperhatikan untuk penyempurnaan alat tersebut adalah sebagai berikut :

- Maksimal pencekaman benda kerja hanya panjang 40 mm dan diameter 50, diharapkan batas pencekaman benda kerja lebih dapat dioptimalkan menjadi lebih besar.
- Pengembangan alat pencekam benda semi otomatis diharapkan bisa dilanjutkan, karena mata cekam pada alat masih diperuntukkan untuk benda kerja berbentuk tabung, tidak untuk bentuk yang lain.
- Desain yang dibuat hanya diperuntukkan agar benda kerja bisa naik turun, tidak untuk benda berotasi sesuai sudut yang diinginkan. Diharapkan apabila hasil benda kerja kurang optimal, alat ini dapat dikembangkan agar benda kerja dapat berotasi sesuai sudut yang diinginkan disamping dapat naik turun.

DAFTAR PUSTAKA

- Daryanto .1993. dasar-dasar Teknik Mesin. Jakarta : PT. Bhineka Cipta Jakarta
- Drs. Daryanto. 1996. Mesin Perkakas Bengkel. Jakarta : PT Rineka Cipta
- Mott Robert L. 2009. Elemen-elemen Mesin dalam Perencanaan Mekanis. Yogyakarta : Andi
- Roger S. Presman, P. D. 2010. Rekayasa Perangkat Lunak. Jakarta : Andi
- Sularso, Kiyokatsu Suga. 2008. Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin. Jakarta : PT Pradana Paramita
- Zuhal. 1993. Dasar Teknik Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama

